

**АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF APPLIED AND
FUNDAMENTAL RESEARCH**

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,570

№ 4 2020

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,277

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПИ140

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н. Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR

Natalia Stukova

Senior Director and Publisher

Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.

Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) –
головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного
цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,570.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,277.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41

Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Л.М. Байгузова

Корректор Н.А. Дудкина

Подписано в печать 27.04.2020

Дата выхода номера 27.05.2020

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 11,25

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2020/4

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

- ПРЕДСМЕННЫЙ КОНТРОЛЬ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
КАК ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА
*Алдабекова А.А., Ибраев С.А., Ажиметова Г.Н., Оразбаева Б.С.,
Мурзатаева А.М., Позднякова Е.В., Ауашева А.Б.* 7
- РАННИЕ ПРИЗНАКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СРЕДИ ВРАЧЕЙ-ХИРУРГОВ
*Семенова Н.В., Вяльцин А.С., Кошелева И.И.,
Широченко С.Н., Клаус А.Е., Тыртышников Д.А.* 12
- ВНЕДРЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ РОБСОНА В КИРГИЗСТАНЕ: ПЕРВЫЕ ШАГИ
Шоонаева Н.Дж., Выборных В.А. 17

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

- РЕДКОЕ СОЧЕТАНИЕ ВЕСТИБУЛЯРНОГО НЕЙРОНИТА И ХОЛЕСТЕАТОМЫ
(СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ)
Изаева Т.А., Кубаталиева Н.А., Батырова А.М. 22

ОБЗОРЫ

- ХРОНИЧЕСКИЙ ЭНДОМЕТРИТ: ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЗВЕНЬЕВ ИММУНИТЕТА
Оздоева И.М.-Б., Петров Ю.А. 26
- КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЖЕНЩИН С МИОМОЙ МАТКИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ
Третьякова Н.В., Кармышев А.О., Рыскельдиева В.Т. 31

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

- ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ
В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ И СЕМЕНАХ ОВСА ПОСЕВНОГО (*AVENA SATIVA L.*)
Джафарова С.А. 36

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

- МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В МИКРОФАКЕЛЬНОЙ ВОЗДУШНОЙ
ФОРСУНКЕ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЙ В ПЕРВИЧНОЙ ЗОНЕ
Достияров А.М., Умышев Д.Р., Яманбекова А.К., Наурыз Б. 43
- ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВИН ТИПА ХЕРЕС В АЗЕРБАЙДЖАНЕ
Тагиев А.Т., Фаталиев Х.К. 48

ОБЗОРЫ

- ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ
ФАСАДОВ И ЦОКОЛЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. 55

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

Юров В.М., Гученко С.А., Маханов К.М. 62

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ****АВС-XYZ АНАЛИЗ ИНГИБИТОРОВ ПРОТОННОЙ ПОМПЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ РЫНКЕ КИРГИЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Мурзабаева Э.Б., Сабирова Т.С., Исмаилов И.З. 68

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ****ОСОБЕННОСТИ ГОЛОГРАММ РЕГУЛЯРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Исманов Ю.Х., Жумалиев К.М., Алымкулов С.А. 73

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ КАПСУЛИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОМ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

Рахимова У.Дж., Эгамов М.Х., Гаюров Х.Ш. 78

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ****ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОСПЛАВА, КАРБИДА КАЛЬЦИЯ ИЗ ДОМЕННОГО ШЛАКА С ЗАМЕНОЙ СТАЛЬНОЙ СТРУЖКИ НА МАГНЕТИТОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ**

Шевко В.М., Бадикова А.Д., Тулеев М.А., Аманов Д.Д., Капсалямов С.А. 83

CONTENTS
MEDICAL SCIENCES
ARTICLES

PRE-SHIFT CONTROL OF WORKERS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES
AS A PREVENTION OF PROFESSIONAL RISK

*Aldabekova A.A., Ibraev S.A., Azhimetova G.N., Orazbaeva B.S.,
Murzataeva A.M., Pozdnyakova E.V., Auasheva A.B.* 7

EARLY SIGNS OF PROFESSIONAL DISEASES OF THE CARDIOVASCULAR
SYSTEM AMONG SURGEONS

Semenova N.V., Vyalcin A.S., Kosheleva I.I., Shirochenko S.N., Klaus A.E., Tyrtshnikova D.A. 12

THE IMPLEMENTATION OF ROBSON CLASSIFICATION
IN KYRGYZSTAN: THE FIRST STEPS

Shoonaeva N.Dzh., Vybornykh V.A. 17

CLINICAL CASE

A RARE COMBINATION OF VESTIBULAR NEURONITIS
AND CHOLESTEATOMA (CASE STUDY)

Izaeva T.A., Kubatalieva N.A., Batyrova A.M. 22

REVIEWS

CHRONIC ENDOMETRITIS: CHANGES IN THE MAIN LINKS OF IMMUNITY

Ozdoeva I.M-B., Petrov Yu.A. 26

QUALITY OF LIFE OF WOMEN WITH UTERINE FIBROIDS
AS AN INDICATOR OF TREATMENT EFFECTIVENESS

Tretyakova N.V., Karmyshev A.O., Ryskeldieva V.T. 31

AGRICULTURAL SCIENCES
ARTICLES

THE EFFECT OF HEAVY METALS ON LIPID PEROXIDATION IN THE VEGETATIVE
ORGANS AND SEEDS OF SOWING OATS (*AVENA SATIVA* L.)

Dzhafarova S.A. 36

TECHNICAL SCIENCES
ARTICLES

COMBUSTION SIMULATION IN MICROFLAME AIR-JET SJET IN CONSIDERATION
OF PRIMARY-ZONE FLOWS CHARACTERISTICS

Dostiyarov A.M., Umyshev D.R., Yamanbekova A.K., Nauryz B.K. 43

THE STUDY ON THE PRODUCTION OF SHERRY WINES IN AZERBAIJAN

Tagiev A.T., Fataliev Kh.K. 48

REVIEWS

CHARACTERISTICS OF MODERN MATERIALS FOR CLADDING FACADES
AND SOCLE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. 55

ATOMIC-POWER MICROSCOPY OF HIGH ENTROPY COATINGS

Yurov V.M., Guchenko S.A., Makhanov K.M. 62

PHARMACEUTICAL SCIENCES**ARTICLES****ABC-XYZ ANALYSIS OF PROTON PUMP INHIBITORS REPRESENTED
IN THE PHARMACEUTICAL MARKET OF THE KYRGYZ REPUBLIC**

Murzabaeva E.B., Sabirova T.S., Ismailov I.Z. 68

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES**ARTICLES****FEATURES OF HOLOGRAMS OF REGULAR OBJECTS**

Ismanov Yu.Kh., Zhumaliev K.M., Alymkulov S.A. 73

**THE FORMATION OF OPTICAL ANISOTROPY OF POLYMER-ENCAPSULATED
LIQUID CRYSTAL FILMS UNDER UNIAXIAL TENSION**

Rakhimova U.Dzh., Egamov M.Kh., Gayurov Kh.Sh. 78

CHEMICAL SCIENCES**ARTICLES****THERMODYNAMIC EXPLANATION AND TECHNOLOGY FOR PRODUCING
FERROALLOY, CALCIUM CARBIDE FROM BLAST FURNACE SLAG
WITH REPLACEMENT OF STEEL SHAVINGS TO MAGNETITE CONCENTRATE**

Shevko V.M., Badikova A.D., Tuleev M.A., Amanov D.D., Kapsalyamov S.A. 83

СТАТЬИ

УДК 613.6.027:331.47

ПРЕДСМЕННЫЙ КОНТРОЛЬ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА**Алдабекова А.А., Ибраев С.А., Ажиметова Г.Н., Оразбаева Б.С.,****Мурзатаева А.М., Позднякова Е.В., Ауашева А.Б.***НАО «Медицинский университет Караганды», Караганда, e-mail: almashka_a_08@mail.ru*

Проблемы здоровья работающего населения являются одними из самых актуальных. В условиях, когда треть своей жизни люди проводят на производстве, обеспечение условий безопасности труда должно быть безусловным приоритетом для работодателя, государства и работников. Одним из показателей ухудшения здоровья работающих является значительное утяжеление первично выявляемой патологии. В связи с этим одной из основных задач здравоохранения в современных условиях является сохранение трудового потенциала, качества жизни и здоровья работников. В условиях производства необходимо уменьшение последствий профессиональных травм, несчастных случаев, профессиональных заболеваний, своевременное оказание профилактических и лечебных услуг. Решение поставленных задач требует разработки новой адекватной, экономически выгодной модели медицинского обслуживания населения, работающего в неблагоприятных условиях труда. Проведенные нами исследования предсменного контроля работников промышленного предприятия АО «Костанайские минералы» выявили низкую отстраняемость от работы (лишь 1,5%), тогда как у 3–5% допущенных работников регистрировались повышенные цифры артериального давления. Проведенная оценка риска по величине χ^2 выявила, что именно эти допущенные работники с повышенным артериальным давлением подвержены высокому профессиональному риску (χ^2 составил от 33,19 до 637,26, относительный риск равен 1,5–5,77). Для уменьшения профессионального риска у работников промышленных предприятий рекомендуется недопущение лиц с повышенным артериальным давлением к рабочей смене.

Ключевые слова: промышленные предприятия, профессиональный риск, предсменный контроль, артериальное давление, оценка риска, профилактика

PRE-SHIFT CONTROL OF WORKERS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES AS A PREVENTION OF PROFESSIONAL RISK**Aldabekova A.A., Ibraev S.A., Azhimetova G.N., Orazbaeva B.S.,****Murzataeva A.M., Pozdnyakova E.V., Auasheva A.B.***Independent joint stock company Medical University of Karaganda, Karaganda, e-mail: almashka_a_08@mail.ru*

The health problems of the working population are among the most pressing problems. People have to be engaged in production, and working conditions have to be absolute priorities for employers, the state and workers. One of the indicators of the deterioration in the health of workers is a significant increase in the primary detected pathology. In this regard, one of the main tasks of healthcare in modern conditions is the preservation of the labor potential, quality of life and health of workers. In production conditions, it is necessary to reduce the consequences of occupational injuries, accidents, occupational diseases, timely provision of preventive and medical services. The solution of the tasks set requires the development of a new adequate, cost-effective model of medical care for the working population in adverse working conditions. Our studies of the pre-shift control of workers at the industrial enterprise «Kostanay Minerals» JSC revealed a low detachment from work (only 1.5%), while 3-5% of eligible workers recorded high blood pressure values. A risk assessment of χ^2 was carried out and it was revealed that workers with high blood pressure who were admitted to work are affected to high professional risk (χ^2 ranged from 33.19 to 637.26, the relative risk was 1.5-5.77). To reduce occupational risk of workers of industrial enterprises are advised not to allow people with high blood pressure to work shift.

Keywords: industrial enterprises, occupational risk, pre-shift control, blood pressure, risk assessment, prevention

Одним из важнейших индикаторов здоровья общества, определяемым как состояние полного физического, психического, и социального благополучия человека, является показатель здоровья работающего населения. Существующая на сегодняшний день медико-демографическая ситуация в Казахстане характеризуется высокими показателями заболеваемости, включающими, наряду с соматическими заболеваниями, профессиональные и профессионально обусловленные, с существенным снижением или потерей трудоспособности по причине ее временной и стойкой утраты, а также вы-

сокими показателями смертности, особенно среди мужчин трудоспособных возрастов. Медицинское обслуживание работников промышленных предприятий является одним из важнейших принципов организации лечебно-профилактической помощи населению, оказывающим существенное влияние на состояние здоровья работающего контингента [1–3].

За последние восемь лет в Казахстане зарегистрировано 3316 больных с впервые установленным диагнозом хронического профессионального заболевания (ПЗ) с ограничением профессиональной трудо-

способности. Каждый пятый среди всех впервые признанных инвалидами утратил трудоспособность в возрасте 40–50 лет. Последнее служит серьезным сигналом неблагополучия, так как инвалиды вследствие ПЗ, как правило, лица трудоспособного возраста, и социально-экономическое возмещение ущерба их здоровью требует больших экономических затрат [4; 5].

Ежесменный медицинский контроль работников перед рабочей сменой является одним из активных методов контроля за их здоровьем и проводится с целью раннего выявления работников с начальными признаками заболеваний, заболевших, определения причин заболеваний и травм, в том числе факторов профессионального риска, отрицательно влияющих на их здоровье, предупреждения развития производственно обусловленных заболеваний, травматизации и инвалидизации [6; 7].

В связи с этим предсменный контроль действительно служит первичным звеном медицинского контроля за здоровьем, и исследования его результатов с научной целью, с позиции определения значимых показателей риска здоровью, представляют актуальность и научный интерес не только в плане его социальной, но и экономической значимости для сохранения здоровья.

Цель исследования: провести анализ предсменного контроля работников АО «Костанайские минералы» и выявление факторов профессионального риска.

Материалы и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ данных предсменного контроля работников АО «Костанайские минералы» за 2016–2018 гг.

Предсменный контроль состояния работников промышленных предприятий включает в себя измерение артериального кровяного давления по методу Короткова и проведение алкотеста – проверка на наличие алкоголя в организме алкотестером [8].

Создана база данных в программе Excel-2016, включающая 15 показателей (паспортные данные работника, место работы, должность, показатели и результат предсменного контроля). В ходе исследования обследуемые были разделены на 2 группы. Первую группу составили работники, допущенные к работе после предсменного контроля состояния здоровья. Вторую группу составили работники, у которых выявлены те или иные патологические состояния.

Статистическая обработка материала проведена с помощью программы Statistica-10. В результате выкопировки данных предсменного контроля полученные переменные распределены на количе-

ственные и качественные. Количественные переменные проверялись на нормальность распределения. Для количественных переменных с нормальным распределением рассчитывали среднее арифметическое, дисперсию, ошибку и 95% доверительный интервал (ДИ). Для качественных переменных и количественных переменных с ненормальным распределением – медиану и 25% и 75% квартили.

Качественными переменными явились номинальные данные коды диагнозов по МКБ-10 или порядковые данные, которые отражали степень выраженности признаков, бинарные данные – код пола, наличие или отсутствие болезни и т.д., частоты – доли, проценты и промилле для относительных величин. Различия между группами для несвязанных групп выявляли методами непараметрической статистики Манна-Уитни, Вальда-Вольфовица и Колмогорова-Смирнова. Оценку относительных рисков проводили по величине χ^2 . Для оценки рисков определяли отношение шансов (ОШ), доверительный интервал (ДИ), относительный риск (ОР), этиологическую долю влияния (EF), абсолютный (непосредственно связанный) риск (AR), процент связанного риска (ПСР) и связанный риск популяции (СРП) [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Всего проведена выкопировка 49 546 записей предсменного контроля работников АО «Костанайские минералы» перед началом рабочей смены с 2016 по 2018 г. (рис. 1).



Рис. 1. Объем предсменного контроля за 2016–2018 гг.

В результате частотного анализа выявлено, что в 2016 г. из 11 241 чел., прошедших предсменный контроль, 11 085 работников были допущены к работе, что составило 98,61%. 1,39% работников не были допущены к работе по тем или иным причинам. Среди допущенных работников в 75,81%

случаев работали в I смену и в 24,19% случаев – во II смену. Среди не допущенных работников 59,62% составили лица, отправленные на больничный лист по состоянию здоровья, 31,41% работников отстранены в связи с превышением допустимых норм алкоголя в выдыхаемом воздухе и 8,97% случаев отстранены по медицинским показаниям.

В 2017 г. 18 109 работников прошли предсменный контроль, из них 17 725 лиц допущены к работе (97,88% случаев) и 2,12% работников не допущены к работе. Среди допущенных работников в 71,49% случаев работали в I смену и в 28,51% случаев – во II смену. Среди не допущенных работников 84,9% составили лица, отправленные на больничный лист по состоянию здоровья, и по 7,55% работников отстранены в связи с превышением допустимых норм алкоголя в выдыхаемом воздухе и по медицинским показаниям.

В 2018 г. из 20 196 лиц, прошедших предсменный контроль, 19 986 работников допущены к работе (98,96% случаев) и 2,12% работников не допущены. Среди допущенных работников в 52,8% случаев работали в I смену и в 47,2% случаев – во II смену. Среди не допущенных работников 59,52% составили лица, отправленные на больничный лист по состоянию здоровья, 38,1% работников отстранены в связи с превышением допустимых норм алкоголя в выдыхаемом воздухе и 2,38% отстранены по медицинским показаниям (табл. 1). При сравнении результатов предсменного

контроля допущенных и не допущенных к работе по годам непараметрическими методами Манна-Уитни, Вальда-Вольфовица и Колмогорова-Смирнова статистически значимого различия не выявлено ($p < 0,05$), что говорит об относительно равномерном выявлении лиц, не допущенных к работе по всем годам исследования (табл. 1).

Как было указано выше, предсменный контроль включает измерение АД и проведение алкотеста в выдыхаемом воздухе. Ранжирование уровней артериального давления проводилось согласно классификации артериальной гипертензии, пересмотренной Европейским обществом кардиологов от 2018 г. [10].

Так, в 2016 г. из всех работников, прошедших предсменный контроль и допущенных к работе, у $94,94 \pm 0,21\%$ (CI $94,52 \div 95,35$) лиц зарегистрированы нормальные цифры артериального давления. В $5,06 \pm 0,21\%$ (CI $4,64 \div 5,47$) случаев выявлено повышение артериального давления от нормальных цифр. В 2017 г. среди работников, допущенных к работе, на предсменном контроле у $97,07 \pm 0,13\%$ (CI $96,8 \div 97,3$) лиц зарегистрированы нормальные цифры артериального давления. В $2,93 \pm 0,13\%$ (CI $2,68 \div 3,18$) случаев выявлено повышение артериального давления от нормальных цифр. В 2018 г. в $95,92 \pm 0,14\%$ (CI $95,65 \div 96,19$) случаев зарегистрированы лица с нормальным артериальным давлением. В $4,08 \pm 0,14\%$ (CI $3,8 \div 4,35$) случаев выявлено повышение артериального давления (рис. 2).

Таблица 1

Объем исследований, взятых в разработку

Показатели	Год исследования					
	2016		2017		2018	
Год	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Всего	11241	100,00	18109	100,00	20196	100,00
Допущен	11085	$98,61 \pm 0,11$ (98,39 ÷ 98,83)	17725	$97,88 \pm 0,11$ (97,66 ÷ 98,09)	19986	$98,96 \pm 0,07$ (98,8 ÷ 99,1)
Из них:						
1 смена	8403	$75,81 \pm 0,41$ (74,99 ÷ 76,62)	12671	$71,49 \pm 0,33$ (70,81 ÷ 72,17)	10553	$52,80 \pm 0,35$ (52,09 ÷ 53,5)
2 смена	2682	$24,19 \pm 0,17$ (23,38 ÷ 25)	5054	$28,51 \pm 0,33$ (27,83 ÷ 29,19)	9433	$47,20 \pm 0,35$ (46,49 ÷ 47,09)
Не допущен	156	$1,39 \pm 0,11$ (1,17 ÷ 1,61)	384	$2,12 \pm 0,11$ (1,91 ÷ 2,33)	210	$1,04 \pm 0,07$ (0,89 ÷ 1,18)
Из них						
Больничный лист	93	$59,62 \pm 3,92$ (51,76 ÷ 67,48)	326	$84,90 \pm 1,82$ (81,25 ÷ 88,55)	125	$59,52 \pm 3,39$ (52,74 ÷ 66,29)
Отстранен	49	$31,41 \pm 3,71$ (23,98 ÷ 38,84)	29	$7,55 \pm 1,34$ (7,41 ÷ 7,69)	80	$38,10 \pm 3,35$ (31,39 ÷ 44,8)
Медотвод	14	$8,97 \pm 2,29$ (4,39 ÷ 13,55)	29	$7,55 \pm 1,34$ (7,41 ÷ 7,69)	5	$2,38 \pm 1,05$ (0,28 ÷ 4,48)

Примечание: в круглых скобках указаны 95% доверительные интервалы (CI).

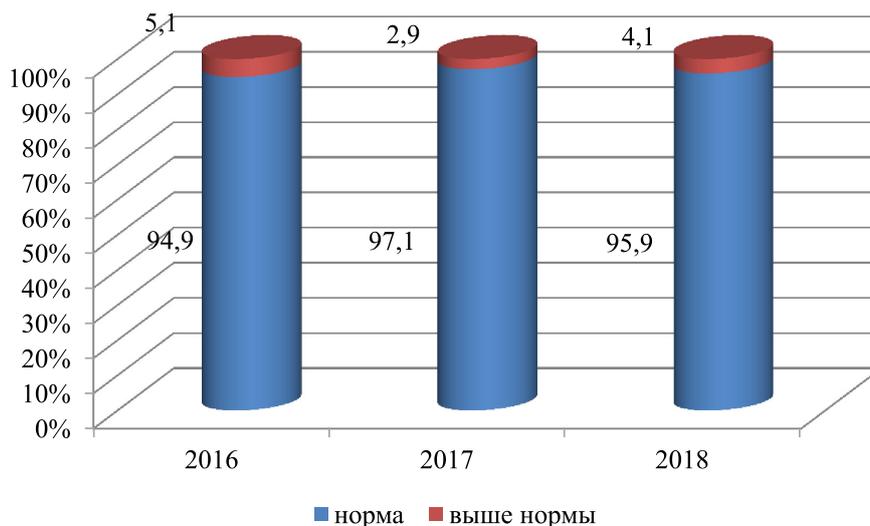


Рис. 2. Уровни артериального давления работников АО «Костанайские минералы», прошедших предсменный контроль

Таблица 2

Оценка рисков допущенных к работе лиц с повышенным АД

Годы	Отношение шансов (ОШ)	Доверительный интервал (CI)	Относительный риск (OR)	Процент связанного риска (ПСР)
2016*	4,06	3,38:4,88	3,89	99,74
2017*	1,52	1,75:1,32	1,5	99,33
2018*	6,07	7,11:5,19	5,77	99,83

Примечание: *статистически значимое различие при $\chi^2 > 3,84$.

С целью выявления профессионального риска для работников АО «Костанайские минералы» проведена оценка риска работников, допущенных к работе на этапе предсменного контроля, по величине χ^2 (табл. 2).

Выявлено статистически значимое различие допущенных работников с повышенным АД по сравнению с не допущенными к работе: в 2016 г. значимость χ^2 составила 256,29, в 2017 $\chi^2 = 33,19$ и в 2018 г. $\chi^2 = 637,26$, что говорит о высоком риске для работников, допущенных к работе с повышенным АД, относительный риск составил от 1,5 до 5,77.

Заключение

Проблемы здоровья работающего населения являются одними из самых актуальных. Их значимость существенно возрастает в настоящее время. Одним из показателей ухудшения здоровья работающих является продолжающийся рост производственно обусловленных заболеваний, значительное утяжеление первично выяв-

ляемой патологии [11–13]. В связи с этим одними из основных задач отечественного здравоохранения в современных условиях являются сохранение трудового потенциала, качества жизни и здоровья работников, уменьшение последствий профессиональных травм, несчастных случаев, профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний, своевременное оказание профилактических и лечебных услуг, решение которых сводится к разработке новой адекватной, экономически выгодной модели медицинского обслуживания населения, работающего в неблагоприятных условиях труда [14; 15].

Для выявления профессионального риска в условиях промышленных предприятий проведено исследование предсменного контроля работников АО «Костанайские минералы» за 2016–2018 гг. Проведен анализ допущения и недопущения к работе, причин недопущения к работе и выявлено, что большинство работников АО «Костанайские минералы»,

прошедших предсменный контроль, были допущены к работе (в среднем 98,5 % работников), и лишь 1,5 % не допущены в связи уходом на больничный лист (в среднем 68,0 % случаев), отстранены в связи с превышением допустимых норм алкоголя в выдыхаемом воздухе (25,7 % случаев) и отстранены по медицинским показаниям (6,3 % случаев). Так как предсменный контроль включает измерение АД и проведение алкотеста, проведен анализ уровней АД работников, допущенных к работе, и выявлено, что среди допущенных к работе работников АО «Костанайские минералы» во время предсменного контроля в 95–97 % случаев выявлено нормальное АД, у остальных 3–5 % зарегистрированы высокие цифры АД. Проведена оценка риска развития профессионального и/или профессионально обусловленного заболевания по величине χ^2 . Выявлен статистически значимый высокий риск у работников с высоким АД, допущенных к работе, по всем годам исследования (в 2016 г. $\chi^2 = 256,29$, в 2017 $\chi^2 = 33,19$ и в 2018 г. $\chi^2 = 637,26$), относительный риск составил от 1,5 до 5,77. Таким образом, проведенное нами исследование доказывает наличие высокого профессионального риска у работников с повышенным АД. Для допущения таких работников промышленным предприятиям к своим обязанностям необходима коррекция АД до того, как они приступят к работе. А при невозможности коррекции АД до нормальных цифр рекомендуется отстранить их от работы.

Выводы

1. Тщательно проведенный предсменный контроль работников промышленных предприятий лишь в 1,5 % случаев выявляет причину для недопущения.
2. Среди допущенных к работе работников до 5 % случаев выявляются лица с повышенным АД, и именно эти работники более подвержены высокому профессиональному риску, относительные значения которого составили 1,5–5,77 ($\chi^2 > 3,84$).
3. Для уменьшения профессионального риска рекомендуется отстранять работников промышленных предприятий с повышенным АД, выявленных на предсменном контроле.

Список литературы

1. Ефремова О.С. Медицинские осмотры работников организаций. М.: Альфа-Пресс, 2007. 168 с.
2. Пособия по возмещению вреда при производственном травматизме и профессиональных заболеваниях. Международная организация труда (МОТ), Федерация профсоюзов Республики Казахстан (при финансовой поддержке МИД Финляндии). 2012. 17 с.

3. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 июля 2014 г. № 368 «Об утверждении перечня лекарственных средств и изделий медицинского назначения автомобильных аптек первой медицинской помощи» (с изменениями от 18.11.2014 г.) // информационно-аналитическая газета «Казахстанский фармацевтический вестник» [Электронный ресурс]. URL: http://pharmnews.kz/load/zakonodatelstvo/prikazy/prikaz-368-ot-2-iyulya-2014-g_390/1-1-0-391 (дата обращения: 02.03.2020).

4. Дуйсенова Т. В Казахстане растут показатели профессиональной заболеваемости. [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru/news/society/1764717.html> (дата обращения: 02.03.2020).

5. Баттакова Ж.Е., Мухаметжанова С.Е., Джакупбекова Г.М., Шрайманов К.С. Проблема профессионального риска и состояние профессиональной заболеваемости в Казахстане // Медицина. 2010. № 3/93. С. 89–94.

6. Самойлова Л.Н., Ткачева И.Н., Дзотцоева Л.К., Шарпов С.В. О профилактике развития профессиональных заболеваний на современном этапе // Профессиональные заболевания. 2013. № 4. С. 19–21.

7. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 3 июля 2017 года №450 «Об утверждении Правил оказания скорой медицинской помощи в Республике Казахстан» [Электронный ресурс]. URL: <https://pharm.reviews/dokumenty/item/2341-prikaz-ministra-zdravookhraneniya-rk-ot-3-iyulya-2017-goda-450> (дата обращения: 02.03.2020).

8. Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 24 февраля 2015 года № 128. «Правила проведения обязательных медицинских осмотров, списка профессий, требующих предсменного медицинского освидетельствования и перечня вредных производственных факторов, профессий, при которых проводятся обязательные медицинские осмотры» [Электронный ресурс]. URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010634> (дата обращения: 02.03.2020).

9. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA». Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». Нижний Новгород: ННГУ, 2007. 112 с.

10. Williams B., Mancia G., Spiering W. etc. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. European Heart Journal. 2018. no. 39. P. 3021–3104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339.

11. Шевелева Т.Е., Ломовцев А.Э. Исследование состояния здоровья населения, работающего на производстве резинотехнических изделий (по результатам периодических медицинских осмотров) // Вестник новых медицинских технологий, электронное издание. 2016. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-4/7-1.pdf> (дата обращения: 02.03.2020). DOI: 10.12737/22055.

12. Reho T.T.M., Atkins S.A., Talola N., Sumanen M.P.T., Viljamaa M., Uitti J. Occasional and persistent frequent attenders and sickness absences in occupational health primary care: A longitudinal study in Finland. BMJ Open. 2019. vol. 9(2), e024980; URL: <https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/9/2/e024980.full.pdf> (дата обращения: 02.03.2020). DOI: 10.1136/bmjopen-2018-024980.

13. Оракбаева Г.Г. Для эффективности профилактики производственного травматизма // Охрана труда «Казахстан». 2017. № 4. С. 17–22.

14. Mattila-Holappa P., Ervasti J., Joensuu M., Ahola K., Pentti J., Oksanen T., Vahtera J., Kivimäki M., Virtanen M. Do predictors of return to work and recurrence of work disability due to mental disorders vary by age? A cohort study. Scand. J. Public Health 2017. Vol. 45. P. 178–184.

15. Harkko J., Sumanen H., Pietiläinen O., Piha K., Mänty M., Lallukka T., Rahkonen O., Kouvonen A. Socioeconomic Differences in Occupational Health Service Utilization and Sickness Absence Due to Mental Disorders: A Register-Based Retrospective Cohort Study. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020. Vol. 17(6). E2064. [Electronic resource]. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/6/2064> (date of access: 02.03.2020). DOI: 10.3390/ijerph17062064.

УДК 613.62

**РАННИЕ ПРИЗНАКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СРЕДИ ВРАЧЕЙ-ХИРУРГОВ****Семенова Н.В., Вяльцин А.С., Кошелева И.И., Широченко С.Н.,
Клаус А.Е., Тыртышникова Д.А.***ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения России, Омск, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru*

В целях формирования представления о влиянии условия труда врачей хирургического профиля на состояние сердечно-сосудистой системы, выявления ранних признаков профессиональных заболеваний кардиологического профиля, а также оценки общего психологического состояния было проведено социологическое исследование здоровья врачей-хирургов многопрофильных больниц города Омска и оценка условий их труда. Было выявлено, что постоянные физические и психические нагрузки – неотъемлемый спутник профессиональной деятельности врачей-хирургов. Условия труда, которые на данный момент недостаточно нормированы, неизбежно приводят к возникновению болезней сердечно-сосудистой системы, если заранее не проводить профилактику. Необходимо выработать эффективную систему мер профилактики и борьбы с болезнями сердечно-сосудистой системы для врачей-хирургов. Для снижения рисков возникновения сердечно-сосудистых патологий у врачей хирургического профиля необходимо разработать комплекс управленческих решений, заключающий в себе тщательный анализ факторов, влияющих на здоровье работников, и установление четких санитарно-гигиенических требований к условиям труда, интеграцию специалистов по охране труда, врачей профилактического направления для предупреждению развития первых признаков профессиональных заболеваний сердечно-сосудистой системы у медицинских работников на ранних стадиях.

Ключевые слова: врачи-хирурги, сердечно-сосудистые патологии, условия труда, профессиональные заболевания, профилактика

**EARLY SIGNS OF PROFESSIONAL DISEASES
OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM AMONG SURGEONS****Semenova N.V., Vyalcin A.S., Kosheleva I.I., Shirochenko S.N.,
Klaus A.E., Tyrtysnikova D.A.***Federal State Budgetary Institution of the Higher Education «Omsk State Medical University»
of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru*

In order to form an idea of the influence of the working conditions of doctors of the surgical profile on the state of the cardiovascular system, to identify early signs of occupational diseases of the cardiological profile, as well as to assess the general psychological state, a sociological survey of surgeons from multidisciplinary hospitals in Omsk and an assessment of their working conditions were carried out. It was found that constant physical and mental stress is an integral companion of the professional activity of surgeons. Working conditions, which are currently insufficiently standardized, inevitably lead to the emergence of diseases of the cardiovascular system, if preventive measures are not taken in advance. It is necessary to develop an effective system of measures for the prevention and control of diseases of the cardiovascular system for surgeons. To reduce the risk of cardiovascular disease in surgical doctors, it is necessary to develop a set of management decisions that includes a thorough analysis of factors affecting the health of workers and the establishment of clear sanitary and hygienic requirements for working conditions, the integration of occupational safety specialists, preventive doctors for preventive measures to prevent the development of the first signs of occupational diseases of the cardiovascular system in medical workers at the early stages.

Keywords: surgeons, cardiovascular pathologies, working conditions, occupational diseases, prevention

По данным статистики, работники сферы здравоохранения являются одной из самых многочисленных трудовых групп. Проблема состояния здоровья и возникновения профессиональных патологий среди врачей всегда являлась важным социально-экономическим вопросом, но в современных условиях усиливающихся физической и психологической нагрузок данная проблема приобретает наибольшую актуальность [1]. Сердечно-сосудистая система является наиболее восприимчивой к губительному влия-

нию стресса, неизменно сопровождающего врачей хирургического профиля в их ежедневной работе [2; 3]. Усложнение условий труда, отмечаемое за последние годы, неизбежно приведет к омоложению профессиональных заболеваний [4], а это значит, что создание профилактических мер, направленных на снижение количества и качества стрессовых факторов и улучшение здоровья, а также своевременное выявление ранних признаков патологических состояний являются первоочередной задачей в от-

ношении законодательного регулирования в этом вопросе [5].

Цель исследования: оценка влияния трудовых факторов риска на состояние сердечно-сосудистой системы врачей хирургического профиля, создание общих рекомендаций по предотвращению возникновения профессиональных заболеваний.

Задачи исследования:

1. Разработать и протестировать двухэтапное анонимное анкетирование (до начала и по окончании рабочей смены).

2. Определить взаимосвязь между факторами трудовой деятельности и состоянием здоровья.

3. Выяснить качество самоконтроля за артериальным давлением и состоянием здоровья среди хирургов.

4. Провести оценку наличия первых признаков патологии сердечно-сосудистой системы.

5. Разработать рекомендации по профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы исследования

Материалами данного исследования являются результаты опроса, в качестве социологического метода использовалась индивидуально разработанная анкета. В исследовании, проведенном в феврале 2019 г., принял участие 51 врач-хирург многопрофильных больниц города Омска. Все респонденты были проинформированы о целях исследования. На первом этапе участникам для анализа самооценки своего здоровья было предложено анонимно ответить на такие вопросы анкеты, как: диапазон артериального давления в данный момент, проводится ли регулярный контроль артериального давления, вопросы касательно поражения органов-мишеней при гипертонии. Первое анкетирование проводилось перед заступлением на рабочую смену. На втором этапе проведено анкетирование после одной рабочей смены, в которое были включены новые вопросы об удовлетворенности работоспособностью и общей оценке самочувствия после рабочей смены, которые предлагалось оценить по пятибалльной шкале, а также были повторно включены вопросы касательно поражения органов-мишеней при гипертонии. Использовали статистический метод – расчет экстенсивных показателей, для оценки условий труда был использован метод санитарного описания. Статистическая обработка данных исследования и графическое оформление материалов проводились с помощью программы Microsoft Excel, Microsoft Word.

Результаты исследования и их обсуждение

Особенностями условий труда врачей хирургического профиля являются: большая продолжительность рабочих смен (нарушение режима труда и отдыха), включающая работу в ночное время (что влечет за собой хроническое недосыпание); долгие статические нагрузки и физическое напряжение (вынужденное полусогнутое положение во время проведения операций ведет к радикулопатиям шейно-плечевого отдела позвоночника, остеохондрозу); психические нагрузки (высокий уровень ответственности за жизнь пациентов, умственные нагрузки, нарастание давления на врачей со стороны общества. Известно, что в связи с этим врачи более подвержены психическим расстройствам, алкоголизму); чрезмерное напряжение аналитических систем (в особенности высокая нагрузка на орган зрения); высокий риск травматизма (часто – повреждение кистей скальпелем, другими режущими инструментами); постоянное воздействие факторов химической (лекарственные аэрозоли, дезинфицирующие средства, анестетики способствуют окислению воздуха в операционной), физической (микроклимат операционной – вентиляция и отопление, электромагнитные поля, лазерное облучение, рентгеновское облучение, повышенное атмосферное давление, вибрация, шум, недостаточное освещение) и биологической природы (риск заразиться туберкулезом, вирусными гепатитами В и С, сифилисом, ВИЧ-инфекцией). Согласно Р 2.2.2006-05 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» условия труда классифицируются как вредные. В связи с изложенными условиями и особенностями труда хирургов в анкете были сформулированы прицельные вопросы.

По результатам анкетирования было установлено следующее.

Никогда не измеряют артериальное давление 16% респондентов, 20% опрошенных регулярно измеряют артериальное давление, 25% измеряют его иногда и 39% – только при плохом самочувствии. Таким образом, при достаточно высокой профессиональной информированности врачей меньше половины из них следят за своим артериальным давлением.

В отношении посещения специалистов по поводу наличия хронических заболеваний выявлено следующее: 52% обраща-

ются по поводу хронических патологий, но не регулярно, 20% имеющих хронические заболевания не посещают врачей, 20% не имеют хронических патологий, и 8% обследуемых регулярно посещают врачей соответствующих профилей. Таким образом, 72% респондентов отметили наличие какой-то хронической патологии.

На вопрос «Отмечали ли Вы снижение зрения за последние 5 лет?» 8% опрошенных ответили, что не обращали внимания на динамику изменения остроты зрения, 26% отметили незначительное ухудшение зрения, 27% – снижение уровня зрения, и у 39% респондентов изменений качества зрения не наблюдалось. Таким образом, у 53% опрошенных хирургов произошло снижение зрения за последние 5 лет.

При анализе данных о состоянии органов сердечно-сосудистой системы и органов-мишеней получена информация: при анкетировании до рабочей смены постоянные головные боли отмечали у себя 2% врачей, регулярные (3–4 раза в день) – 51%, редкие боли (1–2 эпизода) – 39%, отсутствие боли – 4%. Следовательно, больше половины врачей имеют регулярные головные боли, и только у 4% хирургов никогда не болит голова.

Постоянные боли в области сердца – 2%, регулярные (3–4 раза в день) – 23%, редкие боли (1–2 эпизода) – 45%, отсутствие боли – 30%. Таким образом, 70% хирургов отмечают наличие сердечных болей.

На постоянные боли в поясничной области жаловались 12% врачей, на регулярные – 23%, эпизодические боли – 35%, у 30% боль в поясничной области не отмечается. Следовательно, у 70% хирургов имеются боли в поясничной области.

Постоянную боль в ногах испытывают 16% опрошенных, регулярную – 29%, редкую – 33%, боли в ногах не испытывают 22% врачей. Таким образом, боли в ногах отмечали 78% респондентов.

Измерение артериального давления врачам хирургического профиля следует проводить регулярно, так как постоянный стресс и длительные статические нагрузки являются пусковыми факторами гипертонии, а вслед за ней, как осложнения, развиваются гипертоническая ретинопатия (проявляется сужением полей зрения и снижением остроты зрения), ишемия миокарда (проявляется болью в области сердца), сужение мозговых артерий ведет к головной боли и риску инсульта, аналогично и сужение почечных артерий ведет к нефросклерозу и клинически проявляется болями в пояснице. Возникновение болей в нижних конечностях может происходить

как из-за несостоятельности сосудистой стенки при артериальной гипертензии, так и из-за застоя крови, обусловленного варикозным расширением вен нижних конечностей. Варикозная болезнь – частая патология среди врачей-хирургов, так как лишь незначительный процент операций выполняется сидя.

По результатам первого анкетирования (до начала рабочей смены), подавляющее число врачей-хирургов предъявляет жалобы на клинические проявления артериальной гипертензии и ее осложнений, при этом не уделяют внимания своему здоровью.

Второе анкетирование было проведено после одной рабочей смены.

Увеличение количества эпизодов головной боли отмечалось у 68% врачей, снижение – у 28% врачей, показатели не изменились у 6%. Боли в сердце случались чаще у 29%, остались на том же уровне у 47%, реже – у 24%. Боль в поясничной области у 51% врачей участились, у 39% показатель не изменился, у 10% обследованных стали реже по сравнению с данными предыдущего анкетирования. Показатель частоты возникновения боли в нижних конечностях увеличился у 37%, снизился у 8% опрошенных, не изменился у 55% (рис. 1).

Таким образом, после одной рабочей смены по показателям «боли в сердце» и «боли в ногах» у большинства врачей отсутствовала динамика, а по показателям «головные боли» и «боли в пояснице» динамика резко отрицательная. Боли в пояснице до рабочей смены более вероятно связаны с проявлением артериальной гипертензии, а боли в пояснице после рабочей смены более вероятно вызваны мышечной усталостью, а также дистрофическими изменениями в позвоночнике. Этого нельзя сказать о головной боли, так как в большинстве случаев она связана с сосудистым спазмом как до, так и после рабочей смены, что, вероятно, является признаком артериальной гипертензии.

Анализ данных психологического состояния врачей хирургического профиля: удовлетворенность работоспособностью в конце рабочей смены повысилась у 24%, снизилась у 69%, не изменилась у 8%. Оценка общего самочувствия (этот пункт включал в себя следующие вопросы: уровень бодрости, заинтересованности в окружающих событиях, способность к концентрации) производилась путем подсчета баллов по пятибалльной системе и их интерпретации. У 53% врачей состояние после смены ухудшилось, у 43% не изменилось, улучшилось у 2% хирургов (рис. 2).

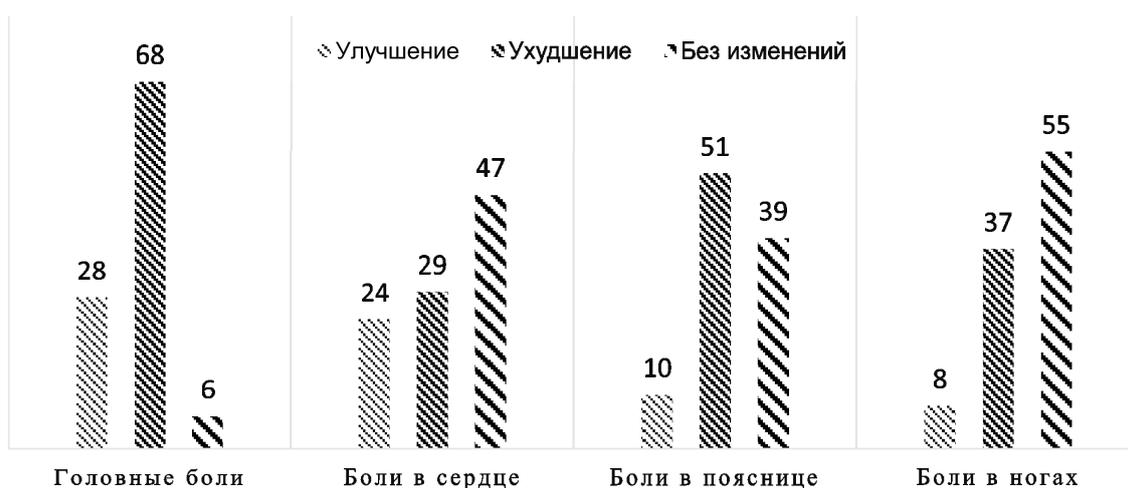


Рис. 1. Динамика показателей головной боли, боли в сердце, боли в пояснице и боли в ногах у врачей-хирургов после одной рабочей смены, в относительных показателях (%)

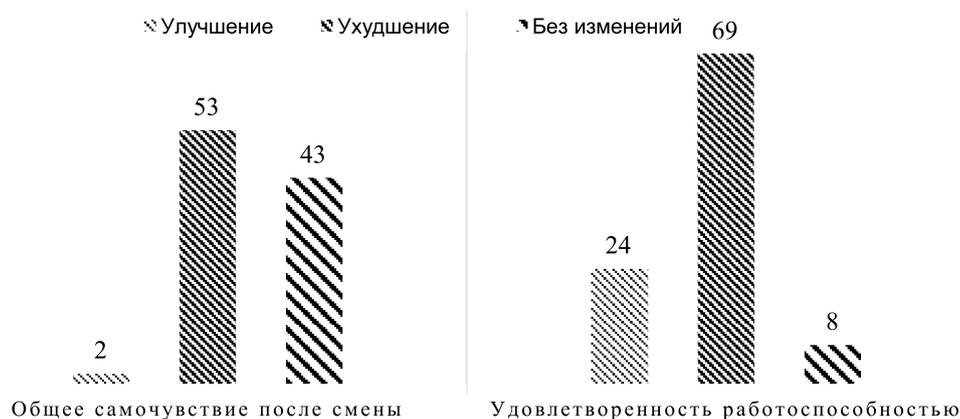


Рис. 2. Изменение показателей общего состояния (уровень бодрости, заинтересованности в окружающих событиях, способность к концентрации) и удовлетворенности работоспособностью у врачей-хирургов за рабочую смену, в относительных показателях (%)

Выраженная отрицательная динамика психологического состояния после рабочей смены обусловлена высоким уровнем ответственности и стресса, сложностью выполняемых операций, а также работой в ночное время суток. В частности, показатель «удовлетворенность работоспособностью» имеет резко отрицательную динамику в связи с сильной усталостью и нервным истощением за время ночной работы.

Выводы

1. Как свидетельствуют данные анкетирования, больше половины врачей имеют регулярные головные боли, и только у 4% хирургов никогда не болит голова, 70% хирургов отмечают наличие сердеч-

ных болей, у 70% хирургов имеются боли в поясничной области, боли в ногах – у 78% респондентов, 72% респондентов отмечают наличие какой-то хронической патологии. В итоге подавляющее число врачей-хирургов предъявляет жалобы на клинические проявления артериальной гипертензии и ее осложнений, в то же время, при достаточно высокой профессиональной информированности врачей, меньше половины из них следят за своим артериальным давлением.

2. Условия труда, которые на данный момент недостаточно нормированы, неизбежно приводят к возникновению болезней сердечно-сосудистой системы, если заранее не проводить профилактику.

3. При обработке результатов анкетирования было выяснено, что лишь 20% опрошенных регулярно измеряют артериальное давление, остальные 80% проводят контроль нерегулярно или вовсе не следят за уровнем давления.

4. После одной рабочей смены головные боли и боли в области поясницы усиливались у 68% и 51% соответственно. Анализ данных психологического состояния врачей хирургического профиля показал, что удовлетворенность работоспособностью в конце рабочей смены снизилась у 69%, общее состояние ухудшилось у 53% хирургов. Это свидетельствует о том, что постоянные физические и психические нагрузки – неотъемлемый спутник профессиональной деятельности врачей-хирургов.

5. Необходимо выработать эффективную систему мер профилактики и борьбы с болезнями сердечно-сосудистой системы для врачей-хирургов.

Рекомендации

Для снижения рисков возникновения сердечно-сосудистых патологий у врачей хирургического профиля необходимо разработать комплекс управленческих решений, заключающий в себе:

– персонифицированный подход к оценке факторов, влияющих на здоровье работников, и определение точных санитарно-гигиенических требований к условиям труда;

– оптимизация показателей здоровья работающих: соблюдение режимов работы и отдыха; функциональное и лечебно-профилактическое питание; использование способов, позволяющих снизить эмоцио-

нальное напряжение (комнаты психологической разгрузки и пр.);

– систематическая диспансеризация для раннего выявления первых признаков профессиональной патологии, своевременное лечение имеющихся болезней;

– реабилитация и восстановление утраченных функций (санаторно-курортное лечение), периодическое восстановительное лечение медицинских работников с хроническими заболеваниями;

– просветительская деятельность о составляющих здорового образа жизни врача, формирование здоровьесберегающего поведения медицинских работников.

Список литературы

1. Рослая Н.А., Плотко Э.Г., Лебедева А.В. Влияние факторов профессионального риска на состояние здоровья медицинских работников Свердловской области // Вестник РГМУ. 2013. № 5–6. С. 129–132.

2. Амиров Н.Х., Берхеева З.М., Гарипова Р.В. Оценка профессионального риска нарушений здоровья медицинских работников по результатам периодического медицинского осмотра // Вестник современной клинической медицины. 2014. Т. 7. № 2. С. 10–14.

3. Мовсисян А.А., Мовсисян М.А. Об особенностях гигиены труда врачей хирургического профиля // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. 2019. С. 24–27.

4. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Шальнова С.А. Сердечно-сосудистый риск у врачей разных специальностей. Результаты российской многоцентровой научно-образовательной программы «Здоровье врачей России» // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2010. Т. 9. № 4. С. 12–24.

5. Поляков И.В., Добрицина А.А., Зеленская Т.М. Оценка состояния здоровья медицинских работников скорой медицинской помощи и влияющих на него факторов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2012. № 1. С. 25–28.

УДК 618.5-089.888.61(575.2)

ВНЕДРЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ РОБСОНА В КИРГИЗСТАНЕ: ПЕРВЫЕ ШАГИ

Шоонаева Н.Дж., Выборных В.А.

Киргизский государственный медицинский институт переподготовки и повышения квалификации им. С.Б. Даниярова МЗ КР, Бишкек, e-mail: shoonaeva.nurgul@gmail.com

В данной статье рассмотрены первые результаты внедрения классификации Робсона в Киргизской Республике. Последние два десятилетия мировая медицина столкнулась с проблемой неуклонного роста числа кесаревых сечений (КС). Постоянно пересматриваются показания к этой операции. В последнее время акцентировано внимание к показаниям со стороны плода. Расширены относительные показания (не связанные с угрозой жизни и здоровья) в связи с появлением новых технологий (ЭКО) и желанием женщины. Анализ тенденций в 121 стране мира показал, что в период с 1990 по 2014 г. глобальный среднегодовой темп роста КС увеличился на 12,4% (с 6,7% до 19,1%) со средним ежегодным темпом роста 4,4%. В 2015 г. ВОЗ объявила, что увеличение частоты КС более 10% не связано со снижением материнской и перинатальной смертности. Поэтому назрела необходимость новой общепринятой стратегии, которая позволит создать общую базу данных по эпидемиологической обстановке, будет структурирована, поможет выявить негативные и позитивные последствия, а результаты анализироваться стандартным образом. Система классификации 10 групп М. Робсона была впервые описана в 2001 г. и рекомендована ВОЗ (2015) к применению для всех стран. Согласно системе Робсона, каждая женщина, поступающая в организацию здравоохранения (ОЗ), может быть отнесена к одной из 10 групп на основе легко определяемых характеристик, таких как число предыдущих беременностей, предлежание плода, гестационный возраст, КС в анамнезе, паритет родов и признаков начала родов. В будущем это позволит провести сравнительную оценку различных учреждений здравоохранения по областям, унифицировать данные по Киргизской Республике и сравнить показатели с основными мировыми трендами в родовспоможении и поможет найти пути снижения количества оперативных родов в акушерских стационарах Киргизской Республики.

Ключевые слова: кесарево сечение, классификация Робсона, стандартизованная международная система мониторинга

THE IMPLEMENTATION OF ROBSON CLASSIFICATION IN KYRGYZSTAN: THE FIRST STEPS

Shoonaeva N.Dzh., Vybornykh V.A.

Kyrgyz State Medical Institute of Advanced and Postgraduate Trainings S.B. Daniyarov MM RK, Bishkek, e-mail: shoonaeva.nurgul@gmail.com

This article discusses the first results of implementing the Robson classification in the Kyrgyz Republic. Over the past two decades, world medicine has faced the problem of an unstoppable increase in the number of cesarean sections (CS). The indications for this operation are constantly reviewed. Recently, attention has been focused on indications from the fetus. The relative indications (not related to the threat to life and health) due to the emergence of new technologies (IVF) and the desire of women have been expanded. An analysis of trends in 121 countries showed that between 1990 and 2014, the global average annual growth rate of CS increased by 12.4% (from 6.7% to 19.1%) with an average annual growth rate of 4.4%. In 2015, WHO announced that an increase in the frequency of COP more than 10% is not associated with a decrease in maternal and perinatal mortality. Therefore, there is a need for a new generally accepted strategy that will create a common database on the epidemiological situation, will be structured, will help to identify negative and positive consequences, and the results will be analyzed in a standard way. The classification system of 10 groups of M. Robson was first described in 2001 and recommended by WHO (2015) for use in all countries [4]. According to the Robson system, each woman entering a health organization (HOS) can be assigned to one of 10 groups based on easily identifiable characteristics, such as the number of previous pregnancies, fetal presentation, gestational age, history of COP, birth parity, and signs of future delivery. This will allow a comparative assessment of different health institutions by area, unify data for the Kyrgyz Republic and compare indicators with the main global trends in maternity care and help find ways to reduce the number of operative deliveries in obstetric hospitals in the Kyrgyz Republic.

Keywords: cesarean section, Robson classification, standardized international monitoring system

Последние два десятилетия мировая медицина столкнулась с проблемой неуклонного роста числа кесаревых сечений (КС). Постоянно пересматриваются показания к этой операции. В последнее время акцентировано внимание к показаниям со стороны плода. Расширены относительные показания (не связанные с угрозой жизни и здоровья) в связи с появлением новых

технологий (ЭКО) и желанием женщины. Например, в США, начиная с 1985 г., доля этих операций в структуре родоразрешенных женщин постоянно увеличивается, и в настоящее время снижение частоты кесаревых сечений в этой стране считается важнейшей задачей для акушеров-гинекологов [1]. В Мексике и Китае каждая вторая беременность заканчивается оперативными

родами. В Австралии с 2003 по 2013 год удельный вес КС вырос с 23,3% до 33% соответственно. В Российской Федерации частота КС с 2005 по 2017 г. выросла с 23,4% до 28,1%. В Киргизской Республике (КР) за аналогичный период частота КС выросла с 13% до 22,6%, причем в городе Бишкек этот показатель превышает 30%. Это связано с тем, что Бишкек является столицей КР, здесь находятся акушерские учреждения вторичного и третичного уровня, и тяжелая акушерско-гинекологическая патология аккумулируется именно здесь. Следует отметить отдельно, что, по статистическим данным Министерства здравоохранения (МЗ) КР, не существует какой-либо корреляции между уровнем младенческой смертности и частотой КС в различных областях КР. Так, в ряде областей республики по итогам 2013 г., при частоте КС 22,6%, младенческая смертность в них сохранилась выше среднестатистической и составила более 5‰.

В 2015 г. ВОЗ объявила, что увеличение частоты КС более 10% не связано со снижением материнской и перинатальной смертности [2].

Факторы, приводящие к росту КС, всем широко известны. Это увеличение среднего возраста женщин, решивших выполнить свою репродуктивную функцию; экстрагенитальная патология, при которой естественные роды невозможны; желание самой женщины родоразрешаться оперативным путем; а также юридические аспекты, связанные с ростом количества судебных разбирательств в отношении акушеров-гинекологов по поводу осложнений во время естественных родов или родового травматизма. Кроме того, во многих прогрессивных странах растет беспокойство оперирующих акушеров-гинекологов по поводу увеличивающейся частоты отдаленных последствий и осложнений после одной или нескольких операций КС, например вращение плаценты, задержка плацентарной ткани в матке после родов, разрыв матки по рубцу с последующей гистерэктомией [3].

Поэтому назрела необходимость новой общепринятой стратегии, которая позволит создать общую базу данных по эпидемиологической обстановке, будет структурирована, поможет выявить негативные и позитивные последствия, а результаты анализироваться стандартным образом. Система классификации 10 групп М. Робсона была впервые описана в 2001 г. и рекомендована ВОЗ (2015) к применению для всех стран [4]. Согласно системе Робсона, каждая женщина, поступающая в организа-

цию здравоохранения (ОЗ), может быть отнесена к одной из 10 групп на основе легко определяемых характеристик [5].

За двадцать пять лет независимости Киргизской Республики национальное здравоохранение прошло несколько этапов реформирования и оптимизации. В настоящее время медицинскую помощь на первичном уровне здравоохранения оказывают врачи семейной медицины. Дородовая помощь осуществляется в Центрах семейной медицины и в коммерческих медицинских клиниках, имеющих лицензию МЗ КР на ведение беременности до родов. Акушерские стационары, в свою очередь, были разделены на три уровня. Первичный уровень – это Территориальные больницы и Центры общей врачебной практики. Вторичный уровень – это Областные родильные дома. Третичный уровень – это Национальные центры. В столице Киргизской Республики, городе Бишкеке, акушерскую помощь оказывают 4 родильных дома (вторичный уровень) и два Национальных центра третичного уровня здравоохранения. Это Национальный Центр Охраны Материнства и Детства (НЦОМид) и Киргизский Национальный Центр Репродукции Человека (КНЦРЧ), где оказывается высококвалифицированная акушерско-гинекологическая помощь. В НЦОМид и РНЦРЧ направляют пациенток с различными видами акушерской и гинекологической патологии со всех регионов республики.

Целью нашего исследования был ретроспективный анализ работы родильного отделения НЦОМид за период 6 месяцев 2019 г. с использованием классификации Робсона для поиска возможных путей снижения частоты абдоминальных родов в стационаре третичного уровня здравоохранения и сравнительный ретроспективный анализ работы акушерского отделения НЦОМид за 2014 и 2019 гг. с аналогичным использованием классификации Робсона.

Материалы и методы исследования

1. Ретроспективный анализ историй родов пациенток родильного отделения НЦОМид за 6 месяцев 2019 г. по классификации Робсона.

2. Анализ показаний к абдоминальным родам в соответствии с классификацией Робсона.

Всего было проанализировано 4679 историй родов, из которых число кесаревых сечений составило 1175 (25%).

3. Проведен ретроспективный анализ историй родов пациенток родильного отделения НЦОМид в 2014 и 2019 гг. путем внесения каждой пациентки в одну

из групп классификации Робсона. В соответствии с принципом классификации каждая пациентка могла быть внесена только в одну группу.

Данные были обработаны методами медицинской статистики с использованием программного обеспечения MS Excel 2017.

Ниже представлено описание групп классификации Робсона (табл. 1) [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Впервые в республике НЦОМид был выбран для пилотного проекта по внедрению классификации Робсона с апреля 2019 г. потому, что он является организацией здравоохранения третичного уровня и оказывает высококвалифицированную помощь женщинам с осложнённой беременностью со всех регионов Киргизстана.

В табл. 2 представлены данные об общем количестве родов и количестве абдоминальных родов в родильном отделении НЦОМид за период 2016–2018 гг.

Как видно из табл. 2, общее количество родов и количество кесаревых сечений постоянно растет и не имеет радикальной тенденции к снижению. Это еще раз подтверждает правильность принятия решения о внедрении классификации Робсона

в будущем во всех акушерских стационарах Киргизской Республики.

Все беременные, поступающие в приемный блок родильного отделения НЦОМид, автоматически заносятся в определенную группу по классификации Робсона. Номер группы фиксируется на титульном листе истории родов.

В табл. 3 представлены первые статистические данные по внедрению классификации Робсона в НЦОМид по количественному составу каждой группы и ее доле от общего количества родоразрешенных за период с апреля по октябрь 2019 г.

Первое ранговое место занимает третья группа. В этой группе коэффициент КС 2%. Этот показатель входит в средний стандарт, рекомендованный ВОЗ.

Второе ранговое место занимает первая группа. Коэффициент КС в данной группе 2,6%. ВОЗ рекомендует 5–8%.

Третье ранговое место занимает десятая группа. По рекомендациям ВОЗ, размер этой группы колеблется от 4 до 5%, но может быть и более 10% на третичном уровне родильных стационаров. Учитывая, что НЦОМид – родильный стационар третьего уровня, эта группа составляет 10,5% от всех групп, что также входит в рекомендации ВОЗ.

Таблица 1

Описание групп классификации Робсона

Группы	Характеристика
1	Роды первые, доношенная одноплодная беременность, головное предлежание. Спонтанная родовая деятельность
2	Роды первые, доношенная одноплодная беременность, головное предлежание плода. Плановая индукция родов или плановое кесарево сечение
3	Роды повторные, доношенная одноплодная беременность, головное предлежание плода. Спонтанная родовая деятельность
4	Роды повторные, доношенная одноплодная беременность без рубца на матке, головное предлежание плода. Плановая индукция родов или плановое кесарево сечение
5	Роды повторные, доношенная одноплодная беременность, головное предлежание плода, 1 и более рубец на матке
6	Роды первые, одноплодная беременность, тазовое предлежание плода
7	Роды повторные, одноплодная беременность. Тазовое предлежание плода, в том числе рубец на матке
8	Многоплодная беременность, в том числе рубец на матке
9	Одноплодная беременность, поперечное или косое положение плода, в том числе рубец на матке
10	Одноплодная беременность, преждевременные роды, головное предлежание плода, в том числе рубец на матке

Таблица 2

Данные по НЦОМид за период 2016–2018 гг.

Год	Общее кол-во родов (абс. число)	Число операций КС (абс. число)	Доля от общего числа родов (%)
2016	4603	1325	28,8
2017	5309	1699	32,0
2018	5176	1708	33

Таблица 3

Распределение женщин, поступивших в родильное отделение НЦОМиД,
по классификации Робсона за период 17.04.19–17.10.19 г.

Номер группы	Общее количество женщин в каждой группе		Общее количество женщин, родивших каждой группе		Общее количество КС в каждой группе	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Всего	4679	100	3504	75	1175	25
1 группа	691	15	581	12,4	110	2,6
2 группа	225	4,8	112	2,4	113	2,4
• 2a	143	3	112	2,4	31	0,6
• 2b	82	1,8	–	–	82	1,8
3 группа	1262	27	1163	25	99	2
4 группа	347	7,4	168	3,6	179	3,8
• 4a	187	4	168	3,6	19	0,4
• 4b	100	3,4	–	–	160	3,4
5 группа	432	9,2	30	0,6	402	8,5
• 5a	5	0,1	4	0,09	1	0,01
• 5b	295	6,3	–	–	295	6,3
• 5c	132	2,8	26	0,6	106	2,2
6 группа	38	0,8	17	0,4	21	0,4
7 группа	84	1,8	30	0,6	54	1,2
8 группа	72	1,5	33	0,7	39	0,8
9 группа	34	0,7	–	–	34	0,7
10 группа	490	10,5	295	6,3	195	4,2

Четвертое ранговое место занимает пятая группа. В этой группе коэффициент КС 9,2% всех женщин. По рекомендациям ВОЗ, не более 10%.

Пятое ранговое место занимает четвертая группа. Частота КС в этой группе 3,8%. По ВОЗ, может составлять 5–8%.

Шестое ранговое место занимает вторая группа. Коэффициент КС в этой группе 2,4%. Коэффициент КС, по ВОЗ, в этой группе 25–30%.

Самые малочисленные группы – шестая, седьмая, восьмая и девятая, но они тоже играют важную роль в снижении перинатальной заболеваемости и смертности любого акушерского стационара.

В табл. 4 представлен количественный состав каждой группы и ее доля от общего числа родоразрешенных в течение года в 2014 и 2019 гг. пациенток родильного отделения НЦОМиД.

Из представленных выше данных мы видим, что в 2019 г., по сравнению с 2014 годом, произошло достоверное снижение доли родоразрешенных пациенток в 1-й и 3-й группах – это самые многочисленные группы. При этом доля пациенток во 2-й и 4-й группах достоверно возросла. Такая динамика, по нашему мнению, связана с изменением тактики ведения беременных высокого риска и отбором женщин

на программированное родоразрешение или путем индукции родов, или путем планового КС, не дожидаясь начала регулярной родовой деятельности. За счет тщательного отбора пациенток для влагалищных родов с рубцом на матке произошло снижение частоты абдоминальных родоразрешений в 5-й группе, это тоже внесло свой вклад в сдерживание роста частоты КС. По мнению Рудкевич А.Ю. и соавторов (2017), главным резервом для снижения случаев оперативных родов являются группы № 1, 2, 3, 4. Это связано с улучшением применения методов индукции родов и родоусиления, с повышением качества трактовки КТГ [7].

По мнению M. Nakamuya-Pereira и соавторов (2016), только группы 1 и 2 могут служить основным резервом для снижения частоты КС. В Бразилии в течение 10 месяцев применения классификации Робсона в группах 1 и 2 общая частота КС снизилась с 34,6% до 13,5%. В Швеции после применения классификации Робсона частота КС в 1 группе снизилась с 10,1% в 2006 г. до 3,1% в 2015 г. В некоторых клиниках США, при сравнении результатов работы по классификации Робсона за 2012 и 2014 годы, частота абдоминальных родов достоверно снизилась в группе № 1 с 26,4% до 18,8% [8].

Таблица 4

Распределение родоразрешенных женщин по группам классификации Робсона

Группа	2014		2019		p
	Количество родоразрешенных	Доля от общего количества родоразрешенных, %	Количество родоразрешенных	Доля от общего количества родоразрешенных, %	
1	3158	35,7	1797	19,2	0,005
2	663	7,5	1628	17,4	0,005
3	2716	30,7	2358	25,2	0,005
4	504	5,7	1553	16,6	0,005
5	460	5,2	608	6,6	0,02
6	177	2,0	159	1,7	>0,05
7	124	1,4	178	1,9	>0,05
8	168	1,9	225	2,4	>0,05
9	53	0,6	66	0,7	>0,05
10	823	9,3	786	8,4	>0,05
Всего	8846	100	9358	100	

Заключение

Безусловно, нельзя делать каких-либо масштабных выводов по эффективности внедрения классификации Робсона за столь короткий период времени, но самое главное, что начало уже положено.

Тщательный отбор пациенток на программированные роды позволит обеспечить максимальную частоту консервативного родоразрешения при программированных родах (группы № 2 и № 4) и сведет к минимуму оперативное родоразрешение в группах со спонтанным развитием родовой деятельности (группы № 1 и № 3).

Можно с уверенностью предположить, что внедрение классификации Робсона в КР позволит провести сравнительную оценку различных учреждений здравоохранения по областям, унифицировать данные по Киргизской Республике, сравнить показатели с основными мировыми трендами в родовспоможении и поможет найти пути снижения количества оперативных родов в акушерских стационарах Киргизской Республики.

Список литературы

1. Fischer A., LaCoursiere D.Y., Barnard P., Bloebaum L., Varner M. Differences Between Hospitals in Cesarean Rates for Term Primigravidas With Cephalic Presentation. *Obstetrics and Gynecology*. 2005. Vol. 105 (4). P. 816–821.
2. Nakamura-Pereira M., do Carmo Leal M., Esteves-Pereira A.P., Soares Madeira Domingues R.M., Alves Torres J., Bastos Dias M.A., Moreira M.E. Use of Robson classification to assess cesarean section rate in Brazil: the role of source of payment for childbirth. *Reproductive Health*. 2016. Vol. 13 (Suppl 3). 128 p.
3. Tanaka K., Mahomed K. The Ten-Group Robson Classification: A single centre approach identifying strategies to optimise caesarean section rates. *Obstetrics and Gynecology International Volume*. 2017. Article ID 5648938. 5 p.
4. Abdel-Aleem H., Shaaban O.M., Hassanin A.I. Analysis of Cesarean Delivery at Assiut University Hospital Using Ten Group Classification System. *Int. J. Gynecol. Obstet*. 2013. Vol. 123. № 2. P. 119–123.
5. Betrán A.P., Vindevooghel N., Souza J.P., Gulmezoglu A.M., Torloni M.R. A Systematic Review of the Robson Classification for Caesarean Section: What works, doesn't work and how to improve it, *PLoS One*. 2014. Vol. 9(6). P. e97769.
6. Robson M. Classification of caesarean sections. *Fetal Matern Med. Rev*. 2001. Vol. 12. P. 23–39.
7. Рудзевич А.Ю., Кукарская И.И., Фильгус Т.А. Оценка частоты кесарева сечения по классификации Робсона // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27171> (дата обращения: 13.03.2020).
8. Boatin A.A., Cullinane F., Torloni M.R., Betr A.P. Audit and feedback using the Robson classification to reduce caesarean section rates: a systematic review. Department of Obstetrics and Gynecology, Massachusetts General Hospital, Harvard. *BJOG*. 2018. Vol. 125. P. 36–42.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

УДК 616.833.185:616.284-002.258

**РЕДКОЕ СОЧЕТАНИЕ ВЕСТИБУЛЯРНОГО НЕЙРОНИТА
И ХОЛЕСТЕАТОМЫ (СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ)****Изаева Т.А., Кубаталиева Н.А., Батырова А.М.***Киргизско-Российский славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, e-mail: dr-nura@mail.ru*

Головокружение является наиболее частой жалобой на амбулаторном приеме врача: около 30% населения страдают от данной патологии. В соответствии с основным клиническим алгоритмом диагностики основную роль в обследовании пациента с головокружением играет анализ жалоб и анамнез заболевания. Многие заболевания органа слуха и равновесия периферического генеза не угрожают жизни пациента, но ухудшают ее качество. Особое внимание нужно уделить диагностике, так как может привести к инвалидизации при отсутствии лечения. Вестибулярный нейронит – часто ошибочно недиагностируемая патология. Вестибулярный нейронит часто может протекать, как мигрень, болезнь Меньера, острые нарушения мозгового кровообращения. По исследованиям многих отоневрологов, вестибулярный нейронит очень редко встречается и часто вызывает затруднения в диагностике у врачей разных специальностей. Чтобы точно поставить диагноз «вестибулярный нейронит», необходимо четко знать особенности течения клинической картины, дифференциальной диагностики с другими схожими заболеваниями. Учитывая низкую осведомленность о данной патологии врачей разных специальностей, диагностические ошибки и ошибки в лечении, к сожалению, встречаются часто. Холестеатома среднего уха – это доброкачественное образование, которое сформировано остатками кератина, ороговевающим эпителием и различной толщины периматриком. Деструктивная сущность холестеатомы обусловлена пассивным ростом и ферментативной активностью периматрикса, приводящими к резорбции окружающих костных структур и, как следствие, к развитию тяжелых осложнений. Процесс может продолжаться годами, образуя опухолевидное образование больших размеров.

Ключевые слова: головокружение, вестибулярный нейронит, холестеатома, среднее ухо, лабиринт**A RARE COMBINATION OF VESTIBULAR NEURONITIS
AND CHOLESTEATOMA (CASE STUDY)****Izaeva T.A., Kubatalieva N.A., Batyrova A.M.***Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Eltsin, Bishkek, e-mail: dr-nura@mail.ru*

Dizziness is one of the most frequent complaints of outpatient visits: up to 30% of the population is familiar with this phenomenon. In accordance with the classical clinical diagnostic algorithm, the analysis of complaints and the medical history play a paramount role in examining a patient with dizziness. Most diseases of the organ of hearing and the balance of peripheral genesis do not threaten the life of the patient, however, worsen its quality. Particular attention should be paid to diagnosis, as it can lead to disability in the absence of treatment. Vestibular neuronitis – often mistakenly undiagnosed pathology. Vestibular neuronitis-often can occur as a migraine, Meniere's disease, acute cerebrovascular accident. According to the studies of many otoneurologists, Vestibular neuronitis is very rare, and often causes difficulties in the diagnosis of doctors of various specialties. In order to accurately diagnose vestibular neuronitis, it is necessary to clearly know the features of the clinical picture, differential diagnosis with other similar diseases. Given the low awareness of this pathology of doctors of various specialties, diagnostic errors and treatment errors unfortunately are common. Middle ear cholesteatoma – a formation formed by keratinizing epithelium, keratin residues and various perimatrix thicknesses. The destructive nature of the cholesteatoma is due to the passive growth and enzymatic activity of perimatrix, leading to the resorption of surrounding bone structures and, as a result, to the development of severe complications. The process can continue for years, forming a tumor-like formation of large sizes.

Keywords: dizziness, vestibular neuronitis, cholesteatoma, middle ear, labyrinth

Пациенты, которые страдают головокружением, представляют сложность для врача в плане диагностики вследствие разнообразия жалоб и многообразия причин головокружения. Головокружение является распространенной жалобой и является актуальной проблемой в оториноларингологии, неврологии на протяжении десятилетий. Частота встречаемости головокружений, по данным различных исследований, составляет в среднем 20% случаев. Головокружение не является самостоятельным заболеванием, но присутствует в качестве симптома в синдромах различной этиологии и патогенеза, достаточно часто встречается в жалобах пациентов на приеме у врача общей практики [1]. В основном

пациенты с внезапно возникшим приступом головокружения в экстренном порядке консультируются врачом общей практики, неврологом, кардиологом, но никак не оториноларингологом. Можно заверить, что до этого времени всем пациентам с жалобами на головокружение правильный диагноз ставится очень редко, только в 10–50% случаев, и, конечно, больные не получают нужного обследования и лечения, что может привести к большим затратам на лечение. Частота неправильных диагнозов при данной патологии достигает до 20–40%. Это указывает на слабую осведомленность врачей различных специальностей о заболеваниях, которые проявляются головокружением, и требует в дальнейшем

исследования и дифференциальной диагностики. Можно сказать, что после постановки неправильного диагноза в дальнейшем пациент еще много раз обращается за медицинской помощью к различным специалистам, не получая при этом правильного лечения. Если у пациента головокружение возникло остро, притом головокружение вращательного характера, который может сопровождаться вегетативной симптоматикой без других патологических симптомов со стороны центральной нервной системы, то стоит заподозрить у больного вестибулярный нейронит (ВН). ВН можно отнести к доброкачественным заболеваниям периферического отдела вестибулярной системы, которое возникает в результате остро возникшей односторонней лабиринтной гипофункции без поражения лабиринтного слухового рецептора [2]. Литературных данных немного, в основном носят большей частью описательный характер. Часто у пациентов, жалующихся на головокружение, в большинстве случаев диагностируют синдром позвоночной артерии при остеохондрозе шейного отдела позвоночника или болезнь Меньера. Одним из важных направлений отоневрологии является выявление конкретных этиологических факторов и клинической симптоматики.

В диагностике головокружений в соответствии с обычным клиническим алгоритмом диагностики основную роль в обследовании играет анализ жалоб и анамнеза заболевания. В последующем осмотр невролога, который включает в себя набор клинических проб и тестов, основной целью данных обследований является определение уровня поражения вестибулярной системы.

Достижения в отоневрологии растут с каждым днем, важно помнить, что отоневрологический осмотр должен проводиться при первичном осмотре в амбулаторных условиях и не требует сложного диагностического оборудования. По нашему мнению, отоневрологический осмотр при первичном приеме у врача общей практики должен включать: оценку наклона головы и положения при взгляде прямо, оценить наличие и характер нистагма, глазодвигательные реакции, проведение провокационных, статокординаторных и статокинетических проб, а также исследование слуховой функции.

Диагноз ВН – часто не ставится в связи с незнанием, может проявляться внезапным системным головокружением, очень редко могут быть тошнота, рвота, неустойчивость при ходьбе, и сопровождается периферическим нистагмом, который направляется в сторону здорового лабиринта, и осциллопсией. Осциллопсию при одностороннем

повреждении вестибулоокулярного рефлекса можно объяснять тем, что при быстрых движениях головы в пораженную сторону пациент не может с обычной скоростью совершать рефлекторные компенсаторные движения глаз в противоположную сторону [3]. При стойком поражении лабиринта без восстановления афферентации и нарушение динамической остроты зрения сохраняются длительное время и без специальной вестибулярной реабилитации приводят к хронической декомпенсированной вестибулопатии. ВН – часто может протекать, как мигрень, болезнь Меньера, острые нарушения мозгового кровообращения. По исследованиям многих отоневрологов, ВН очень редко встречается и часто вызывает затруднения в диагностике у врачей разных специальностей. Чтобы точно поставить диагноз ВН, необходимо четко знать особенности течения клинической картины, дифференциальной диагностики с другими схожими заболеваниями. Учитывая низкую осведомленность о данной патологии врачей разных специальностей, диагностические ошибки и ошибки в лечении, к сожалению, встречаются часто. ВН занимает одно из первых мест среди часто встречающихся вестибулопатий периферического генеза и характеризуется острым длительным приступом головокружения. На первом месте доброкачественное пароксизмальное позиционное головокружение (ДППГ), на втором месте болезнь Меньера (БМ). Встречаемость среди женщин и мужчин одинакова, наблюдается преимущественно в возрасте от 30 до 60 лет, но может также встречаться в любом возрасте [4]. Вестибулярный нейронит начинается остро, чаще всего после пробуждения утром у пациента возникает сильное головокружение и продолжается от нескольких дней до нескольких недель. Интенсивность головокружения разная и может сопровождаться осциллопсией, тошнотой, рвотой и отклонением в одну сторону. Во время приступов головокружений больные сильно напуганы.

Хронический гнойный средний отит (ХГСО) является часто встречающейся патологией среднего уха среди всех ЛОР-органов и занимает второе место среди заболеваний верхних дыхательных путей. По данным разных исследований авторов, до 63% случаев ХГСО может сопровождаться холестеатомой. В связи с этим одной из основных проблем отиатрии является своевременная диагностика и правильный подбор метода лечения ХГСО, который может сопровождаться таким осложнением, как холестеатома [5]. Холестеатома имеет белесоватый цвет, образована

ороговевающим эпителием, периматриксом, имеет периматрикс. Периматрикс плотно прилегает к кости и часто врастает в нее. Деструктивная способность ее обусловлена ферментативной активностью периматрикса и пассивным ростом. Процесс роста может продолжаться годами, при этом образуя опухолевидное образование разных размеров [6]. Большие размеры холестеатомы могут заполнять аттик и антрум и может разрушить окружающую кость своим давлением и кариесом. До сегодняшнего дня диагностика холестеатомы представляет некие трудности. Одними из важных методов диагностики холестеатомы в течение длительного времени можно считать отоскопию (отомикроскопия) и рентгенологические методы (рентгенография и компьютерная томография). Компьютерная томография часто позволяет лучше диагностировать наличие холестеатомы в полости среднего уха, чем рентгенография, однако степень достоверности данной диагностики остается невысокой, так как плотность холестеатомы практически соответствует плотности грануляционной ткани.

Этиопатогенетическим фактором вестибулярного нейронита в большинстве случаев служит вирусная инфекция. Учитывая тот момент, что вестибулярный нейронит чаще всего развивается после перенесенных вирусных заболеваний, наш случай можно считать редким, так как у пациентки вирусных инфекций не было [7]. По некоторым данным, имеет значение и ишемический компонент вследствие нарушений кровообращения в нерве при его отеке. Вовлечение вертикальных полукружных каналов и отолитового аппарата обуславливает появление небольшого ротаторного компонента нистагама и возникновение иллюзии смещения туловища, приводящей к отклонению в сторону поражения.

Механизм образования холестеатомы связан с врастанием эпидермиса кожи наружного слухового прохода в полости среднего уха на его костные стенки. Эпидермальный слой постоянно нарастает и отторгается, наслаиваясь друг на друга, скапливается в барабанной полости, образуя опухолевидное образование [8].

Цель исследования: на данном клиническом случае рассмотреть особенности течения заболеваний периферической вестибулярной системы и патологии среднего уха.

Материалы и методы исследования

Больной Г., 30 лет, с приобретенной холестеатомой и вестибулярным нейронитом, проводились: операция по поводу удаления холестеатомы, компьютерная то-

мография височных костей, МРТ головного мозга (с целью исключения иного генеза головокружения).

Результаты исследования и их обсуждение

В данной статье представлен редкий случай у больной с хроническим эпитимпанитом и приобретенной холестеатомой среднего уха, сопровождающейся вестибулярным нейронитом. Проведен ретроспективный анализ истории болезни больной (№ 2631). До операции больная прошла ряд стандартных общеклинических, оториноларингологических и радиологических исследований, в том числе компьютерную томографию височных костей. Операция выполнялась под контролем операционного микроскопа с помощью нейролептоанальгезии, операционный доступ – через заушный разрез. Послеоперационный период включал отомикроскопию, аудиологическое тестирование, МСКТ височных костей.

В послеоперационном периоде у больной появились острые приступы стойкого системного головокружения, которые длились от нескольких суток до нескольких недель. У больной иногда отмечались легкие приступы кратковременного головокружения, они проходили самостоятельно без каких-либо последствий. У пациентки нередко наблюдались неустойчивость, шаткость походки, отклонение при ходьбе в сторону правого лабиринта.

Из анамнеза: со слов больной, болеет в течение длительного времени (3 года), в 2015 г. был эпизод сильных ушных болей с последующим гнойным выделением из правого уха. Обратилась к ЛОР-врачу по месту жительства, назначено лечение, которое дало временное улучшение состояния. В последующем вышеперечисленные жалобы повторялись неоднократно. В связи с чем обратилась к отоларингу.

При осмотре у больной спонтанный горизонтальный нистагм с ротаторным компонентом влево. Учитывая, что у больной было снижение слуха справа, было заподозрено поражение справа. Отмечалось нарушение вестибулоокулярного рефлекса при повороте головы вправо, также нарушается фиксация взора при повороте головы в правую сторону, и глазные яблоки перемещаются вместе с головой. При наблюдении за походкой пациента и в позе Ромберга отмечалось отклонение в правую сторону, при выполнении данных проб с закрытыми глазами отклонение становится более очевидным.

Неблагоприятный морфологический результат в виде рецидива холестеатомы наблюдался через 2 года после операции.

Диагноз выставлен на основании сбора жалоб и анамнеза. Была проведена оценка вестибулоспинального рефлекса и наличия мозжечковой атаксии: проба Ромберга, маршевая проба и т.д. При проведении вышеперечисленных тестов (табл. 1, 2) будет выявляться тенденция к отклонению туловища или конечностей (промахивание пальцем) в сторону левого лабиринта.

Помимо данных тестов, необходимо провести тесты на глазодвигательные реакции.

Таблица 1

Тесты на глазодвигательные реакции

Оценка наклона головы и положения глаз при взгляде прямо	
Спонтанный нистагм	Нет
Саккады	Нет
Плавное слежение	Отставание справа
ВОР (вестибулоокулярный рефлекс)	Нистагм – вправо
Тест встряхивания головы	Да
Позиционные тесты	Отрицательные

Таблица 2

СтатокINETические и статокординаторные тесты

Проба Ромберга	Отклонения вправо
Указательные пробы	Нарушений нет
Маршевая проба	Отклонение вправо
Исследование слуха	Снижение слуха справа
Тест Вебера	Укорочен справа
Тест Ринне	Отрицательный

Осмотр невропатолога от 31.07.2018 г.: лабиринтопатия с вестибуло-атаксическим синдромом.

МРТ головного мозга от 01.08.2018 г.: состояние после операции. МРТ-картина единичных очагов глиоза белого вещества обоих полушарий мозга, вероятнее, сосудистого генеза. Расширенные периваскулярные пространства. Холестеатома? правой височной кости.

РЭГ от 31.07.2018 г.: сонографически значимого смещения М-эха не выявлено. Сонографических данных, указывающих на смещение срединных структур головного мозга, не выявлено. Признаки внутричерепной гипертензии.

КТ-исследование височных костей от 03.07.2017 г. РКТ-данные за хронический правосторонний мастоидит, с явлениями остеолитической остеодеструкции внутренней части пирамиды височной кости.

КТ-исследование височных костей от 08.06.2018 г. КТ-данные за состояние после трепанации сосцевидного отростка

правой височной кости, признаки продолженного роста холестеатомы.

Аудиограмма от 03.07.2017 г. Адгезивно-рубцовый средний отит с обеих сторон. Смешанная тугоухость 1 степени слева, 4 степени справа.

Учитывая полученные результаты обследований, можно сказать, что сочетание вестибулярного нейронита и холестеатомы является очень редким сочетанием. На контрольном осмотре в послеоперационном периоде и на МСКТ височных костей от 15.06.2019 г. данных за наличие холестеатомы нет.

Приступы острого головокружения исчезли после физической реабилитации, после комплекса специальных физических упражнений, направленных на формирование полноценных стратегий компенсации вестибулярных нарушений.

Выводы

Таким образом, данный клинический случай можно считать редким среди ЛОР-патологий, который также в большинстве случаев можно принимать за любое другое заболевание вестибулярной системы и среднего уха. На сегодняшний день существует серьезная проблема, связанная с поздней диагностикой головокружений, причинами которой могут быть неправильная постановка диагноза и недоступность оборудования). Необходимо внедрение в повседневную практику отоневрологического, аудиологического исследований, а также методов нейровизуализации, в первую очередь МРТ с контрастным усилением сигнала у всех пациентов с односторонним снижением слуха. Необходимо проведение тематических лекций, семинаров, мастер-классов, посвященных проблеме головокружений, предназначенных для практических врачей широкого профиля: оториноларингологов, неврологов, терапевтов.

Список литературы

1. Бабияк В.И., Накатис Я.А., Пашинин А.Н. Основы отоневрологии. Руководство для врачей. 2015. С. 720.
2. Пальчун В.Т., Гусева А.Л., Чистов С.Д. Отоневрологическое обследование пациента с головокружением // Вестник оториноларингологии. 2015. № 5. С. 60–65.
3. Бронштейн А., Лемперт Т. Головокружение. Перевод с англ. Гузь Е.В. / Под ред. В.А. Парфенова 2010. С. 216.
4. Бертон М.Д. Головокружение: особенности диагностики и лечения // Лечащий врач. 1999. № 4. С. 58–60.
5. Насыров В.А., Изаева Т.А., Исламов И.М. Диагностика кохлеарных и вестибулярных расстройств. Бишкек, 2014. С. 87.
6. Насыров В.А., Изаева Т.А. Дифференциальная диагностика головокружения в оториноларингологии. М.: Учебное пособие, 2019. С. 16.
7. Косяков С.Я. Головокружение (путеводитель амбулаторного врача): учебное пособие. М., 2015. С. 42.
8. Лиленко С.В., Зайцева О.В., Кириченко И.М., Морозова С.В. Головокружение (периферическое). Клинические рекомендации. Москва – Санкт-Петербург, 2014. С. 21.

ОБЗОРЫ

УДК 618.14-002.2

**ХРОНИЧЕСКИЙ ЭНДОМЕТРИТ:
ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЗВЕНЬЕВ ИММУНИТЕТА****Оздоева И.М.-Б., Петров Ю.А.***ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: fortis.petrov@gmail.com*

В данной статье представлены современные данные о состоянии иммунной системы у женщин с патологией, занимающей лидирующее место среди воспалительных заболеваний органов малого таза и гинекологических болезней – хроническим эндометритом. Частота встречаемости данной патологии варьирует от 0,2–66,3%. Наиболее часто у женщин в пределах 25–40 лет. Нередко исходом становится спаечный процесс, бесплодие, невынашивание беременности. Показано, что факторы патогенности микроорганизмов, а именно их токсины, способствуют, помимо деструктивных изменений, понижению фагоцитарной активности лейкоцитов, что является определяющим моментом в возникновении вялых форм и фагоцитоза полиморфно-ядерными лейкоцитами по типу незавершенной реакции. В статье изложены современные данные о неустойчивости реакций иммунитета в зависимости от морфологического вида хронического эндометрита. Выяснено, что при гиперпластическом типе имеет место наиболее сильная «угнетенность» иммунного ответа. Это связано со снижением всех фракций клеточного иммунитета. Установлено также, что при смешанном типе хронического эндометрита гиперреактивность системы иммунитета связана с активностью участников лейкоцитарного звена. Доказано, что мозаичность иммунологического ответа при гипопластическом варианте ХЭ образуется угнетением факторов гуморальной защиты.

Ключевые слова: эндометрий, хронический эндометрит, репродуктивные нарушения, иммунная система, невынашивание беременности, заболевания органов малого таза

CHRONIC ENDOMETRITIS: CHANGES IN THE MAIN LINKS OF IMMUNITY**Ozdоеva I.M.-B., Petrov Yu.A.***Rostov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Rostov-on-Don, e-mail: fortis.petrov@gmail.com*

This article presents current data on the state of the immune system in women with pathology, which occupies a leading place among inflammatory diseases of the pelvic organs and gynecological diseases-chronic endometritis. The incidence of this pathology varies from 0.2-66.3%. Most often, in women between 25-40 years. Often the outcome is adhesive process, infertility, miscarriage. It is shown, that the pathogenicity factors of microorganisms, namely their toxins contribute to the reduction of phagocytic activity of leukocytes in addition to destructive changes, which is the defining moment in the occurrence of sluggish forms and phagocytosis of polymorphic nuclear leukocytes by the type of incomplete reaction. The article presents modern data on the instability of immune responses depending on the morphological type of chronic endometritis. It was found that the hyperplastic type has the most severe «oppression» of the immune response. This is due to the reduction of all fractions of cellular immunity. It was, also found, that in the mixed type of chronic endometritis, hyperreactivity of the immune system is associated with the activity of participants of the leukocyte link. It is proved, that the mosaic of the immunological response in the hypoplastic variant of HE mosaic of the immunological response is formed by inhibition of humoral protection factors.

Keywords: endometrium, chronic endometritis, reproductive disorders, immune system, miscarriage, pelvis diseases

Хронический эндометрит стоит на первом месте среди воспалительных заболеваний органов малого таза и всех гинекологических болезней [1]. Он является самым частым фактором гнойно-септической гинекологической патологии. Повышение случаев патологических изменений в эндометрии у женщин детородного возраста подчеркнуло много исследователей [2]. Частота встречаемости его колеблется от 0,4 до 67,2%. Чаще всего эта патология встречается в возрасте 25–40 лет. Часто исходом этого заболевания становится спаечный процесс, невынашивание беременности, бесплодие. Последнее у женщин с хроническим эндометритом выявляется

в 65%. В качестве одного из факторов невынашивания беременности хронический эндометрит в 75% всех случаев проявляется расстройствами гемодинамики в маточных сосудах и сосудистом бассейне малого таза. Более чем у 60% женщин, имеющих неудачи в плане экстракорпорального оплодотворения, в анамнезе присутствует хронический эндометрит. Основой патогенеза данного патологического состояния является инфекционный процесс, который обычно возникает восходящим путем из цервикального канала [2].

Цель исследования: анализ литературы, посвященный иммунным аспектам хронического эндометрита.

Любая патология эндометрия может привести к появлению разнообразных нарушений со стороны репродуктивной системы женщины, но чаще остальных патологий этому способствует хронический эндометрит. Подходящими и довольно благоприятными условиями для роста и развития микроорганизмов является поврежденный эндометрий (кровяные сгустки, некротические процессы в тканях, фибриновые нити). Перечисленные условия определяют адгезию и пенетрацию микроорганизмов в ткань матки. Но аналогично поведению любого органа, подвергшегося повреждению, происходит активация лимфоидной ткани, которая будет стараться ограничить и минимизировать воспалительный процесс. Есть две стороны этого процесса. Первая – условно-патогенные микроорганизмы со своими низкоиммуногенными качествами имеют способность уклоняться от контролирования системы иммунитета. Другая – высокая степень распространения облигатных микроорганизмов создает условия для осуществления их патогенности [1].

Существует большое количество факторов риска возникновения хронического эндометрита. В числе значительных выделяют осуществление разнообразных видов манипуляций в полости матки. Искусственное прерывание беременности [3], выскабливание стенок маточной полости, внутриматочная контрацепция [4–6], биопсия эндометрия, гистероскопия, гистеросальпингография, гидросонография, внутриматочная инсеминация, экстракорпоральное оплодотворение – в 90–96% случаев могут способствовать возникновению хронического эндометрита [7].

Многие системы организма своей эффективной деятельностью участвуют в осуществлении нормального состояния и функционирования репродуктивной системы. Но решающее значение в этом принадлежит иммунной системе. Стимуляция роста и дифференцировки тканей плода происходит под влиянием гуморальных факторов иммунитета, когда цитокины начинают вырабатываться и вовлекаются в плаценту под влиянием Т-лимфоцитов и изоантител. Это происходит в случае неосложненной беременности, когда процессы имплантации, сама беременность и развитие плода в нормальном состоянии [8; 9].

В совокупности все неблагоприятные факторы способствуют превращению иммунной системы в предмет поражения. Ослабление и нарушение функций фагоцитарной системы и специфического иммунного ответа, в большей степени образования антител, объясняет неполную или полную не-

достаточность, при которой функциональная активность исключена [10].

Возникновению целого ряда сложных последовательных реакций способствует воспалительный процесс в совокупности с местными симптомами, приводящими к вовлечению важнейших защитных – регуляторных систем организма. Ведущим патогенетическим звеном хронического эндометрита считают неуравновешенность иммунной и гормональной систем с представителями микробиоценоза – патогенами [7].

Тем временем восприимчивость организма к инфекционным заболеваниям – вирусной и бактериальной этиологии, увеличивает изменения иммунного статуса, в частности состояние иммуносупрессии. Все это способствует процессам активации инфекции, воспаление переходит в хроническую форму, и в конечном результате появляются аутоиммунные нарушения.

Изучению проблем хронического эндометрита посвящено довольно большое число исследований, но, невзирая на это, неконкретными и неточными остаются результаты всех этих исследований [11].

Роль микробного фактора в этиологии острого эндометрита является общепризнанным фактом. Но тем не менее спорным считается его значение в продолжении процессов воспаления. Низковирулентные штаммы микроорганизмов характеризуются длительным пребыванием в слизистой оболочке с отсутствием симптомов, агрессивным же микроорганизмам характерна активация местных иммунопатологических процессов. Считают, что пусковым фактором, поддерживающим воспалительные процессы, а также причиной непрерывного антигенного раздражения являются инфекции. Существенная роль в поддержании иммунодефицитных состояний принадлежит хронической инфекции вирусного генеза урогенитального тракта [12].

К разрушению барьеров местной защиты и колонизации отделов мочеполового тракта приводят: экзо- и эндогенные токсические факторы, адгезины, гемолизины, энзимы. Взаимосвязь подавления местной иммунной реактивности с изменениями микроциноза влажной биотопы, в частности: снижение количества лактобацилл, которые обладают иммунопротекторным влиянием, и увеличение факультативных и облигатных анаэробов – наблюдается у 45% женщин. Для того чтобы распознать инфекцию, требуется активация провоспалительных цитокинов, хемокинов и простагландинов, локальный синтез иммуноглобулинов G и A, повышается антигенспецифический иммунитет [13].

Прошло не так много времени с тех пор, как значению системы иммунитета в возникновении воспалительных механизмов органов репродукции стали придавать большое значение. Недостаточно изученными остаются и некоторые моменты изменений, происходящих со стороны иммунитета. Исследование изменений, свидетельствующих о расстройстве гомеостаза, в частности о патологической активации механизмов иммунитета, состояния иммунодефицита организма, дали возможность улучшить иммунодиагностику хронического эндометрита.

Обострение хронических воспалительных заболеваний сопровождается изменением числа лейкоцитов: может быть как увеличение, так и снижение, уменьшается фагоцитарная активность макрофагов. Это зависит также от длительности и степени тяжести протекания хронического эндометрита. К появлению симптомов атипичного воспаления приводят последовательный ряд изменений на разных уровнях иммунной системы, повышенная вирулентность и огромное количество инфектов [14].

Есть сведения о том, что факторы вирулентности микроорганизмов не только разрушают лейкоцитарные клетки, но также способствуют и снижению их функциональной деятельности, чем можно объяснить появление неактивных гранулоцитов и фагоцитоз ими по незавершенному механизму [15].

Ключевым моментом для более глубокого изучения роли расстройств и изменений иммунитета в этиологии нарушения репродуктивной системы и репродуктивных потерь при хроническом эндометрите стала мысль о снижении реакций компенсации и защиты, расстройства механизма восстановления тканей и нормального течения гестационного периода в связи с недостаточностью иммунитета. В патогенезе хронического эндометрита участвуют также TLR-рецепторы 4 типа. Они представляют собой сигнальные трансдукторы первичного ответа системы иммунитета, реагирующего на вторжение патогенов. Установлено, что эти рецепторы содержатся в увеличенном количестве в клетках маточного эндометрия и тем самым могут являться важнейшим компонентом между хроническим эндометритом и иммунной системой. Также было выяснено, что активации данных рецепторов как ответная реакция на вторжение патогенных факторов может способствовать экспрессия молекул MyD88, TRAF6, TAK1. TLR4-рецепторы оказывают провоспалительное действие путем активации NF- κ B, и таким образом смягчают его транскрипционную активность. Это дает

подумать о том, что TLR4-зависимая NF- κ B активация благоприятствует изменениям воспалительного характера на фоне хронического эндометрита [16; 17].

Связь репродуктивных потерь и нарушений механизмов иммунорегуляции (цитокины) – делает понятным интерес к неустойчивости большинства цитокинов в группах с потерями беременности на начальном этапе при хроническом эндометрите. Являясь клеточными медиаторами и обеспечивая взаимодействие между клетками, цитокины участвуют в регуляции иммунных реакций, в ремоделировании сосудов и инвазии трофобласта. В избыточном количестве они приводят к активации деятельности протромбиназы, способствуют тромбозам, инфарктам и отслойке трофобласта, а в дальнейшем и прерыванию беременности на начальном этапе. Но если этого не происходит формируется первичная недостаточность плаценты [18].

На данный момент есть исследования, которые делают акцент на значение прогестерона на сохранение беременности опосредованным действием на цитокины. При этом положительный его эффект связан с иммунологическим свойством системы T-хелперов 1/2 переключаться на синтез противовоспалительных цитокинов. Тому, что цитокины из группы «опасного профиля» начинают активироваться, благоприятствует мощная воспалительная реакция с длительной персистенцией инфекционных агентов. Необходимость и информативность выяснения числа ФНО-альфа, ИЛ-1, ИЛ-6 и ИЛ-8 доказана при хронических воспалительных заболеваниях органов малого таза. При этом количество интерлейкина-6 согласовано в довольно большой степени с численностью лейкоцитов, нейтрофилов, С-реактивного белка. Была предложена оценка интерлейкина-6 в сочетании с ФНО-альфа, учитывая тот момент, что число ИЛ-6 согласовано с численностью СРБ, нейтрофилов и лейкоцитов. Такой способ оценки повышает диагностический потенциал выявления хронического эндометрита [19].

Изучению, исследованию вопросов изменения со стороны иммунной системы при хроническом эндометрите посвящено огромное количество работ. Но, вопреки этому, даже на сегодняшний день дискутабельным является вопрос о характеристике локального иммунитета эндометрия при поражении слизистой оболочки матки факторами инфекционного типа [20].

Факт наличия в эндометрии, а также децидуальной ткани иммунокомпетентных клеток оправдан потребностью созда-

ния иммунной защиты от бактериальных и прочих патогенных факторов. Как уже известно, первая стадия процесса воспаления – медиаторная реакция. Вследствие этой реакции изменяется микроциркуляция, лейкоциты начинают движение в пораженную область, а нейтрофилы, в свою очередь, активизируют свою деятельность. Активируясь так же, как и нейтрофилы, макрофаги в поврежденной области начинают активно продуцировать цитокины и перекись водорода. Тем самым они запускают процесс перекисного окисления липидов и приводят к повреждению клеточных мембран [21; 22].

Местные изменения иммунитета при хроническом эндометрите имеют связь с внезапной активацией реакций гуморального и клеточного иммунитета. Эта активация осуществляется повышением патологической инфильтрации лейкоцитов в эндометрии, числа Т-лимфоцитов, макрофагов, НК-клеток, внезапным увеличением уровня иммуноглобулинов М, А, G. Все это может привести к прерыванию беременности из-за нарушения процессов плацентации, инвазии и формирования хориона [23].

Совокупность всех иммунологических изменений, происходящих в эндометрии, а это и проникновение лимфоцитов в ткани, и неравномерное соотношение различных групп цитокинов – клеточных медиаторов белковой природы, может как самостоятельный фактор привести к нарушениям таких важных процессов, как внедрение, плацентация, инвазия, формирование хориона, и, став этиологическим фактором, привести к бесплодию и невынашиванию беременности. Продолжительное стимулирование системы иммунитета способствует ее функциональной перегруженности, ослаблению и появлению аутоиммунных реакций, которые приводят к еще большему повреждению ткани [24].

Длительное влияние противовоспалительных цитокинов не заканчивается повреждением эндометрия, но также приводит к повреждению слизистой оболочки маточных труб и способствует нарушению их эпителиальной функции. Процесс принимает постоянно нарастающий, усиливающийся и волнообразный характер. Проникновение лейкоцитов в эндометрий сочетается с увеличением уровня провоспалительной группы лимфоцитов, аутоантител к собственным тканям из-за изменения антигенной клеточной структуры, которые инфицированы. Михнина с соавторами обнаружили в крови женщин с данным заболеванием антитела к антигену клеток эндометрия, используя фракцию клеток стромы

слизистой оболочки матки, но небольшая взаимосвязь их концентрации с количеством антихламидийных антител группы G и количеством фактора некроза опухоли альфа в сыворотке не выражала активности воспалительных реакций [25].

В зависимости от морфологического типа хронического эндометрита существуют сведения об изменчивости реакций иммунитета. Самая большая «угнетенность» иммунного ответа наблюдается при гиперпластическом типе хронического эндометрита из-за понижения всех фракций клеточного иммунитета. В этом числе и снижение rFAS-CD95+ лимфоцитов, лейкопенического профиля – снижение образования лимфоцитов и моноцитов, бактерицидной активности лейкоцитов. Положительные результаты молекулярной диагностики (тест ПЦР) определяют микробную персистенцию, которая усугубляет иммунодефицитное состояние. При других вариантах хронического эндометрита ситуация иммунологически контрастна. Гиперреактивность иммунной системы при смешанном типе хронического эндометрита определяется активностью участников лейкоцитарного звена: фагоцитарной активности моноцитов, гуморальных факторов (иммуноглобулин М), кластерной линии CD3+, CD4+, CD16+, спонтанного НСТ-теста. Мозаичность иммунологического ответа при гипопластическом варианте хронического эндометрита образуется понижением функциональной активности факторов гуморальной защиты (иммуноглобулины М и А), натуральных киллеров и микробицидной функции нейтрофилов одновременно с проапоптической направленностью изменений. Отражение характера иммунологического ответа определяет возможность дифференцированного выбора реабилитационных мероприятий в группах с прерыванием беременности на раннем сроке [26].

Вопреки своей большой распространенности хронический эндометрит остается неизвестной и не до конца изученной проблемой современной гинекологии. Довольно высокая частота встречаемости хронического эндометрита позволяет опровергнуть причастность этого заболевания к группе банальных. Улучшение методов диагностики и лечения хронических воспалительных заболеваний органов малого таза выступает важнейшим действием в решении такой проблемы, как повышение качества репродуктивного здоровья женщин. Учитывая это, взаимосвязь хронического эндометрита с невынашиванием беременности делает очень актуальной проблему воспалительных процессов в матке [27].

Неблагоприятный прогноз протекания хронического эндометрита делает понятной трудность диагностических и лечебных мероприятий, что связано с недостаточными способностями микробиологических методов диагностики, отсутствием бактериального фактора или персистенцией условно-патогенных микроорганизмов в органах, которые повреждены, малой коррекцией иммунорезистентности вне установленных расстройств, а также отсутствием данных о гистероскопических и патоморфологических формах и благовременных шагов, способных предупредить это заболевание [28].

Заключение

Таким образом, подводя итоги, можем сказать, что хронический эндометрит у женщин с репродуктивными расстройствами ассоциирован с вторичными иммунодефицитными состояниями с супрессорной активностью Т-лимфоцитов, понижением микробицидной активности крови, значительным подавлением гуморального звена иммунной системы. Репродуктивные расстройства сопровождаются понижением противоинфекционной защиты организма женщины.

Список литературы

1. Плясунова М.П., Хлыбова С.В. Хронический эндометрит как одна из актуальных проблем современной гинекологии // Вятский медицинский вестник. 2013. № 2. С. 18–29.
2. Радзинский В.Е., Петров Ю.А., Полина М.Л. Хронический эндометрит: Современные аспекты // Кубанский научный медицинский вестник. 2017. Т. 24. № 5. С. 69–74.
3. Петров Ю.А. Специфика репродуктивного и контрацептивного поведения студентов медицинского университета // Валеология. 2016. № 2. С. 31–34.
4. Petrov I.A., Kovaleva E.A. Proliferative mucosal changes of the cirpus and cervix uteri in women using intrauterine contraceptives // Вопросы онкологии. 1986. Т. 32. С. 49.
5. Петров Ю.А. Воздействие продолжительной внутриматочной контрацепции на эндометрий // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25101> (дата обращения: 09.03.2020).
6. Петров Ю.А. Оценка онкологического риска внутриматочной контрацепции на основе цитологических исследований эндометрия // Вопросы онкологии. 1985. № 12. С. 53.
7. Базина М.И., Сыромятникова С.А., Егорова А.Т., Кириченко А.К. Иммуноморфологические особенности эндометрия у женщин с нарушением репродуктивной функции // Сибирское медицинское обозрение. 2013. Т. 2. С. 62–71.
8. Цаллагова Л.В., Кабулова И.В., Золоева И.А. Роль хронического эндометрита в генезе бесплодия // Кубанский научный медицинский вестник. 2014. № 4 (146). С. 131–137.
9. Петров Ю.А. Оценка адаптационного и иммунного резерва женщин с хроническим эндометритом в зависимости от объема реабилитационной терапии // Валеология. 2016. № 2. С. 35–39.
10. Петров Ю.А. Роль иммунных нарушений в генезе хронического эндометрита // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2011. № 6. С. 282.
11. Данусевич И.Н., Батунова Е.В., Неронова Н.А. Нарушения микробиоценоза влагалища у женщин с хроническим эндометритом и репродуктивной патологией // Сибирский медицинский журнал. 2012. № 2. С. 96–99.
12. Фэн И., Сидорова И.С., Станоевич И.В., Унанян А.Л., Кудрина Е.А. Сочетание гиперпластических процессов эндометрия с хроническим эндометритом // Акушерство, гинекология и репродукция. 2012. № 1 (6). С. 31–39.
13. Данусевич И.Н., Козлова Л.С., Сутурина Л.В., Ильин В.П., Бекетова И.С. Состояние основных звеньев иммунной системы у женщин с нарушениями на фоне хронического эндометрита и при его отсутствии // Acta Biomedica Scientifica. 2012. № 3 (85). С. 72–76.
14. Котиков А.Р., Хоржевский В.А. Хронический эндометрит и нарушение репродукции // Сибирское медицинское обозрение. 2005. № 1 (4). С. 23–27.
15. Пестрикова Т.В., Ткаченко В.А. Роль хронического эндометрита в развитии синдрома задержки плода // Дальневосточный медицинский журнал. 2009. № 3 (5). С. 45–49.
16. Овчарук Э.А. Хронический аутоиммунный эндометрит как одна из главных причин нарушения репродуктивной функции // Вестник новых медицинских технологий. 2013. № 1. С. 224–229.
17. Унанян А.Л., Сидорова И.С., Аракелов С.Э., Полонская Л.С., Коссович Ю.М., Кадырова А.Э., Бабурин Д.В. Хронический цервицит и хронический эндометрит: Общие аспекты патогенеза и патогенетической терапии // Медицинский совет. 2014. № 2 (4). С. 88.
18. Кузнецова И.В. Хронический эндометрит – влияние на репродуктивную функцию // Здоровье женщины. 2012. № 8 (74). С. 22.
19. Казачкова Э.А., Хелашвили И.Г., Казачков Е.Л., Воропаева Е.Е., Мирошниченко Л.Е. Хронический эндометрит: Клинико-морфологическая характеристика и особенности рецептивности эндометрия // Уральский медицинский журнал. 2014. № 4 (118). С. 47–52.
20. Мальцева Л.И., Смолина Г.Р., Юпатов Е.Ю. Хронический эндометрит и тазовая боль // Акушерство, гинекология и репродукция. 2012. № 3 (6). С. 21–27.
21. Манухин И.Б., Семенова Н.А., Митрофанова Ю.Ю. Хронический эндометрит и невынашивание беременности // Медицинский совет. 2018. № 7. С. 45–49.
22. Петров Ю.А. Аспекты микробиологической и иммунной диагностики хронического эндометрита // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 4. С. 9.
23. Айрапетов Д.Ю., Побединская О.С., Ордианц И.М. Хронический эндометрит в генезе невынашивания беременности // Мать и дитя в Кузбассе. 2012. № 1 (4). С. 77–81.
24. Козырева Е.В., Давидян Л.Ю., Кометова В.В. Хронический эндометрит в аспекте бесплодия и невынашивания беременности // Ульяновский медико-биологический журнал. 2017. № 2. С. 56–63.
25. Фадеева Н.И., Скоропадская О.А., Левченко И.М. Прегравидарная подготовка пациенток с хроническим эндометритом и ее эффективность // Мать и дитя в Кузбассе. 2017. № 1 (68). С. 24–28.
26. Марченко Л.А., Чернуха Г.Е., Якушевская О.В. Клинические и микробиологические аспекты хронического эндометрита у женщин репродуктивного возраста // Антибиотики и химиотерапия. 2016. № 2. С. 45–52.
27. Лызикова Ю.А. Выбор тактики лечения хронического эндометрита на основании иммуногистохимического и микробиологического исследований эндометрия // Вестник смоленской государственной медицинской академии. 2019. Т. 18. № 2. С. 122–127.
28. Плясунова М.П., Хлыбова С.В., Рева Н.Л. Эффекты комплексной физиотерапии при хроническом эндометрите: ультразвуковая и доплерометрическая оценка // Медицинский альманах. 2013. № 6 (30). С. 76–81.

УДК 618.14-006.36

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЖЕНЩИН С МИОМОЙ МАТКИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ

Третьякова Н.В., Кармышев А.О., Рыскельдиева В.Т.

*Киргизский научный центр репродукции человека при МЗ Киргизской Республики, Бишкек,
e-mail: nafiska555@mail.ru, azat.ok@rambler.ru, vikaryskeldieva@gmail.ru*

Предметом настоящего исследования явилось качество жизни пациентов с миомой матки после примененных различных методов лечения. Современная терапия самой распространенной в гинекологии доброкачественной опухоли – миомы матки, направлена на сохранение органа у женщин всех возрастных групп, но особенно у женщин репродуктивного возраста. Успехи органосохраняющего лечения достигли уже значительных результатов, несмотря на отсутствие окончательных знаний о причине заболевания и разноречивые взгляды исследователей на его патогенез. На сегодняшний день имеется широкий арсенал методов терапии миомы, от простой лапаротомии до высокочастотной фокусированной ультразвуковой хирургии под контролем МРТ, и у каждого метода есть свои плюсы и минусы. По мнению исследователей последнего десятилетия, ценным инструментом в лечении миомы может стать оценка удовлетворенности пациента примененным лечением (качество жизни), так как на субъективном восприятии окружающей среды базируются физические, психологические, эмоциональные и социальные характеристики функционирования человека. Анализ данных современных литературных источников позволяет с уверенностью называть качество жизни пациенток с миомой матки одним из основных инструментов для оценки эффективности лечения и предложить использовать желание женщины в качестве одного из основных показаний к тому или иному методу терапии заболевания при условии ее полной осведомленности и понимания ситуации.

Ключевые слова: качество жизни, миома матки, эффективность лечения, UFS-QOL вопросник

QUALITY OF LIFE OF WOMEN WITH UTERINE FIBROIDS AS AN INDICATOR OF TREATMENT EFFECTIVENESS

Tretyakova N.V., Karmyshev A.O., Ryskeldieva V.T.

Kyrgyz Research Center for Human Reproduction under the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic (KNCR) Bishkek, e-mail: nafiska555@mail.ru, azat.ok@rambler.ru, vikaryskeldieva@gmail.com

The subject of this study was the quality of life of patients with uterine myoma after various treatment methods were applied. Modern therapy for the most common benign tumor in gynecology, uterine fibroids, is aimed at preserving the organ in women of all age groups, but especially in women of reproductive age. The success of organ-preserving treatment has already achieved significant results, despite the lack of final knowledge about the cause of the disease and the contradictory views of researchers on its pathogenesis. Today, there is a wide arsenal of methods for the treatment of fibroids and each method has its pros and cons. According to researchers of the last decade, an assessment of patient satisfaction with the applied method of therapy (quality of life) can become a valuable tool in the treatment of fibroids, since the physical, psychological, emotional and social characteristics of a person's functioning are based on the subjective perception of the environment. An analysis of the data of modern literature allows us to confidently call the quality of life of patients with uterine fibroids one of the main tools for assessing the effectiveness of treatment and suggest using a woman's desire as one of the main indications for a particular method of treating a disease, provided she is fully knowledgeable and understanding of the situation.

Keywords: quality of life, uterine fibroids, treatment effectiveness, UFS-QOL questionnaire

Сегодня качество жизни используется для оценки категории «здоровье», которое является одним из основных ресурсов жизнедеятельности.

В медицинские исследования понятие качества жизни вошло сравнительно недавно, но многие авторы уже подчеркивают важность этого критерия как метода оценки эффективности оказываемой помощи [1], именно поэтому выделение его как основополагающего критерия в определении различий между здоровьем и болезнью является важным для практического здравоохранения. Определение качества жизни, связанного с наличием определенного заболевания, является более точным критерием, чем общее качество жизни, т.е. насколько

конкретная болезнь не позволяет пациенту жить так, как он хотел бы [1]. Проблемам качества жизни посвящается все больше работ при различных заболеваниях.

Что касается лейомиомы матки, то наличие даже доброкачественной опухоли не большого размера в теле человека, а тем более опухоли в матке молодой женщины, негативно влияет на качество ее жизни. По мнению авторов, миома матки представляет собой важную гинекологическую патологию, имеющую высокую распространенность с несомненным влиянием на качество жизни пациента [2; 3]. Иногда знание женщины даже о бессимптомной опухоли, находящейся в ее организме, негативно влияет на ее настроение и рабо-

тоспособность, не говоря уже о том периоде, когда появляются кровотечения, боли, бесплодие и т.д. Более половины пациентов отмечают снижение качества жизни. 42,9% женщин обращают внимание на отрицательные моменты сексуальной жизни, а 27,7% – на изменения в семейной жизни в целом [4]. Таким образом, спектр влияния опухоли на качество жизни велик, так как социальная активность женщины в репродуктивном и перименопаузальном возрастах достигает максимума [5].

Целью исследования явилось изучение и систематизация имеющихся литературных данных, посвященных оценке качества жизни женщин до и после применения того или иного метода лечения миомы матки для выбора в дальнейшем наиболее приемлемого метода с позиции пациента.

Качество жизни принято исследовать с помощью различных опросников и оценочных шкал. В настоящее время используются опросники: SF-36, UQOLS (Utian Quality of Life Scale), опросник качества жизни онкологических больных Европейской организации по исследованию и лечению рака (EORTC QLQ-C30), EQ-5D, SF-36, RAND-36, модифицированная шкала NHP (Nottingham Health Profile), NAIF (New Assessment and Information Form to Measure Quality of Life), MOS SF-36 (Medical Outcomes Study Short Form-36), UFS-QOL (Uterine Fibroid Symptom and Quality of Life questionnaire) и множество других.

Опросник UFS-QOL более детально и объективно оценивает качество жизни с учетом тяжести симптомов, активности пациентки, энергичности (настроение, контроль, стыдливость), сексуальной функции и обобщенного показателя качества жизни. По результатам исследования университета Джорджии (США), опросник UFS-QOL отмечен как полезный инструмент для определения различий в симптомах тяжести и качества жизни среди женщин с миомой матки [6]. По данным мультицентрового сравнительного проспективного исследования, именно вопросник UFS-QOL признан доступным и валидным методом для оценки эффективности различных методов лечения миомы, и его рекомендовано использовать [7].

По результатам проведенных исследований, у всех женщин, страдающих миомой матки, существенно снижено качество жизни [8; 9], а после применения любого вида лечения оно повышается [9; 10]. Таким образом, такие индикаторы, как степень повышения качества жизни и частота рецидивирования заболевания, могут служить оценкой преимуществ того или иного вида лечения.

Необходимо отметить работу, опубликованную российскими исследователями в 2013 г., в которой первостепенным фактором развития лейомиомы указано стрессовое состояние нервной системы женщины. По мнению авторов, темпы роста опухоли зависят от личностных характеристик пациентки, от ее стрессоустойчивости. В результате использования шкалы Бека, методики Айзенка, теста Сонди и личностного опросника Бехтеревского института быстрый темп роста миомы отмечен у женщин со стрессовым фактором (депрессия, высокий уровень тревожности и обсессивно-фобический уровень тревожности). Эмоциональная лабильность и тревожность вызывают спазм сосудов и гипоксию тканей, в том числе и в миоматозном узле, что и проявляется его быстрым ростом [11].

Кажется однозначным то, что после удаления матки, по сравнению с органосохраняющими методами лечения, качество жизни должно повышаться менее всего, так как сохранение или реабилитация репродуктивной функции позволяет женщине соотносить свое нервно-психическое состояние с представлениями о доступном качестве жизни. 30,0% гистерэктомий влекут за собой постгистерэктомиический синдром [12]. По результатам недавнего исследования, через три месяца после гистерэктомии и миомэктомии выявлены наилучшие показатели качества жизни у пациенток, перенесших миомэктомию [13].

Однако в действительности это не всегда так. Интересные результаты получены с помощью шкалы EORTC QLQ-C30 Version 3.0 о том, что после лигирования маточных артерий и после гистерэктомии не выявлено достоверных различий в послеоперационном качестве жизни [14]. В исследовании, сравнивающем качество жизни до и после гистерорезектоскопии и гистерэктомии, также не выявлено существенных различий [15]. Отсутствие достоверных различий в качестве жизни выявлено при сравнении гистерэктомии с эмболизацией маточных артерий и технологией MRgFUS [16; 17].

Наряду с исследованиями, сравнивающими качество жизни до и после радикальных и органосохраняющих оперативных вмешательств, имеются работы, сравнивающие качество жизни после различных видов органосохраняющих вмешательств.

Так, наибольшее количество исследований нами обнаружено по сравнению качества жизни до и после применения миомэктомии и эмболизации маточных артерий [9; 18; 19]. В исследовании Баширова Э.В. с соавт. анкетирование показало, что через 6 месяцев после вмешательства

качество жизни существенно повышалось после ЭМА на 50,9%, после миомэктомии – на 44,2%, причем существенное влияние на качество жизни оказывал курс реабилитации после любого вмешательства. После миомэктомии без курса реабилитации (иммунокоррекция, контрацептивы, профилактика спаечного процесса) качество жизни повысилось всего лишь на 36,7% [9]. Спиридонова Н.В. и Басина Е.И. также провели оценку показателей качества жизни у пациенток с миомой после миомэктомии и ЭМА [10]. По результатам их исследования получены аналогичные предыдущему исследованию выводы о том, что все лечебные мероприятия оказывают существенное положительное влияние на качество жизни, а в профессиональной и сексуальной сферах повышение качества жизни особенно выражено после применения ЭМА. Результаты работы Ситкина И.И. [20] свидетельствовали о том, что показатели качества жизни после ЭМА повышаются через 3 месяца на 44,0%, а Нужнов С.Г. [21] выявил значительное повышение качества жизни женщин после ЭМА в виде снижения частоты потери репродуктивного органа и повышения возможности реализации материнства уже с 1-го месяца после проведения процедуры. В то же время данные систематического обзора, опубликованные в 2016 г., свидетельствуют об отсутствии существенных различий в качестве жизни женщин после ЭМА и миомэктомии [17].

Исследование Акобировой С.А. и Камиловой М.Я., посвященное сравнению психоэмоциональных эффектов лапароскопической и лапаротомной миомэктомии, показало преимущества лапароскопического доступа перед лапаротомическим. В исследовании были использованы тест на тревожность Стилбергера-Ханина и опросник «Шкала Бека для оценки депрессии» [22]. Также, по мнению американских авторов, лапароскопическая техника миомэктомии имеет краткосрочный (через 6 месяцев) положительный эффект на постоперативное качество жизни женщин в перименопаузе [23].

Качество жизни после применения технологии MRgFUS было оценено американскими авторами в 2008 г. [24] и итальянскими в 2014 г. [25] через 1, 3, 6 месяцев после применения процедуры. По мнению авторов, техника улучшает качество жизни и последующую фертильность, так как она бережливая, малоинвазивная и может использоваться в качестве щадящего лечения.

В литературных источниках нами обнаружены единичные исследования по оценке качества жизни после применения медикаментозной терапии лейомиомы [26; 27].

В Кокрановском обзоре отмечено положительное влияние мифепристона на качество жизни. Этот препарат уменьшает объем кровотечений, но, к сожалению, не уменьшает размеров самой опухоли у женщин в перименопаузальном периоде [26]. Российские авторы, оценив качество жизни на фоне применения мифепристона по шкале ВАШ (визуально-аналоговая шкала), пришли к выводу о том, что мифепристон статистически значительно улучшает все показатели этой шкалы: менструальную кровопотерю, болевой синдром и, по данным ультразвукового исследования, объем миоматозных узлов [27]. По данным опросника SF-36 получены аналогичные данные в отношении моно- и комбинированного режима лечения мифепристомом [28].

В исследовании, посвященном эффектам гормоносодержащей спирали Мирена, проведенном индийскими исследователями, согласно 5-уровневному опроснику, отмечено существенное улучшение качества жизни женщин при субмукозной лейомиоме, из-за уменьшения кровотечений [29].

Нами обнаружено также несколько исследований, посвященных оценке качества жизни после применения селективных модуляторов прогестероновых рецепторов, в частности улипристала ацетата (УПА) [30–32]. В Кокрановском обзоре отмечен краткосрочный положительный эффект УПА в плане улучшения качества жизни [31], а по мнению российского автора Тихомирова А.Л., даже неоднократные курсы применения УПА существенно повышают качество жизни пациенток [32]. К аналогичным выводам пришли и Попов А.А., Мачанские О.В. и Мананникова Т.Н., назвав применение УПА потенциальной возможностью полностью избежать оперативного вмешательства [4]. О значительном улучшении качества жизни после применения улипристала ацетата свидетельствуют и Довлетханова Э.Р., Межевитинова Е.А. и Прилепская В.Н. [33].

Конечно, логично было предположить, что органосохраняющее лечение, безусловно, должно существенно улучшать качество жизни женщин репродуктивного возраста, давая возможность реализовать детородную функцию и сохранить менструальный цикл, хотя вся представленная информация еще раз наталкивает на мысль о целесообразности предоставления выбора метода лечения лейомиомы самой пациентке при условии предоставления ей исчерпывающей информации о рисках и пользе имеющихся методов терапии этого заболевания. Возможно, после проведения гистерэктомии происходит осознание больной своей полной излечен-

ности от опухоли, исчезает страх возникновения рецидива, что значительно улучшает качество жизни после радикального оперативного вмешательства. С другой стороны, на качество жизни после удаления матки могут влиять место проживания больной, вероисповедание, социальные устои жизни женщины и т.д. В любом случае нельзя не согласиться с мнением индийских коллег о том, что лечение лейомиомы должно быть междисциплинарным, с участием психолога и специалиста сестринского дела. Пациентка должна полностью понимать свое состояние, и для принятия решения необходимы прочные доверительные отношения между врачом и пациенткой, так как симптомы лейомиомы иногда вызывают такие чувства, как страх и нечестность [34].

Исходя из изученной литературы, видим, что исследований, посвященных оценке качества жизни больных, страдающих лейомиомой матки, немного и еще меньше работ, проведенных в сравнительном аспекте. Все авторы единодушны в том, что качество жизни вполне может являться индикатором эффективности лечения. Оно, по мнению всех авторов, существенно снижено до применения лечения, но после проведения сравнительной оценки между методами лечения выводы разнятся, исходя из полученных результатов.

Таким образом, необходимы дальнейшие локальные исследования по оценке качества жизни больных лейомиомой матки в зависимости от примененных методов лечения для выбора наиболее оптимального лечения, возможно, с учетом местных особенностей жизни женщин.

В заключение хотелось бы еще раз отметить, что, несмотря на достаточно широкую изученность патогенеза лейомиомы матки и большой ассортимент методов терапии, из имеющихся литературных источников невозможно выделить единый алгоритм лечения болезни. Чем же должен руководствоваться врач? Если исходить из размеров, симптомов, количества и локализации узлов, то не всегда можно достичь целей пациентки и повышения качества ее жизни. Один из первых вопросов, которые задают пациенты – а что со мной будет потом? Именно поэтому исследования эффектов после лечения приобретают особую актуальность. Учитывая важность качества жизни пациента, возможно, выбор лечения следует начинать с вопроса о том, чего бы она хотела, затем, в зависимости от ответа, информировать пациента обо всех доступных методах с подробным объяснением рисков, пользы и стоимости лечения и лишь после этого применять выбранный пациен-

том метод. Возможно, желание женщины и повышение качества ее жизни должны стать основными критериями при выборе метода лечения. На наш взгляд, в этом случае не будет трудностей с созданием алгоритмов, протоколов и руководств. Сбор и систематизация сравнительных данных нужны для предоставления пациентам более корректной информации.

Список литературы

1. Кичигин О.А., Арестова И.М., Занько Ю.В. Факторы риска развития миомы матки и качество жизни пациенток, оперированных по поводу миомы матки // Охрана материнства и детства. 2013. № 2 (22). С. 36–41.
2. Leo Doherty, Levent Mutlu, Donna Sinclair, and Hugh Taylor. Uterine Fibroids: Clinical Manifestations and Contemporary Management. Reproductive Sciences. 2014. vol. 21. no. 9. P. 1067–1092. DOI: 10.1177/1933719114533728.
3. Bizjak T., Turkanovic A.B., But I. Prevalence and Risk Factors of Uterine Fibroids in North-East Slovenia. Gynecol Obstet (Sunnynvale). 2016. vol. 6. P. 350. DOI: 10.4172/2161-0932.1000350.
4. Попов А.А., Мачанските О.В., Мананникова Т.Н. Хирургическое и медикаментозное лечение больных репродуктивного возраста с миомой матки // Российский вестник акушера-гинеколога. 2014. № 5. С. 111–114.
5. Радзинский В.Е., Архипова М.П. Миома матки: проблемы и перспективы начала века // Медицинский совет. 2014. № 9. С. 30–32.
6. Spies J.B., Coyne K., Guaou Guaou N., Boyle D., Skymarz-Murphy K., Gonzalves S.M. The UFS-QOL, a new disease-specific symptom and health-related quality of life questionnaire for leiomyomata. Obstet Gynecol. 2002 Feb. vol. 99. no. 2. P. 290–300.
7. Karin S. Coyne, Mary Kay Margolis, Jeanne Murphy, James Spies. Validation of the UFS-QOL-Hysterectomy Questionnaire: Modifying an Existing Measure for Comparative Effectiveness Research. Valueinhealth 15. 2012. P. 674–679. DOI: 10.1016/j.jval.2012.03.1387.
8. Аганезова Н.В. Современные возможности лекарственной терапии миомы матки // Журнал акушерства и женских болезней. 2016. Т. LXV. № 3. С. 79–83. DOI: 10.17816/JOWD65379-83.
9. Баширов Э.В., Томина О.В., Мелконьянц Т.Г. Эффективность оценки качества жизни больных с миомой матки после органосохраняющих вмешательств // Медицинский вестник Юга России. 2014. С. 33–37.
10. Спиридонова Н.В., Басина Е.И. Сравнительная оценка показателей качества жизни у пациенток с миомой матки репродуктивного возраста после консервативной миомэктоми и эмболизации маточных артерий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 2(2). С. 381–388.
11. Добрынина М.Л., Смирнова С.В., Новикова Л.С., Хребтова А.С. Темпы роста миомы матки и психологические особенности женщин // Вестник Ивановской медицинской академии. 2013. Т. 18. № 4. С. 31–34.
12. Загородняя Э.Д., Баркан Т.М., Колесников А.Д., Баркан В.С. с соавт. Влияние гистерэктомии на функцию яичников и качество жизни больных с миомой матки // Дальневосточный медицинский журнал. 2013. № 2. С. 47–49.
13. Гончарова М.А., Петров Ю.А. Миома матки: современные направления хирургического лечения // International journal of applied and fundamental research. 2019. № 11. С. 70–74.
14. Hee Seung Kim, Jae Weon Kim, Mi-Kyung Kim, Hyun Hoon Chung et al. A randomized prospective trial of the postoperative quality of life between laparoscopic uterine artery ligation and laparoscopy-assisted vaginal hysterectomy for the

treatment of symptomatic uterine fibroids: clinical trial design. *Trials*. 2009. DOI: 10.1186/1745-6215-10-8.

15. Ягудаева И.П. Качество здоровья и отдаленные результаты гистерорезектоскопии у больных с доброкачественными заболеваниями матки: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2012. 25 с.

16. Fiona M. Fennessy, Chung Yin Kong, Clare M. Tempamy, J. Shannon Swan. Quality-of-Life Assessment of Fibroid Treatment Options and Outcomes. *Radiology*. June 2011. Vol. 3. P. 259. DOI: 10.1148/radiol.11100704/-/DC1.

17. Stella Chen, Elizabeth Pitre, David Kaunelis, Subhkir Singh. Uterine-preserving interventions for the management of symptomatic uterine fibroids: a systematic review of clinical and cost-effectiveness. *Ottawa: CADTH*; Jan 2016. P. 1–140.

18. Klim McPherson, Isaac Manyonda, Mary-Ann Lumsden, Anna-Maria Belli, Jon Moss, Olivia Wu, Lee Middleton, Jane Daniels. A randomised trial of treating fibroids with either embolisation or myomectomy to measure the effect on quality of life among women wishing to avoid hysterectomy (the FEMME study): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* 2014. vol. 15. P. 468. DOI: 10.1186/1745-6215-15-468.

19. Баширов Э.В., Некрасов А.С., Симовоник А.Н. Исходы малоинвазивных технологий лечения миомы матки // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27337> (дата обращения: 14.03.2020). DOI: 10.17513/spno.27337.

20. Ситкин И.И. Оценка результатов лечения и качества жизни после эмболизации маточных артерий при миоме матки: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2009. 104 с.

21. Нужнов С.Г. Изучение качества жизни до и после эмболизации маточных артерий при миоме матки // *Вестник ЧГПУ*. 2011. № 8. С. 245–251.

22. Акобиров С.А., Камилова М.Я. Комплексная оценка эффективности различных видов хирургического лечения миомы матки // *Журнал акушерства и женских болезней*. 2014. Т. LXIII. № 4. С. 17–21.

23. Radosa J.C., Radosa C.G., Mavrova R., Wagenpfeil S., Hamza A., Joukhadar R., et al. (2016) Postoperative Quality of Life and Sexual Function in Premenopausal Women Undergoing Laparoscopic Myomectomy for Symptomatic Fibroids: A Prospective Observational Cohort Study. *PLoS ONE* 11(11):e0166659. DOI: 10.1371/journal.pone.0166659.

24. Gale Harding, Karin S. Coyne, Christine L. Thompson, James B. Spies. The responsiveness of the uterine fibroid symptom and health-related quality of life questionnaire (UFS-QOL). *Health and Quality of Life Outcomes*. 2008. Vol. 6. P. 99. DOI: 10.1186/1477-7525-6-99.

25. Salvatore Gizzo, Carlo Saccardi, Tito Silvio Patrelli, Emanuele Ancona, Marco Noventa, Simone Fagherazzi, Bruno Mozzanega, Donato D'Antona, and Giovanni Battista Nardelli. Magnetic Resonance-Guided Focused Ultrasound Myomectomy: Safety, Efficacy, Subsequent Fertility and Quality-of-Life Improvements, A Systematic Review. *Reproductive Sciences* 2014. vol. 21. no. 4. P. 465–476. DOI: 10.1177/1933719113497289.

26. Tristan M., Orozco L.J., Steed A., Ramirez-Morera A., Stone P. Mifepristone for uterine fibroids. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2012. Issue 8. Art. CD007687. DOI: 10.1002/14651858.CD007687.pub2.

27. Леваков С.А., Шешукова Н.А. Влияние медикаментозной терапии мифепристоном на качество жизни женщин с миомой матки // *Медицинский совет*. 2017. № 2. С. 136–141.

28. Лебедева Я.А., Молчанов О.Л., Байбуз Д.В., Галиуллина Л.А. Оценка качества жизни женщин репродуктивного возраста после лечения миомы матки с применением антигестагенов // *Медицинский вестник Башкортостана*. 2019. Т. 14. № 4 (82). С. 16–20.

29. Gupta R., Dewan R., Mittal P., Suri J., Dewan A., Bharti R. Role of levonorgestrel releasing intra-uterine system in the treatment of menorrhagia due to dysfunctional uterine bleeding and fibroid uterus. *Int. J. Reprod Contracept Obstet Gynecol* 2014. Vol. 3. P. 671–677. DOI: 10.5455/2320-1770.ijrcog20140960.

30. Karolina Piecak, Paweł Milart, Ewa Woźniakowska, Tomasz Paszkowski. Ulipristal acetate as a treatment option for uterine fibroids. *Menopause Rev*. 2017. Vol. 16. no. 4. P. 133–136. DOI: 10.5114/pm.2017.72792.

31. Murji A., Whitaker L., Chow T.L., Sobel M.L. Selective progesterone receptor modulators (SPRMs) for uterine fibroids. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017. Vol. 4. Art. CD010770. DOI: 10.1002/14651858.CD010770.pub2.

32. Тихомиров А.Л. Современные принципы терапевтического лечения миомы матки // *Акушерство и гинекология. Спецвыпуск «Актуальные вопросы эндокринной гинекологии»*. 2015. № 5. С. 56–60.

33. Довлетханова Э.Р., Межевитинова Е.А., Прилепская В.Н. Неоперативное лечение миомы матки. Эффективность использования селективного модулятора прогестероновых рецепторов. *Медицинский совет*. 2019. № 7. С. 13–20. DOI: 10.21518/2079-701X-2019-7-13-20.

34. S. Nafees Bano, Jafri M.A., Qamar A. Kazmi, Wajeeha Begum Z.A. Ansari. Uterine Myoma Symptoms & Quality of Life. *J. Gynecol Women's Health*. 2017. vol. 4. No. 1. P. 555630. DOI: 10.19080/JGWH.2017.04.555630002.

СТАТЬИ

УДК 577.32:544.431.7:58.04:633.13

**ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПЕРЕКИСНОЕ
ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ
И СЕМЕНАХ ОВСА ПОСЕВНОГО (*AVENA SATIVA* L.)****Джафарова С.А.***Институт биофизики, Национальная академия наук Азербайджана, Баку,
e-mail: scafarova@yahoo.com*

Изучение механизмов адаптации сельскохозяйственных растений к неблагоприятным условиям окружающей среды является актуальной задачей для широкого спектра биологов. Особую ценность представляют данные о клеточно-молекулярном механизме повреждающего эффекта таких распространенных загрязнителей, как тяжелые металлы и их соединения, на различные органы и ткани культурных растений, используемых человеком в повседневном рационе питания. В связи с этим в нашей работе исследовалось влияние солей тяжелых металлов Cd, Co, Mn, и Mo на накопление продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в вегетативных органах и семенах овса посевного (*Avena sativa* L.). Интенсивность ПОЛ оценивалась по изменению содержания гидроперекисей (ГП) и малонового диальдегида (МДА). Из результатов, полученных в ходе лабораторных экспериментов и на открытом грунте, следует, что: 1) применение растворов солей тяжелых металлов кадмия, кобальта, марганца и молибдена в виде аэрозоля и внесением в почву увеличивало интенсивность ПОЛ во всех органах испытываемых растений; 2) соли кобальта и марганца имели более сильное влияние на окисление липидов в листьях овса; 3) соли кадмия более всего изменяли скорость накопления продуктов ПОЛ в корневой системе растения; 4) действие хлоратов тяжелых металлов на свободнорадикальные процессы в вегетативных органах и семенах оказалось менее токсичным, чем их сульфатов. Также было изучено влияние тяжелых металлов на репродуктивные функции растения овса посевного. Показано, что на продуктивность и прорастание семян заметное влияние оказывали ионы Co и Mn. Установлено, что в отличие от других исследованных металлов кадмий незначительно влиял на всхожесть и продуктивность семян овса.

Ключевые слова: тяжелые металлы, растения овса, перекисное окисление липидов, гидроперекиси, малоновый диальдегид, вегетативные органы, семена

**THE EFFECT OF HEAVY METALS ON LIPID PEROXIDATION IN THE
VEGETATIVE ORGANS AND SEEDS OF SOWING OATS (*AVENA SATIVA* L.)****Dzhafarova S.A.***Institute of Biophysics, national Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, e-mail: scafarova@yahoo.com*

Studying the mechanisms of adaptation of agricultural plants to adverse environmental conditions is a pressing task for a wide range of biologists. Of particular value are data on the cellular-molecular mechanism of the damaging effect of common pollutants such as heavy metals and their compounds on various organs and tissues of cultivated plants used by humans in everyday Diet. In this regard, our work investigated the effect of heavy metal salts Cd, Co, Mn, and Moe on the accumulation of lipid peroxide oxidation (POL) products in vegetative organs and sowing oat seeds (*Avena sativa* L.). The intensity of POL was assessed by changes in hydroperoxide (GP) and small-new dialdehyde (MDA). From the results of the results of the laboratory experiments and on the open ground it follows that: 1) The use of heavy metal salts cadmium, cobalt, manganese and molybdenum in the form of aerosol and introduction into the soil increased the intensity of POL in all organs of test plants; 2) Cobalt and manganese salts had a stronger effect on lipid oxidation in oat leaves; 3) Cadmium salts most of all altered the rate of accumulation of POL products in the root system of the plant; 4) the effect of heavy metal chlorates on free-radical processes in vegetative organs and seeds turned out to be less toxic than their sulfates. The effect of heavy metals on the reproductive functions of the plant of planting oats was also studied. It is shown that the productivity and the germination of seeds was significantly influenced by ions Co and Mn. It was established that unlike other metals studied cadmium had little effect on the germination and productivity of oat seeds.

Keywords: heavy metals, oat plants, lipid peroxidation, hydroperoxides, malondialdehyde, vegetative organs, seeds

При возрастающем уровне загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами вследствие быстрого развития различных отраслей химической промышленности, резкого увеличения числа автотранспортных средств, возрастания количества вносимых в почву минеральных удобрений [1] и т.д. изучение возможности приспособления растений к неблагоприятным экологическим факторам, в частности к действию

таких металлов, как кадмий, молибден, кобальт и марганец, становится актуальной задачей экологии [1-3]. Биохимические, биофизические и физиологические механизмы адаптации растений к высоким концентрациям тяжелых металлов в окружающей среде обеспечивают их рост и развитие даже в неблагоприятных внешних условиях. Повышение устойчивости липидов биологических мембран к повреждающему

действию свободных радикалов является одним из механизмов возникновения резистентности у растений [2; 4; 5]. Установление закономерности механизма усиления интенсивности перекисного окисления липидов мембран растений, подвергшихся токсическому действию металлов-поллютантов, и пути преодоления последствий их повреждающего эффекта является одним из перспективных направлений биофизической экологии [6; 7]. Перекисное окисление липидов, индуцированное токсическим действием тяжелых металлов, влияя на модификацию клеточных мембран, изменяя проницаемость мембран и мембранных транспортных систем, приводит к напряжению системы антиоксидантной защиты организма и вызывает оксидативный стресс, проявляющийся на молекулярном, клеточном и организменном уровне [2; 6; 8]. Становится понятным, что для защиты растений от окислительно-деструктивного стресса, вызванного действием тяжелых металлов, необходимо изучить особенность динамики накопления продуктов перекисного окисления липидов в разных органах растений под действием различных тяжелых металлов.

Цель исследования: изучить влияние тяжелых металлов на динамику накопления продуктов перекисного окисления липидов в вегетативных органах (корнях, стеблях и листьях) и семенах культурного злака – овса посевного (*Avena sativa* L.); сравнить действие высоких доз кадмия – как одного из широко распространенных металлов-токсикантов, и молибдена, марганца, кобальта – как микроэлементов, в низких концентрациях необходимых для роста и развития растения, но в высоких концентрациях проявляющих свое токсическое влияние на них; провести оценку устойчивости растения к их токсическому действию по уровню гидроперекисей и малонового диальдегида.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны вегетативные органы и семена растения овса посевного (*Avena sativa* L.). Овёс посевной – однолетнее травянистое растение, широко используемый в сельском хозяйстве злак, со сравнительно коротким (75–120 дней) вегетационным периодом, что являлось удобным для проведения опытов. Исследования на семенах и проростках овса проводились в лабораторных условиях и на открытом грунте. Вначале семена обрабатывались 2% раствором перманганата калия ($KMnO_4$), затем раствором $CaCl_2 \times 10^{-5}$ M, после чего их выдерживали 3 дня при темпе-

ратуре 24 °С в дистиллированной воде. Затем проростки овса высаживали в полиэтиленовые мешки, содержащие по 5 кг черноземной почвы, куда добавлялись растворы солей тяжелых металлов в различных концентрациях. Агрохимические показатели почвы варьировали в следующих пределах: содержание гумуса – 1,1–1,9% (по Тюрину [9]); рН 4,2–5,7; степень насыщения основаниями 70–80%, абсорбированные основания 10,5 мг / 100 г земли, гидроэлектрическая кислотность 1,94 мг / 100 г земли, подвижный P_2O_5 15 мг / 100 г – 18 мг / 100 г земли, подвижный K_2O 12 мг / 100 г – 18 мг / 100 г земли (по Кирсанову [10]).

Для проведения исследования в условиях, приближенных к естественным, на зеленых растениях, выращенных в открытом грунте, ставили следующие опыты: добавление в почву и применение аэрозолей на поверхностные части растений солей тяжелых металлов с различными концентрациями их растворов. Соли тяжелых металлов добавлялись в почву в концентрациях: $CdSO_4$ – 10, 25, 50 мг/кг земли, $CdCl_2$ – 10, 25, 50 мг/кг земли, $CoSO_4 \times 7H_2O$ – 25, 50, 100 мг/кг земли, $CoCl_2 \times 6H_2O$ – 25, 50, 100 мг/кг земли, $MnSO_4 \times 5H_2O$ – 100, 500, 1000 мг/кг земли, $MnCl_2 \times 4H_2O$ – 100, 500, 1000 мг/кг земли, $Na_2MoO_4 \times 2H_2O$ – 100, 150, 200 мг/кг земли, $(NH_4)_2Mo_3O_7 \times 3H_2O$ – 100, 150, 200 мг/кг земли. Проростки растения опрыскивали аэрозолями солей в вышеуказанных концентрациях на 3, 7 и 14-й дни прорастания. Изучалось действие ионов тяжелых металлов (Co, Cd, Mo, Mn) на изменение интенсивности перекисного окисления липидов в корнях, стеблях, листьях и семенах исследуемого растения. Об интенсивности ПОЛ судили по изменению содержания гидроперекисей (ГП), малонового диальдегида (МДА). Определяли содержание ГП и МДА по методу Асакава, Матсушита [11].

Также было исследовано влияние солей тяжелых металлов на прорастание, продуктивность и массу растения овса. Для этого по 1000 зерен овса было посажено в 4 горшка, где в почву были добавлены растворы тяжелых металлов в опытных концентрациях, и 4 контрольных без добавления солей тяжелых металлов. Было подсчитано число появившихся ростков. После созревания были подсчитаны: количество семян полученного урожая, процент прорастания, степень плодородности (продуктивности) и масса 1000 зерен семян овса второго года, которые являлись урожаем первого года и были также под наблюдением. Полученные данные подверглись статистической обработке по критериям Фишера, Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе изучали особенности изменения процесса ПОЛ при условиях опыта. Результаты этих исследований представлены в табл. 1–3. Как видно из анализа данных, представленных в таблицах, соли тяжелых металлов при использовании в качестве аэрозоля и при внесении почву, где культивировались растения овса, изменяют интенсивность ПОЛ в семенах и вегетативных органах растений. Из таблицы 1 следует, что соли кадмия (CdSO_4 , CdCl_2) в прямой зависимости от опытных концентраций увеличивали количество ГП и МДА в корне, стебле, листе и семенах. В этих опытах так же, как было выявлено в ранее проведенных исследованиях [8; 12], соли CdSO_4 оказывали более значительное влияние на процесс ПОЛ, чем соли CdCl_2 . Это связано тем, что CdSO_4 лучше всасывается корневой системой, чем CdCl_2 [13; 14]. Что касается влияния солей кадмия на различные органы растения, то наиболее сильному повреждающему эффекту подвергалась корневая система. Например, у опытного образца овса, подвергнутого влиянию CdSO_4 (50 мг/кг), количество ГП в корнях – в 1,65, в стеблях, листьях и семенах – в 1,4 раза увеличивалось по сравнению с контролем.

Такие же изменения наблюдались в количестве МДА. Так, у овса, подвергнутого влиянию CdSO_4 (50 мг/кг земли), по сравнению с контролем увеличение количество МДА в корнях – в 1,5 раза, а в листьях – в 1,3 раза, в стеблях, семенах было в 1,4 раза. Это можно объяснить нарушением ионами кадмия активности ферментов, участвующих в процессах транспирации и фиксации CO_2 , торможение фотосинтеза, ингибирования биологического восстановления NO_2 до NO , затруднением поступления и метаболизма в растениях ряда элементов [3]. Также необходимо отметить, что в отличие от опытов на этилированных растениях [8; 12], в полевых исследованиях отношение увеличения концентрации солей кадмия было пропорциональным увеличению интенсивности ПОЛ.

Соединения кобальта, как тяжелого металла, также оказывали влияние на интенсивность ПОЛ в различных органах растений овса. Причем влияние сульфата кобальта на интенсивность ПОЛ было более выражено, чем хлоратов. Также отличительным являлось то, что под влиянием солей кобальта накопление ГП в листьях достигло уровня в корнях. После экстракции в солях CoSO_4 в количестве 100 мг/кг земли в листьях овса накопление ГП было

даже выше, чем в корнях. При увеличении количества ГП в корнях в 2 раза, в стеблях – в 1,97, в листьях это составило в 2,9, в семенах – в 2,1 раза. В отношении в накоплении МДА такой порядок не наблюдался. Как видно из табл. 1, после применения CoSO_4 в количестве 100 мг/кг земли при возрастании количества МДА в корнях в 2,2 раза, в стеблях – в 2 раза, в листьях и семенах это было в 1,9 и 1,5 раза соответственно выше по сравнению с контролем.

Повышение уровня окислительных процессов в листьях под влиянием ионов кобальта, возможно, связано с тем, что высокие концентрации ионов кобальта препятствуют поглощению корнями ионов железа и марганца и ингибируют транспорт этих ионов в побеги, создавая у растения симптомы вторичного хлороза, которые, по всей вероятности, и являются провоцирующими окисление липидов мембран.

Результаты исследования выявили, что и соли Mn также усиливали ПОЛ у растения овса (табл. 1). Однако следует указать, что соединения Mn в исследованных нами органах растения только в высоких концентрациях оказывают влияние на процесс ПОЛ. Влияние соединения Mn в концентрации 100 мг/кг земли на окисление липидов было незначительным, граничащим с ошибкой опыта. Ощутимое влияние на изменение ПОЛ начинается с концентрации 1000 мг/кг земли. По результатам исследования после воздействия соединениями марганца на опытные растения уровень ГП и МДА был наиболее высок в семенах. После введения MnSO_4 в количестве 1000 мг/кг земли в корнях овса количество ГП выросло в 1,7 раза, а семенах – в 2 раза выше по сравнению с контролем. Из табл. 1 видно, что MnSO_4 влияет на интенсивность ПОЛ значительно, чем MnCl_2 . При сопоставлении результатов исследования нами различных вегетативных органов растения можно отметить, что наиболее чувствительным к высоким дозам солей марганца оказался корень овса. Передозировка этого элемента способствует уменьшению количества хлорофилла. Незначительное влияние марганца на интенсивность ПОЛ может быть объяснена значительным потреблением его растениями. Этот элемент, участвуя в регуляции водного режима и окислительно-восстановительных реакций, повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, влияет на репродуктивность растений. В то же время токсичность этого микроэлемента проявляется в различных концентрациях.

Таблица 1

Влияние внесения в почву растворов солей тяжелых металлов на интенсивность перекисного окисления липидов в различных органах овса

Концентрация солей тяжелых металлов, мг/кг земли	Продукты перекисного окисления липидов							
	Гидроперекиси, нмоль/мг липид, $X, \pm m, n = 9$				МДА, нмоль/мг белок, $X, \pm m, n = 9$			
	корень	стебель	листья	семена	корень	стебель	листья	семена
Контроль	10,1 ± 0,61	8,2 ± 0,41	2,3 ± 0,4	0,9 ± 0,05	9,9 ± 0,61	6,3 ± 0,32	3,7 ± 0,23	0,6 ± 0,31
CdSO₄								
10	10,0 ± 0,52	7,9 ± 0,36	2,3 ± 0,11	0,9 ± 0,046	9,7 ± 0,55	6,6 ± 0,34	3,8 ± 0,28	0,6 ± 0,31
25	12,6 ± 0,48	9,1 ± 0,42	2,9 ± 0,18	1,0 ± 0,06	11,9 ± 0,61	7,1 ± 0,41	4,1 ± 0,28	0,7 ± 0,043
50	16,6 ± 0,81	11,48 ± 0,61	3,22 ± 0,12	1,26 ± 0,07	14,85 ± 0,87	8,82 ± 0,55	4,81 ± 0,25	0,84 ± 0,052
CdCl₂								
10	10,3 ± 0,45	8,1 ± 0,48	2,2 ± 0,13	0,9 ± 0,035	9,18 ± 0,53	6,5 ± 0,36	3,7 ± 0,28	0,6 ± 0,04
25	11,1 ± 0,51	8,4 ± 0,71	2,4 ± 0,15	0,9 ± 0,05	10,2 ± 0,42	6,8 ± 0,42	4,0 ± 0,25	0,6 ± 0,043
50	14,4 ± 0,68	10,2 ± 0,4	3,0 ± 0,18	1,0 ± 0,055	13,1 ± 0,77	7,5 ± 0,36	4,4 ± 0,26	0,73 ± 0,04
CoSO₄ × 7H₂O								
25	11,1 ± 0,42	9,4 ± 0,52	2,3 ± 0,13	0,9 ± 0,04	11,3 ± 0,43	6,6 ± 0,43	3,8 ± 0,25	0,6 ± 0,036
50	14,6 ± 0,73	13,6 ± 0,18	4,08 ± 0,19	0,98 ± 0,5	15,4 ± 0,81	8,7 ± 0,54	4,2 ± 0,27	0,7 ± 0,42
100	20,2 ± 1,09	16,2 ± 0,94	6,67 ± 0,21	1,9 ± 0,11	21,78 ± 1,12	12,6 ± 0,78	7,03 ± 0,41	0,96 ± 0,05
CoCl₂ × 6H₂O								
25	10,9 ± 0,48	8,4 ± 0,45	2,3 ± 0,14	0,9 ± 0,04	10,1 ± 0,61	6,3 ± 0,36	3,7 ± 0,21	0,6 ± 0,033
50	15,3 ± 0,79	11,1 ± 0,40	2,9 ± 0,40	0,9 ± 0,053	13,2 ± 0,82	7,1 ± 0,38	4,0 ± 0,24	0,7 ± 0,042
100	18,7 ± 0,95	13,2 ± 0,81	6,1 ± 0,19	1,2 ± 0,07	19,9 ± 1,14	10,9 ± 0,67	6,1 ± 0,36	0,86 ± 0,051
MnSO₄ × 5H₂O								
100	11,6 ± 0,64	9,6 ± 0,52	3,0 ± 0,16	0,9 ± 0,03	10,4 ± 0,64	7,5 ± 0,46	3,7 ± 0,22	0,6 ± 0,035
500	13,2 ± 0,68	10 ± 0,44	3,6 ± 0,17	1,0 ± 0,07	11,8 ± 0,73	9,1 ± 0,56	4,2 ± 0,29	0,8 ± 0,044
1000	18,18 ± 1,06	13,12 ± 0,77	5,52 ± 0,32	2,61 ± 0,16	16,83 ± 1,02	11,34 ± 0,71	5,92 ± 0,37	1,2 ± 0,07
MnCl₂ × 4H₂O								
100	10,8 ± 0,44	9 ± 0,52	2,3 ± 0,13	0,9 ± 0,05	9,9 ± 0,61	6,3 ± 0,36	3,7 ± 0,26	0,6 ± 0,03
500	12,4 ± 0,77	9,4 ± 0,43	3,0 ± 0,15	0,9 ± 0,057	10,8 ± 0,67	8,1 ± 0,73	3,9 ± 0,25	0,9 ± 0,052
1000	16,1 ± 1,1	11,2 ± 0,65	5,0 ± 0,3	1,61 ± 0,08	15,8 ± 1,1	9,9 ± 0,71	4,9 ± 0,31	1,0 ± 0,06
Na₂MoO₄ × 2H₂O								
100	11,0 ± 0,63	9,0 ± 0,05	2,3 ± 0,12	0,9 ± 0,045	9,9 ± 0,58	6,3 ± 0,39	3,7 ± 0,26	0,6 ± 0,02
150	11,4 ± 0,49	9,4 ± 0,46	3,0 ± 0,15	0,9 ± 0,16	10,1 ± 0,67	6,3 ± 0,39	3,4 ± 0,23	0,6 ± 0,024
200	15,6 ± 0,95	11,1 ± 0,65	4,7 ± 0,21	1,4 ± 0,08	14,1 ± 0,91	9,0 ± 0,52	5,4 ± 0,331	1,2 ± 0,06
(NH₄)₂Mo₃O₇ × 3 H₂O								
100	11,0 ± 0,55	9,1 ± 0,48	2,3 ± 0,15	0,9 ± 0,05	10,0 ± 0,67	7,0 ± 0,51	3,7 ± 0,28	0,6 ± 0,04
150	13,0 ± 0,7	10,1 ± 0,52	3,0 ± 0,16	0,9 ± 0,046	10,9 ± 0,61	8,0 ± 0,41	3,7 ± 0,21	0,6 ± 0,051
200	18,18 ± 1,15	12,3 ± 0,75	4,7 ± 0,29	1,62 ± 0,01	15,8 ± 0,98	9,45 ± 0,44	5,8 ± 0,35	1,86 ± 0,053

Влияние соединения Мо на интенсивность ПОЛ в вегетативных органах и семенах овса также зависело от концентрации. Экстракция в солях Na₂MoO₄ в количестве 100 мг/кг земли не оказывает влияние на интенсивность ПОЛ, и его уровень держится, как у контрольных растений (табл. 1). Начиная с концентрации 150 мг/кг в корнях, стеблях, листьях и семенах наблюдается увеличение содержания ГП и МДА. При этом влияние 4-валентного соединения Mo(NH₄)₂Mo₃O₇ на интенсивность ПОЛ значительно, чем 6-валентного Na₂MoO₄. По полученным результатам можно сделать

заключение, что в листьях и семенах количество МДА и ГП выше, чем в корнях [12]. Например, после экстракции в 4-валентном соединении Мо в количестве 200 мг/кг земли в корнях количество ГП возросло в 1,5 раза, в листьях – в 1,8 и в семенах – в 3,1 раза по сравнению с контролем. Количество МДА в корнях в 2 раза, в листьях – в 2,3 и в семенах – в 1,8 раза возросло по сравнению с контролем. Скорее всего, это связано с тем, что молибден локализуется в молодых органах растений, а в конце вегетации сосредотачивается преимущественно в семенах.

Следующим шагом наших исследований было использование аэрозолей тяжелых металлов с целью выявить различие в действии тяжелых металлов, поглощенных растениями из почвы и воздуха, исследуя изменения содержания продуктов ПОЛ в испытываемых образцах растений. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 2. Было установлено усиление интенсивности ПОЛ после опрыскивания испытываемых растений аэрозолем солей кадмия в концентрации 10, 25 и 50 мг/кг земли в вегетативных органах овса.

Использование растворов солей кадмия в виде аэрозоля по-разному влияло на интен-

сивность ПОЛ в различных органах растений. Например, после применения аэрозоля соли кадмия $CdSO_4$ в концентрации 50 мг/кг земли количество ГП в корнях овса – в 1,5 раза, в стеблях – в 1,35 раза, в листьях – в 2,8 раза, а в семенах – в 3,1 раза возросло по сравнению с контролем. Таким образом, накопление тяжелых металлов в листьях и семенах было значительно выше, чем в корнях и стеблях. Такое же соотношение наблюдалось в накоплении МДА в органах растений после применения аэрозоля в той же дозировке соли кадмия. Так, количество МДА в корнях и стеблях возросло в 1,4 и 1,2 раза, в то время как в листьях и семенах это составило 2,1 и 2,1 раза.

Таблица 2

Влияние применения аэрозолей тяжелых металлов на интенсивность перекисного окисления липидов в различных органах растения овса

Концентрация растворов тяжелых металлов	Продукты перекисного окисления липидов							
	Гидроперекиси, нмоль/мг липид, $X \pm m, n = 9$				МДА, нмоль/мг белок, $X \pm m, n = 9$			
	корень	стебель	листья	семена	корень	стебель	листья	семена
Контроль	10,2 ± 0,63	8,2 ± 0,45	2,3 ± 0,12	0,9 ± 0,05	9,9 ± 0,51	6,3 ± 0,39	3,7 ± 0,14	0,6 ± 0,03
$CdSO_4$								
10	11,0 ± 0,61	8,2 ± 0,41	3,1 ± 0,19	0,9 ± 0,046	10,1 ± 0,53	6,3 ± 0,24	4,1 ± 0,12	0,6 ± 0,04
25	13,2 ± 0,73	10,1 ± 0,67	4,6 ± 0,17	1,7 ± 0,1	11,7 ± 0,61	7,1 ± 0,31	5,8 ± 0,21	1,0 ± 0,06
50	15,15 ± 0,94	11,07 ± 0,71	6,44 ± 0,35	2,79 ± 0,14	13,86 ± 0,70	7,56 ± 0,32	7,58 ± 0,45	1,26 ± 0,07
$CdCl_2$								
10	10,1 ± 0,51	8,0 ± 0,40	2,4 ± 0,11	0,9 ± 0,046	0,9 ± 0,05	6,3 ± 0,05	4,2 ± 0,14	0,6 ± 0,03
25	11,4 ± 0,56	8,7 ± 0,41	4,1 ± 0,14	1,3 ± 0,08	10,1 ± 0,67	6,5 ± 0,36	4,9 ± 0,15	0,9 ± 0,052
50	13,0 ± 0,48	9,5 ± 0,52	5,1 ± 0,28	1,8 ± 0,1	11,0 ± 0,68	7,0 ± 0,29	5,8 ± 0,18	1,1 ± 0,04
$CoSO_4 \times 7H_2O$								
25	13,4 ± 0,51	11,2 ± 0,55	3,8 ± 0,13	1,1 ± 0,04	12,4 ± 0,61	9,1 ± 0,55	5,0 ± 0,55	1,2 ± 0,07
50	19,8 ± 1,23	16 ± 0,91	4,7 ± 0,18	2,1 ± 0,12	16,9 ± 0,82	12,4 ± 0,61	8,3 ± 0,4	1,9 ± 0,08
100	24,26 ± 1,41	21,32 ± 0,13	7,82 ± 0,44	3,51 ± 0,13	22,77 ± 1,08	15,75 ± 0,8	11,1 ± 0,61	7,16 ± 0,44
$CoCl_2 \times 6H_2O$								
25	11,2 ± 0,56	9,4 ± 0,51	3,0 ± 0,15	1,1 ± 0,07	10,1 ± 0,51	8,1 ± 0,44	4,2 ± 0,16	1,1 ± 0,068
50	16 ± 0,7	14,1 ± 0,73	4,6 ± 0,17	1,6 ± 0,06	13,9 ± 0,78	10,1 ± 0,61	5,1 ± 0,31	1,6 ± 0,071
100	21,01 ± 0,95	17,8 ± 0,91	6,2 ± 0,41	2,7 ± 0,13	18,9 ± 1,08	13,2 ± 0,66	9,4 ± 0,51	2,7 ± 0,13
$MnSO_4 \times 5H_2O$								
100	11,4 ± 0,58	9,5 ± 0,04	3,8 ± 0,11	1,3 ± 0,07	11,1 ± 0,71	4,7 ± 0,29	4,8 ± 0,22	0,6 ± 0,02
500	13,6 ± 0,71	10,1 ± 0,64	4,1 ± 0,16	1,46 ± 0,0	12,9 ± 0,76	8,9 ± 0,56	5,9 ± 0,36	1,0 ± 0,05
1000	20,2 ± 0,25	13,2 ± 0,71	5,75 ± 0,24	2,16 ± 0,13	15,84 ± 0,81	10,08 ± 0,68	7,4 ± 0,44	1,26 ± 0,07
$MnCl_2 \times 4H_2O$								
100	11,0 ± 0,59	9,2 ± 0,50	3,8 ± 0,14	0,9 ± 0,05	10,6 ± 0,55	6,5 ± 0,4	4,0 ± 0,41	0,6 ± 0,03
500	12,6 ± 0,61	10 ± 0,58	4,0 ± 0,15	1,2 ± 0,04	11,4 ± 0,71	7,1 ± 0,44	5,1 ± 0,3	0,85 ± 0,053
1000	18,4 ± 0,01	11,7 ± 0,66	5,03 ± 0,36	2,0 ± 0,12	12,5 ± 0,66	8,2 ± 0,48	7,0 ± 0,41	1,0 ± 0,06
$Na_2MoO_4 \times 2H_2O$								
100	10,4 ± 0,75	9,2 ± 0,51	3,8 ± 0,2	1,3 ± 0,08	11,6 ± 0,61	7,9 ± 0,46	4,6 ± 0,17	0,6 ± 0,025
150	14,1 ± 0,8	11,5 ± 0,64	4,2 ± 0,22	2,0 ± 0,11	12,7 ± 0,69	8,8 ± 0,48	5,1 ± 0,14	1,0 ± 0,067
200	17,4 ± 0,86	12,76 ± 0,79	5,5 ± 0,31	2,2 ± 0,31	13,4 ± 0,71	9,7 ± 0,56	6,2 ± 0,21	1,2 ± 0,07
$(MH_4)Mo_3O_7 \times 3H_2O$								
100	11,7 ± 0,59	9,9 ± 0,6	4,0 ± 0,21	1,3 ± 0,08	12,1 ± 0,61	7,5 ± 0,42	4,7 ± 0,15	0,6 ± 0,02
150	14,3 ± 0,061	10,9 ± 0,67	4,6 ± 0,19	1,7 ± 0,1	13,5 ± 0,66	8,9 ± 0,51	5,6 ± 0,21	0,9 ± 0,05
200	18,18 ± 0,91	14,76 ± 0,92	5,75 ± 0,3	2,25 ± 0,14	14,85 ± 0,74	0,1 ± 0,64	6,66 ± 0,41	1,2 ± 0,065

Применение солей кобальта в виде аэрозоля резко увеличивало накопление ГП и МДА в испытуемых органах растений. Наибольшее значение ГП и МДА после применения солей кобальта в виде аэрозоля наблюдалось в листьях и семенах.

Как видно из табл. 2, после применения аэрозоля соли кобальта CoSO_4 в концентрации 25 мг/кг земли, аэрозоля соли кадмия CdSO_4 в концентрации 25 мг/кг земли и аэрозоля соли марганца в концентрации 100 мг/кг земли не было достоверных различий в количестве ГП и МДА. Кроме того, после применения аэрозоля соли марганца в концентрации 1000 мг/кг земли наибольшие изменения наблюдались в процессе ПОЛ в листьях. Что касается влияния солей молибдена на развитие ПОЛ у исследованного растения, то при использовании аэрозоля, так же как при внесении в почву его солей, 6-валентное соединение молибдена оказывало более слабое влияние на интенсивность ПОЛ, чем 4-валентное. По полученным данным можно судить о возрастании интенсивности ПОЛ в вегетативных органах и семенах растения и при опрыскивании солями тяжелых металлов. Однако при внесении растворов солей тяжелых металлов в почву перед посевом, она в корнях и стеблях была выше, чем при использовании аэрозолей солей тяжелых металлов. В отличие от корней и стеблей, в листьях и семенах процесс ПОЛ при опрыскивании растворами тяжелых металлов значительно активней. Следует отметить, что при применении аэрозолей сульфаты также имели больший токсический эффект на растения, чем хлораты.

Имеющиеся данные в литературе и полученные нами результаты поставили перед нами вопрос о том, какие биохимические и физиологические изменения происходят в семенах растений под влиянием солей тяжелых металлов? Чтобы ответить на этот вопрос, были проведены следующие

опыты. Образцы семян были посажены в 4 отдельных горшка с землей, содержащей CdSO_4 в концентрации 50 мг/кг земли, CoSO_4 в концентрации 100 мг/кг земли, MnSO_4 в концентрации 1 г/кг земли, Na_2MoO_4 в концентрации 200 мг/кг земли соответственно. 4 горшка с посаженными семенами без тяжелых металлов были взяты для контроля (табл. 3). В каждый горшок было посажено 1000 зерен овса и подсчитано число появившихся ростков. Количество семян полученного урожая, процент прорастания, степень плодородности (продуктивности) и масса 1000 зерен были подсчитаны после созревания. Семена второго года, являясь урожаем первого года, также были под наблюдением. Во время эксперимента были подсчитаны процент прорастания, продуктивность 1 горшка и масса 1000 семян овса первого и второго года урожая. В конце первого года результаты опыты показали, что в контрольных горшках не проросли 3–5 семени. Было установлено незначительное влияние Cd на процент прорастания, в то время как CoSO_4 снижал степень прорастания на $9 \pm 0,8\%$. По сравнению с контролем Cd снижал общую продуктивность, но не снижал общую массу 1000 семян. В отличие от Cd, Co снижал продуктивность на 17%, а массу семян на 8%. Mn и Mo снижали общую продуктивность соответственно на 8% и 9%, а массу 1000 семян на 7%. При посадке урожая первого года в землю с солями Cd прорастание на 7% уменьшилось. Прорастание под влиянием Co, Mn и Mo уменьшилось на 15, 11 и 11% соответственно. Под влиянием Cd общая продуктивность на 14%, масса 1000 семян на 8% уменьшились. Под влиянием Co общая продуктивность на 22%, масса 1000 семян на 20% уменьшились. Mo и Mn уменьшали общую продуктивность на 16% и 18%, массу 1000 семян на 16% и 18% соответственно.

Таблица 3

Физиологические и биохимические изменения у семян растения овса под действием тяжелых металлов

Условия опыта	Урожай 1-го года			Урожай 2-го года		
	Прорастание, %	Продуктивность, г/гор.	Масса 1000 семян, г	Прорастание, %	Продуктивность, г/гор.	Масса 1000 семян, г
Контроль	96	18,7	34,4	97	16,4	35,1
CdSO_4	95 $P < 0,05$	17,7 $P < 0,05$	34,1 $p > 0,02$	90 $p > 0,01$	14,1 $P < 0,01$	32,21 $P = 0,02$
$\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	88 $P > 0,01$	15,5 $p > 0,02$	31,64 $p < 0,05$	82 $P < 0,02$	12,8 $p > 0,01$	28,08 $P < 0,02$
$\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	96 $P = 0,05$	17,2 $p < 0,05$	31,99 $P < 0,05$	86 $P < 0,02$	13,77 $P < 0,05$	29,48 $P < 0,05$
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	95 $p > 0,05$	17,01 $P < 0,05$	31,95 $P < 0,02$	86 $p < 0,02$	13,44 $P < 0,05$	28,7 $P < 0,05$

По результатам, изложенным в таблицах, видно, что внесение соединений тяжелых металлов в почву перед посевом в значительной степени усиливает ПОЛ в исследованных органах овса. Среди испытываемых тяжелых металлов наибольшей токсичностью обладали соединения Со и Мп.

Заключение

Результаты исследования указывают на то, что ионы всех испытываемых тяжелых металлов имели повреждающий эффект на рост и развитие растения овса посевного, несмотря на существенные различия в органах-мишенях. Так, ионы кадмия оказывали значительное действие на накопление продуктов ПОЛ в корнях, а ионы марганца – в листьях и стебле. Чтобы оценить повреждающее действие солей молибдена на вегетативные органы и семена растения, использовали достаточно высокие концентрации солей молибдена, однако такие концентрации при загрязнении почвы и воздуха соединениями молибдена встречаются редко. Что в общем свидетельствует о незначительной токсичности молибдена для злаковых растений в изученных концентрациях.

Представленные результаты позволяют сделать выводы, что наиболее токсичными для злаковых растений являются соединения кобальта. Соли кобальта, примененные как в виде аэрозоля, так и внесенные в почву, в значительной степени влияли на интенсивность перекисного окисления липидов во всех вегетативных органах и семенах овса посевного. Причем растворы хлоратов кобальта оказались менее токсичными, чем сульфатов. Также ионы кобальта накапливаясь в листьях и семенах, влияли на всхожесть семян и продуктивность растения овса, что делает его первостепенным токсикантом не только для культурных растений, но также опасным для здоровья человека.

Список литературы

1. Казнина Н.М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства *Poaceae* к тяжелым металлам 03.01.05 – «Физиология и биохимия растений»: автореф. дис. докт. биол. наук. Санкт-Петербург, 2016. 38 с.

2. Симонова Н.В., Доровских В.А., Штарберг М.А. Влияние адаптогенов растительного происхождения на интенсивность процессов перекисного окисления ли-

пидов биомембран в условиях ультрафиолетового облучения // Дальневосточный Медицинский Журнал. 2010. № 2. С. 112–115.

3. Пряженникова О.Е., Тараканова А.С. Анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов в снеговом и почвенном покровах г. Кемерово и возможные последствия воздействия на здоровье населения // Вестник Кемеровского Государственного Университета. 2009. Т. 4. № 40. С. 21–26.

4. Elloumi N., Zouari M., Chaari L., Jomni C., Marzouk B., Ben Abdallah F. Effects of cadmium on lipids of almond seedlings (*Prunus dulcis*). Bot Stud. 2014. Vol. 55 (1). P. 61. DOI: 10.1186/s40529-014-0061-7. Epub 2014 Aug 2. PMID: 28510983; PMCID: PMC5430368.

5. Amirjani M.R. Effects of cadmium on wheat growth and some physiological factors. Int. J. Forest Soil Erosion. 2012. Vol. 2. No. 1. P. 50–58.

6. Zong H., Liu S., Xing R., Chen X., Li P. Protective effect of chitosan on photosynthesis and antioxidative defense system in edible rape (*Brassica rapa* L.) in the presence of cadmium. Ecotoxicol Environ Saf. 2017. Vol. 138. P. 271–278. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.01.009.

7. Bhargava A., Carmona F.F., Bhargava M., Srivastava S. Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. J. Environ Manage. 2012. Vol. 105. P. 103–120. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.04.002.

8. IV Съезд биофизиков России. Симпозиум II «Физические основы физиологических процессов». Материалы докладов / Отв. ред. член-корр. РАН А.Б. Рубин. Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2012. 206 с.

9. Серeda Н.А., Валеев В.М., Баязитова Р.И., Алибаев А.А. Практикум по агрохимии: учебное пособие). Уфа: БГАУ, 2004. С. 115.

10. Державин Л.М., Самохвалов С.Г. (руководитель разработки), Соколова Н.В., Орлова А.Н., Хабарова К.А., Сухарева В.Н., Федотова М.И., Соколова Ю.В. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО 1996. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-26207-91> (дата обращения: 22.03.2020).

11. Asakawa T., Matsushita S. Coloring condition of TBA test for detecting lipid hydroperoxides. Lipids. 1980. Vol. 15. № 3. P. 137–140.

12. Джафарова С.А., Джафаров А.И. Свободнорадикальные аспекты загрязнения биосферы тяжелыми металлами // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2013. № 6 (16). С. 98–105.

13. Андриенко Л.Н., Аксенова Ю.В. Влияние внесения кадмия, никеля, цинка на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 23–25. DOI: 10.24411/0044-39132018-10807.

14. Nocito Fabio F., Espen Luca, Fedeli, Chiara Lancilli Clarissa, Musacchi Stefano, Serra Sara, Sansavini Silvano, Cocucci Maurizio, Sacchi Gian Attilio, Oxidative stress and senescence-like status of pear calli co-cultured on suspensions of incompatible quince microcalli. Tree Physiology. April 2010. Vol. 30. Issue 4. P. 450–458. DOI: 10.1093/treephys/tpq006.

15. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. 194 с.

СТАТЬИ

УДК 621.43

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ
В МИКРОФАКЕЛЬНОЙ ВОЗДУШНОЙ ФОРСУНКЕ
С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЙ В ПЕРВИЧНОЙ ЗОНЕ**

¹Достияров А.М., ²Умышев Д.Р., ¹Яманбекова А.К., ¹Наурыз Б.

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, e-mail: dost51@mail.ru;

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы

В статье представлены результаты численного моделирования процесса горения жидкого топлива в горелочном устройстве, стабилизация в котором осуществляется путем закрутки потоков воздуха и топливовоздушной смеси. В статье отмечено, что исследования, которые проводятся в последнее время в области проектирования камер сгорания и их фронтных устройств, показывают, что с точки зрения эффективности и экологичности наиболее эффективными являются фронтные устройства с предварительным смешением топливовоздушной смеси до зоны горения и обеднение зоны горения. Моделирование выполнялось посредством использования программного продукта ANSYS Fluent. В данной статье рассматривается сжигание жидкого керосина в новом типе горелочного устройства, стабилизация в котором осуществляется за счет закрутки потока в двух регистрах. Для исследования влияния течения жидких капель использовалась функция injection. Для моделирования процессов горения использовалась турбулентная модель k-ε. Стандартная модель k-ε представляет собой модель, основанную на модельных уравнениях переноса для кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации (ε). В процессе моделирования было исследовано влияние закрутки лопаточных завихрителей, установленных на выходе из горелочного устройства. Результаты показали, что угол в 30° является оптимальным с точки зрения образования оксидов азота.

Ключевые слова: горелочное устройство, оксиды азота, закрутка потока, турбулентность, численное моделирование

**COMBUSTION SIMULATION IN MICROFLAME AIR-JET SJET
IN CONSIDERATION OF PRIMARY-ZONE FLOWS CHARACTERISTICS**

¹Dostiyarov A.M., ²Umyshev D.R., ¹Yamanbekova A.K., ¹Nauryz B.K.

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G.Daukeev, Almaty, e-mail: dost51@mail.ru;

²Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty

The article contains the result of numerical simulation of liquid and gaseous fuels burning in a burner device stabilized by swirling air and air-fuel mixture flows. The article mentions that recent studies in combustion chamber and flame tube head design show that in terms of performance and environmental compatibility the most effective flame tube heads are those with air and fuel premixing before combustion zone and lean combustor. Combustion has been simulated using ANSYS Fluent software. This article considers liquid kerosene burning in a new type of burner device with stabilization by dual-register swirling. Injective function has been used to study effect of flow with liquid droplets. To simulate combustion, K-epsilon turbulence model has been utilized. Standard K-epsilon model is a model based on the transfer equations for turbulence kinetic energy and its dissipation rate (ε). In the modeling process the impact of vane swirlers installed at the burner device outlet has been analyzed. The results so obtained show that a 30° degree angle is an optimum alternative speaking from the perspective of nitrogen oxides formation.

Keywords: burner devices, nitrogen oxides, swirling flow, turbulence, numerical simulation

Важнейшим вопросом при проектировании теплогенераторов является эффективное сжигание топлива, при широком диапазоне стабильной работы, а также малых расходах топлива. Последние исследования в области проектирования камер сгорания и их фронтных устройств показывают, что с точки зрения эффективности и экологичности наиболее эффективными являются фронтные устройства с предварительным смешением топливовоздушной смеси до зоны горения и обеднение зоны горения [1; 2].

Эффективность топливосжигающих устройств во многом определяется процессом смесеобразования – эффективно-

стью смешения топлива и окислителя, конечная цель которого создание гомогенной топливовоздушной смеси. Для этого в камерах сгорания и их фронтных устройствах используют закрутку потока для улучшения перемешивания и горения. Использование завихрения (или крутки) потока позволяет решить несколько проблем: первая – снизить эмиссию токсичных веществ, а также повысить эффективность работы установки в целом.

В основном существует два вида закрученных течений, к первому относятся пламена, представляющие собой турбулентное диффузионное струйное пламя, в котором топливо распыляется и имеет достаточную

силу для того, чтобы увлечь за собой определенное количество воздуха, необходимое для полного сгорания.

Взаимодействие струй распыленного топлива и закрученной струи рассматривалось в большом количестве литературы. Чтобы достичь стабилизации пламени, необходимо найти в поле течения зону, где скорость распространения пламени будет иметь одинаковое значение со скоростью набегающего потока в продольном направлении. Другим условием является достаточность тепла для возникновения горения. Во внутренней части зоны обратных течений скорость потока газов уменьшается до нуля на границе обратных течений, так называемой зоны рециркуляции. Очевидно, что в разнонаправленных потоках найдется область, совпадающая со скоростью распространения пламени. Учитывая, что чаще всего зона рециркуляции находится во фронте пламени, продукты сгорания, проходя через нее, переносятся по направлению к горелке и проходят через распыленное топливо, которое в свою очередь испаряется и создает зону стабильного горения. Размеры и интенсивность зоны обратных течений можно регулировать посредством закрутки воздуха или же топливовоздушной смеси. Подобрать степень закрутки, т.е. угол лопаточного аппарата в нашем случае, можно достигнув эффективного сжигания пламени, снижения образования токсичных веществ.

Современные камеры сгорания должны соответствовать высоким техническим и экологическим требованиям, к которым относятся: высокая эффективность горения, устойчивая работа, малые потери давления, хорошее поле температур в поперечном и продольном сечении, легкое воспламенение, низкая эмиссия загрязняющих веществ, долговечность и приемлемо малый размер [3].

Закрутка потоков позволяет эффективно воздействовать на эффективность сгорания, устойчивую работу, легкое воспламенение, низкую концентрацию токсичных веществ [4].

Исходя из вышесказанного, нами разработана новая конструкция горелочного устройства, в основе которой лежит процесс стабилизации пламени при помощи закру-

чивающих аппаратов, причем закрутка происходит как на входе окислителя – воздуха, так и на выходе топливовоздушной смеси перед зоной горения.

Цель исследования: с помощью численного моделирования процесса горения в микрофакельной воздушной форсунке определить влияние закрутки лопаточных завихрителей на выходе из горелочного устройства, а также определение оптимального угла установки завихрителей.

Материалы и методы исследования

В результате проведенного анализа авторы сочли необходимым численно моделировать процессы горения в микрофакельной воздушной форсунке с учетом особенностей течений в первичной зоне.

Модель. В данной статье рассматривается сжигание жидкого керосина в новом типе горелочного устройства, стабилизация в котором осуществляется за счет закрутки потока в двух регистрах. 3D-модель горелки представлена на рис. 1. В первом регистре закручивается воздушный поток при помощи 10 лопаток, установленных под углом в 40° по отношению к оси горелки. Жидкое топливо распыляется в геометрической середине горелки посредством 4 сопел, установленных равным шагом радиально вокруг топливной трубки. Затем перемешанная смесь поступает во второй регистр, состоящий из 16 плоских лопаточных завихрителей, установленных вокруг стабилизационного конуса. В данной статье исследовалось влияние угла лопаток второго регистра на процессы стабилизации пламени, образование токсичных веществ и испарения капель керосина. Начальные параметры модели представлены в таблице.

Для исследования влияния течения жидких капель использовалась функция injection. Расход топлива был равен 0,001 кг/с, скорость потока 20 м/с, а диаметр капель был равен 0,001 м. Для моделирования процессов горения использовалась турбулентная модель k-ε. Стандартная модель k-ε представляет собой модель, основанную на модельных уравнениях переноса для кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации (ε) [5].

Начальные параметры

Угол лопаток на выходящем регистре, °	Скорость воздуха, м/с	Начальная температура окислителя (воздуха)/топлива, К	Количество тетраэдрических элементов в моделируемой области
30	20	400	200 000
50			
70			

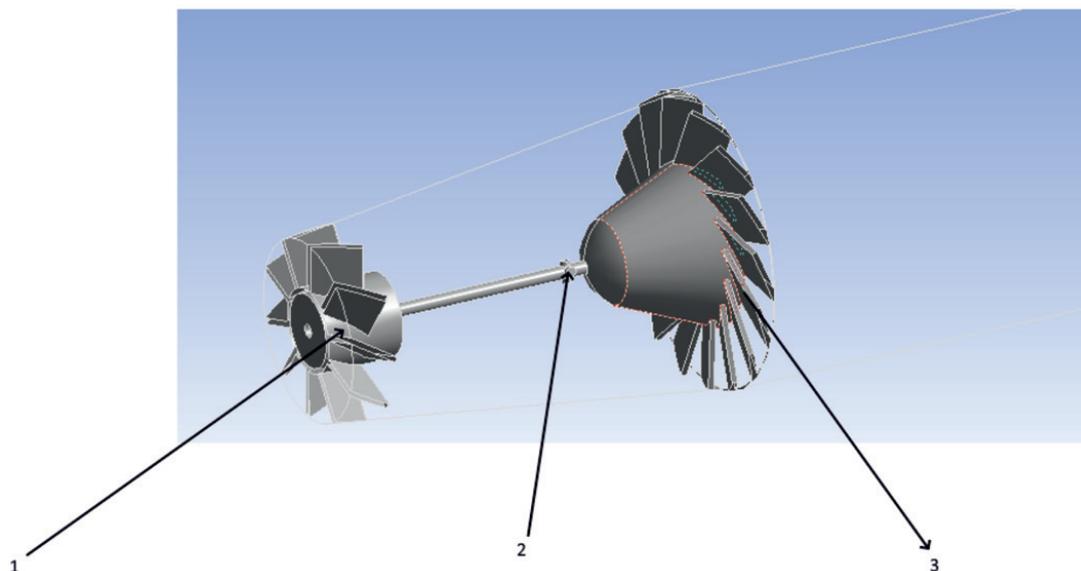


Рис. 1. Изометрический вид горелочного устройства: 1 – входной регистр, 2 – сопла для подачи жидкого топлива, 3 – выходной ярус

Для решения задачи горения была использована модель частично перемешанного горения. Такой метод особенно эффективен при моделировании горения жидкого топлива, в частности важны процессы испарения топлива в топливовоздушной смеси [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Температурные контуры. На рис. 2 представлены контуры температур при различных вариантах. Наиболее правильный профиль горения наблюдается у горелки с углом в 30°. Снижение угла лопаток приводит к повышению закрутки воздуха. Как видно из рисунка, при максимальном угле пламя имеет симметричную структуру, причем существует тонкий перешеек высокотемпературной зоны. Геометрически данная зона соответствует максимальной точке испарения топлива. При увеличении закрутки, т.е. турбулентности, форма пламени приобретает несимметричную форму. Это объясняется тем, что увеличивается масштаб турбулентности и, соответственно, турбулентных пульсаций, приводящих к выгоранию топлива в несимметричной форме. При увеличении угла до 70° пламя не горит ввиду большой центробежной силы, которая выталкивает большую часть топлива в пристеночную область, что в свою очередь приводит к недостаточному тепловыделению в зоне рециркуляции, находящейся в стабилизаторном конусе.

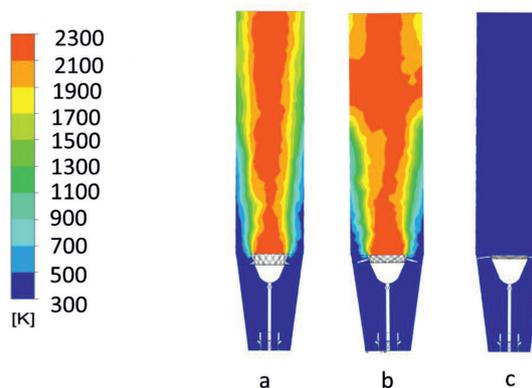


Рис. 2. Температурные контуры при различных углах закрутки: a – 30°, b – 50°, c – 70°

Контуры скоростей. На рис. 3 представлены контуры скоростей при различных углах лопаточных аппаратов. Как видно из рисунка, при угле в 30° отчетливо видно, что существует хорошо развитая зона рециркуляции, находящаяся за конусом стабилизации. Исследования [6] показывают, что пламя увеличивает уровень турбулентности, это так называемая автотурбулизация. Это подтверждается тем, что при увеличении турбулентности путем увеличения угла до 50° скорость пламени растет, причем область роста приближается к основанию факела.

При увеличении угла до 70° не наблюдаются резких скачков скоростей, максимальные скорости приходятся на пристеночную область, что объясняется значительными центробежными силами.

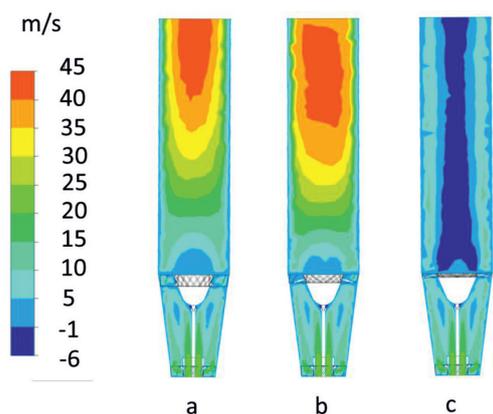


Рис. 3. Контуры скоростей при различных углах закрутки: а – 30°, б – 50°, с – 70°

Оксиды азота. На рис. 4 представлены зависимости оксидов азота от угла лопаточного аппарата, дополнительно добавлены интенсивности турбулентности. Как видно из рисунка, при минимальном угле не образуются оксиды азота, потому как отсутствует пламя. При увеличении угла до 50° происходит интенсивное перемешивание топлива с воздухом. Согласно теории горения, чем эффективнее горение, тем выше концентрация оксидов азота. Максимальные значения оксидов азота достигаются при средней интенсивности турбулентности (если учитывать первый вариант, при котором не происходит горение). Со снижением интенсивности турбулентности происходит снижение концентрации оксидов азота.

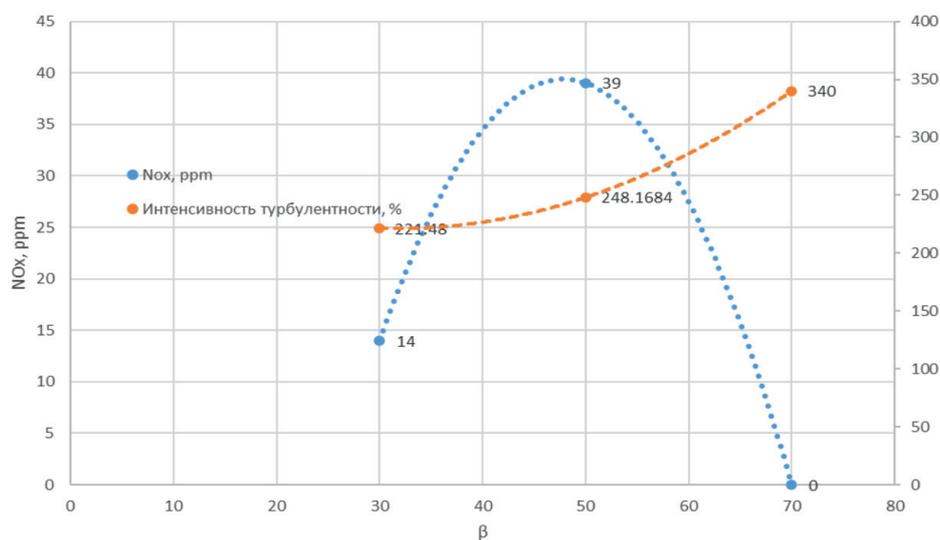


Рис. 4. Зависимость концентраций оксидов азота от угла лопаток и интенсивности турбулентности

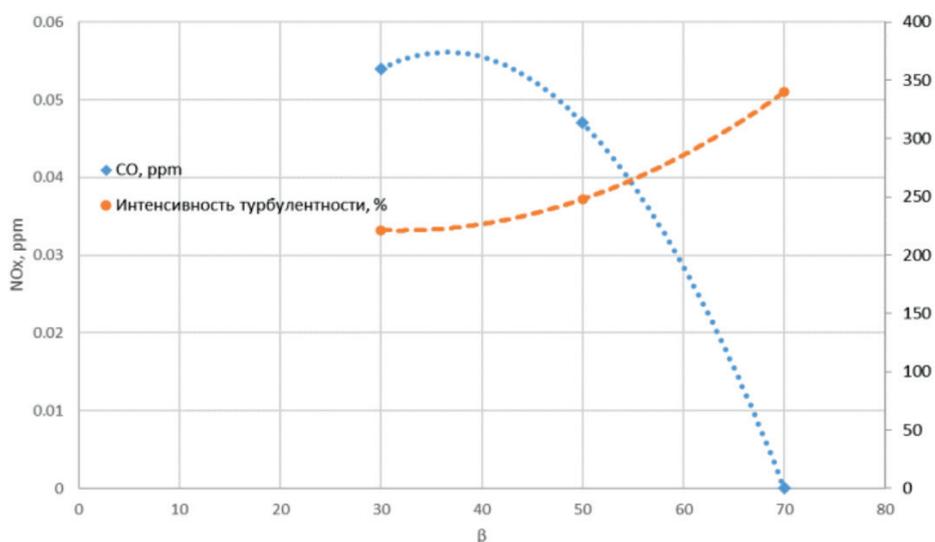


Рис. 5. Зависимость концентраций углекислого газа от угла лопаток и интенсивности турбулентности

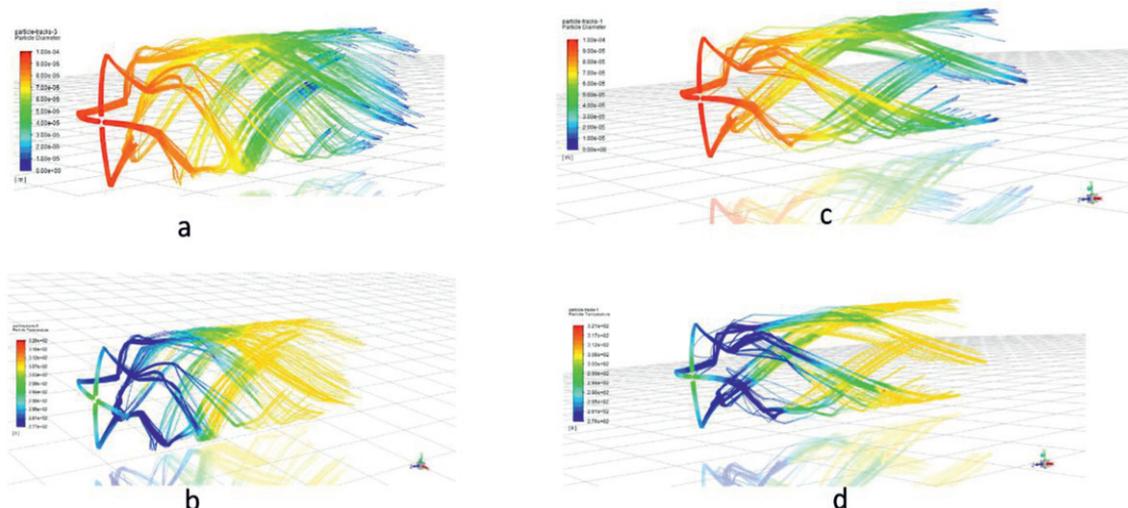


Рис. 6. Траектории движения частиц и их температуры: а, б – 50°, с – 30°

Данное обстоятельство объясняется рис. 5, где представлены зависимости концентраций углекислого газа от угла лопаток. Как известно, снижение эффективности перемешивания приводит к повышению недожога топлива, соответственно к образованию CO.

На рис.6 представлены траектории движения частиц керосина в горелочном устройстве, а также их температуры. Из рисунка видно, что при 50° (а, б) капли керосина испаряются раньше, это объясняется более высокой степенью закрутки, что приводит к более высокому распылению и, соответственно, более интенсивному теплообмену между факелом и каплями керосина. Также из рисунка видно, что капли топлива резко меняют траекторию движения, это происходит за счет удара капель керосина о стенку горелочного устройства, что может быть важно при проектировании горелочного устройства.

Проведенный анализ показывает, что изменение степени закрутки потока путем изменения угла лопаточного завихрителя в значительной степени влияет на характеристики горения.

Заключение

1. Большие возможности по снижению уровня эмиссии оксида имеет технология «бедного» горения предварительно подготовленной смеси с дискретно расположенны-

ми зонами. Эту технологию можно рекомендовать для реализации в камерах сгорания стационарных ГТУ и теплогенераторов.

2. Выходной завихритель влияет на процесс горения, и при снижении угла до 30° оксиды азота уменьшаются до минимальных значений. Степень крутки на выходе также влияет на стабилизацию горения.

3. Входной завихритель отвечает за предварительное перемешивание, и в нашей горелке он выбран 40°. Повышение закрутки увеличивает гидравлические потери. Поэтому нужен компромисс.

Список литературы

1. Zhang W., Wang J., Lin W., Mao R., Xia H., Zhang M., Huang Z. Effect of differential diffusion on turbulent lean premixed hydrogen enriched flames through structure analysis. International Journal of Hydrogen Energy. 2020. vol. 45. Issue 18. P. 10920–10931.
2. Zhou H., Tao C. Effects of annular N₂/O₂ and CO₂/O₂ jets on combustion instabilities and NO_x emissions in lean-premixed methane flames. Fuel. 2019. vol. 263. P. 116709. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116709.
3. Lefebvre A.H., Dilip R. Ballal. Gas turbine combustion: Alternative Fuels and Emissions. Third Edition. London: Taylor & Francis, 2010. 537 p.
4. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки / Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 588 с.
5. ANSYS FLUENT Theory Guide: Release 14.0 ANSYS, Inc. is certified to ISO 9001:2008. Southpointe. 275 Technology Drive. Canonsburg, PA 15317. 826 p.
6. Karlovitz B. A turbulent flame theory derived from the experiments. AGARD Selected Combustion Problems, Butterworth, London, 1953. 248 p.

УДК 663.255.9(479.24)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВИН ТИПА ХЕРЕС В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**Тагиев А.Т., Фаталиев Х.К.***Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа,
e-mail: azer.tagiev.79@mail.ru, hasil.fataliyev@mail.ru*

Несмотря на то что впервые хересные вина были произведены в Испании, исследования, касающиеся хереса, проводились, можно сказать, во всех винодельческих странах. С сожалением приходится отметить, что последние 50 лет в Азербайджане хересные вина не производились, и такой важный вопрос оставался без внимания. Определение сорта винограда для производства хереса в нашей стране, выбор рас дрожжей и усовершенствование технологии хереса является актуальной задачей. Как видно, перед этой областью стоит требующая решения научная проблема, и ее решение в новом ключе имеет важное научное и практическое значение. Целью исследования является усовершенствование технологии производства хересного вина с использованием сортов винограда, выращиваемых в местных условиях. Было обнаружено, что с увеличением выхода сусла возрастало содержание экстрактивных веществ, в том числе фенольных и азотистых соединений. Учитывая большую чувствительность хересных дрожжей к фенольным соединениям, в особенности к их полимерным формам, в ходе исследований использовалось сусло I сорта или же его смесь с полупрессовым суслом 1-го давления. Было обнаружено, что опытные образцы, хересование которых в течение 6 месяцев проходило под хересной пленкой, в особенности же образец вина, полученный с помощью купажа, подвергались более глубоким изменениям в сравнении с первичным виноматериалом. В этом случае наблюдалось снижение содержания спирта на 1,8 об%, в содержании же приведенного экстракта наблюдалось повышение на 2,5 г/дм³. В ходе наблюдений, проводимых над процессом хересования в местных условиях, было обнаружено, что более высокое содержание альдегидов встречалось в первые месяцы хересования. Затем на фоне снижения содержания альдегидов возрастало содержание ацеталов, а к концу процесса соотношение альдегидов к ацеталам составляло 1,01.

Ключевые слова: виноград, сусло, вино, херес, виноматериал, спирт, сахар, кислоты**THE STUDY ON THE PRODUCTION OF SHERRY WINES IN AZERBAIJAN****Tagiev A.T., Fataliev Kh.K.***Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, e-mail: azer.tagiev.79@mail.ru, hasil.fataliyev@mail.ru*

Although sherry wines were produced in Spain for the first time, research relating to sherry was carried out almost in all wine-making countries. Unfortunately, for the past 50 years, no sherry wines have been produced in Azerbaijan, and such an important issue has been ignored. The determination of the assortment of grapes for the production of sherry in our country, the selection of races of yeast and the improvement of sherry technology is an urgent task. This area faces a scientific problem that needs to be solved and its solution has important scientific and practical significance. The study aimed to improve the production technology of sherry wine using grape varieties grown under local conditions. It was found that with an increase in the yield of wort, the content of extractives, including phenolic and nitrogen compounds, increased. Considering the high sensitivity of sherry yeast to phenolic compounds, especially to their polymer forms, we used the first grade wort, or a mixture of it with the obtained press wort, of the 1st pressure. The experimental samples, kept for 6 months under a sherry film, in particular, the wine sample obtained using a blend, underwent more profound changes in comparison with the primary wine material. In this case, the alcohol content was observed to decrease by 1.8 vol%, while an increase of 2.5 g / dm³ occurred in the content of the given extract. A higher aldehyde content was found in the first months of the process of sherry production under local conditions. Then, the acetal content increased with decreasing aldehyde content, and by the end of the process, the ratio of aldehydes to acetals was 1.01.

Keywords: grapes, wort, wine, sherry, wine material, alcohol, sugar, acids

Основными направлениями развития виноделия в Азербайджане являются повышение качества, обеспечение конкурентоспособности производимой продукции и ориентированности на экспорт. Планируется создание бренда «Made in Azerbaijan», где винам и продуктам виноделия будет отдаваться предпочтение, и предполагается увеличение до 2025 г. экспорта вин из Азербайджана в 5 раз.

Площадь виноградников в Азербайджане должна быть увеличена до 30 тысяч гектаров, производство винограда – до 500 тысяч тонн, а производство вина – до 30 миллионов декалитров. Планируется 30% произ-

водимого винограда использовать в свежем виде, а оставшуюся часть отдавать на производство вина [1–3].

В глобализирующемся мире, наряду с другими областями производства, в виноделии также наблюдается глубокий кризис и возрастание конкуренции. В таких условиях вывод на рынок продуктов переработки, производящихся в стране, требует особого внимания и ответственности. Существующее положение дел на мировом рынке не позволяет реализовать желаемый ассортимент вин. Занять место на рынке возможно только с помощью качественного ассортимента вин, отвечающего вкусам

потребителя. С этой точки зрения производство хересных вин, изготавливаемых по специальной технологии, является весьма актуальным.

С сожалением приходится отметить, что последние 50 лет в Азербайджане хересные вина не производились, и такой важный вопрос остался без внимания. Определение сорта винограда для производства хереса в нашей стране, выбор рас дрожжей и усовершенствование технологии хереса является актуальной задачей. Как видно, перед этой областью стоит требующая решения научная проблема, и ее решение в новом ключе имеет важное научное и практическое значение.

Несмотря на то что впервые хересные вина были произведены в Испании, исследования, касающиеся хереса, проводились, можно сказать, во всех винодельческих странах. Известные в мире ученые, специализирующиеся в этой области – М.Ф. Саенко, М.А. Герасимов, А.А. Преображенский, М.А. Ботелла, Ж.А. Морено, Т. Бенитес, Дж. Домингес, Д.А. Гуллкен, С.Н. Червяк, В.Г. Гержикова, В.Т. Христюк, Б.Я. Авербух, И. Дадашов и другие – являются авторами основательных трудов, касающихся исследования хересных вин. В результате проведенных исследований был разработан ряд методов, связанных с производством хереса. Эти методы делятся по способу ферментации на пленочные, то есть ферментацию на поверхности вино-материала; беспленочные – ферментацию в дрожжевом осадке; внутреннюю ферментацию и комбинированную ферментацию (комбинирование пленочных и беспленочных методов). По ходу процесса различаются периодический и непрерывный метод, то есть хересование в потоке [4–7].

Проводимые многочисленные исследования не смогли охватить процессы изготовления хереса для всех регионов. Так, изготовление хереса основывалось на распространенных в Испании и ряде западных стран конкретных сортах: Паламино де Херес, Паламино Фино, Педро Хименес. Типичные же сорта для других регионов оно не охватывало. То же самое можно отнести и к осуществляющим хересование расам дрожжей. Многочисленные исследования были связаны с изготовлением хересных вин только лишь из сортов белого винограда, и к сортам красного винограда не относились.

Целью исследования является усовершенствование технологии производства хересного вина с использованием сортов винограда, выращиваемых в местных условиях.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были использованы выращиваемые в местных условиях на обширных территориях местные и привезенные сорта винограда (Байаншире, Ркацители, Алиготе, Рислинг, Фетяска, Шардоне, Совиньон, Матраса), изготовленное из них виноградное сусло, виноматериалы, расы дрожжей для хересования Херес-20С, Херес-96К и ректифицированный этиловый спирт.

В исследованиях были использованы общепринятые, новые и модифицированные методы анализа, широко используемые в химии и микробиологии вина. Виноматериал исследуется до процесса хересования, в ходе процесса и в конце.

Хроматография осуществляется на колонке SUPELCO C18 (5 µm, 25 см x 4,6 мм) с помощью метода HPLC и с использованием программы элюирования.

Скорость потока составляет 1 мл/мин. Измерение проводится при длине волны 280 нм, для антоцианов – при 520 нм. До инъекции каждого образца в течение 10 минут колонка промывается 100%-ным метиловым спиртом и регулируется в течение 10 минут.

Результаты исследования и их обсуждение

На винодельческих предприятиях Азербайджана в ходе процессов первичной переработки все еще используют оборудование, произведенное во времена существования Советского Союза. Эти поточные линии состоят из используемых в переработке винограда «белым способом» последовательно установленных стекателей, прессов и другого оборудования, предусматривающего измельчение и перетирание мезги. Полученное из стекателя в ходе переработки винограда сусло 1-го сорта со значением 45–50 дал в зависимости от цели использования перемешивается с различными фракциями прессового сусла со значением 25 дал или же используется по отдельности.

В Азербайджане сусло 1-го сорта используется в основном для производства шампанских вин, его смесь с полученным прессовым суслом первого давления используется для получения натуральных вин, а из смеси всех фракций или только из фракции, полученной из пресса, получают крепкие вина. Известно, что в Азербайджане хересные вина не производятся. Поэтому изучение путей эффективного использования фракций, полученных из такого оборудования, представляет большой интерес для решения данной задачи.

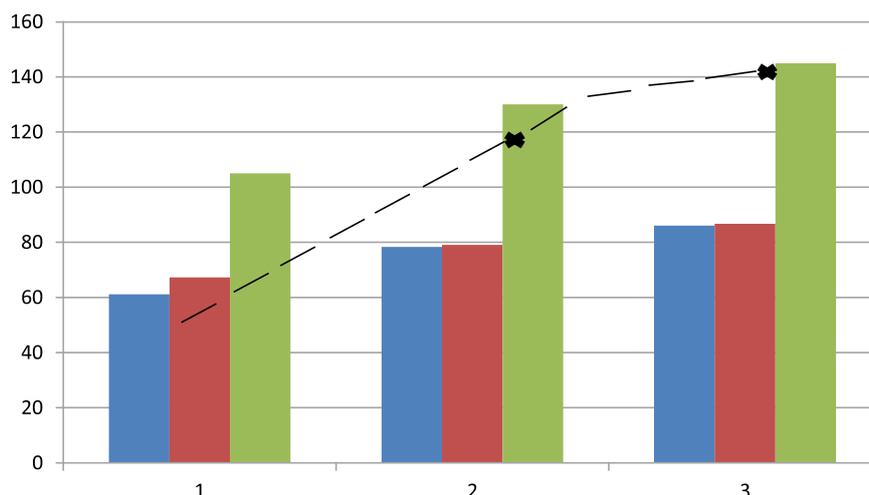


Рис. 1. Влияние выхода сусла на содержание ароматических веществ для хересных вин:
1. Выход сусла 45–50 дал/т; 2. Выход сусла 55–60 дал/т; 3. Выход сусла 70–75 дал/т

■ – Массовая плотность альдегидов, мг/дм³

■ – Массовая плотность эфиров, мг/дм³

■ – Массовая плотность высших спиртов, мг/дм³

— * — – Массовая плотность терпеновых спиртов, мг/дм³

В хересном виноматериале, изготовленном из различных выходов сусла, полученного из 1 тонны винограда, бросается в глаза разница массовой концентрации ароматических веществ (рис. 1).

Как видно из рис. 1, с возрастанием выхода сусла наблюдалось увеличение массовой концентрации высших спиртов, эфиров и альдегидов. Если в 1-м случае массовая плотность составляла 61,2 мг/дм³, то во 2-м случае – 78,3 мг/дм³, а в 3-м случае – 86,1 мг/дм³.

Похожая ситуация наблюдается и в содержании эфиров: I – 67,3; II – 72,1; III – 86,7 мг/дм³. Еще больше внимания привлекло возрастание содержания высших спиртов, и в особенности терпенов. В первом случае оно составляло 40 мг/дм³, а во втором случае наблюдалось возрастание до примерно 100 мг/дм³.

Было обнаружено, что с увеличением выхода сусла возрастало содержание экстрактивных веществ, в том числе фенольных и азотистых соединений. Еще более важным моментом является возрастание в этом случае содержания фенольных соединений, в особенности их полимерных форм. Это может явиться основным фактором, препятствующим в будущем хересованию винного материала. Поэтому такая ситуация считается нежелательной для этого типа вин.

Обнаруживаемые на хроматограмме виноградного сусла из сорта Байаншире спектры и литературные источники дают нам основание предположить, что точки пиков,

отмеченные буквами a, b и c, могут принадлежать производным гидроксibenзойной кислоты, точка пика, отмеченная буквой d – сис-ресвератролу или сис-ресвератрол гликозиду (рис. 2).

В наших условиях в жарких регионах обычно наблюдается недостаток кислотности, а в предгорных и горных регионах кислотность бывает выше нормы. Помимо этого, в некоторые годы в связи с неблагоприятными климатическими условиями невозможно получить нормальный урожай винограда. В результате происходит сбор винограда, не соответствующего кондиции, и в этом случае получается виноград с более низким содержанием сахара и более высокой кислотностью.

Известно, что в условиях более низкой или более высокой кислотности процесс хересования не происходит или же идет очень слабо. Поэтому в ходе исследований большое внимание уделяли регуляции кислотности.

Одним из наиболее эффективных методов уменьшения концентрации титруемых кислот является снижение кислотности биологическим путем. Однако из-за неэффективной работы бактерий в среде виноматериала с очень высокой кислотностью требуется сначала обработать его химическим путем, а затем уже биологическим. В этом случае химический метод обеспечивает снижение кислотности среды до такого уровня, при котором микроорганизмы смогут активно развиваться и завершить процесс.

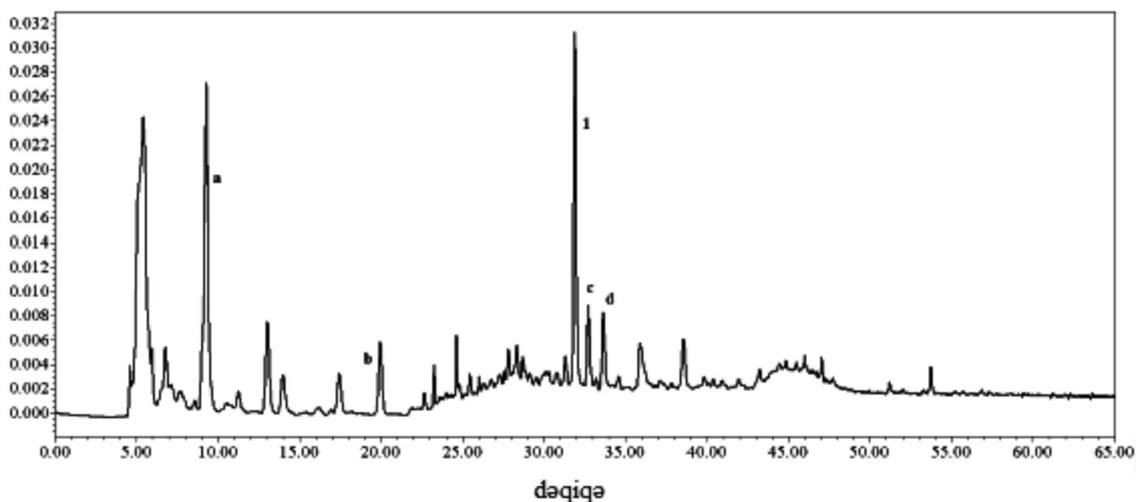


Рис. 2. Хроматограмма сула, полученного из винограда сорта Байаншире (при длине волны 280 нм): 1 – катехин; a, b, c – производные гидроксибензойной кислоты; d – производные сис-ресвератрола

Влияние регулирования кислотности хересного виноматериала на составные показатели

Образцы виноматериалов	Спирт, об%	Сахар, г/100 мл	SO ₂ , мг/дм ³		pH	Титруемая кислотность, г/дм ³	Органические кислоты, г/дм ³			
			общий	свободный			винная	яблочная	молочная	янтарная
Алиготе до понижения кислотности	9,8	0,11	91	13	3,18	8,7	4,15	3,11	0,41	0,26
после понижения кислотности	9,7	0,11	16	9	3,40	6,3	4,15	0,81	1,0	0,26
Фетяска до	10,2	0,17	96	14	3,18	8,5	4,10	3,80	0,23	0,36
после	10,1	0,17	54	8	3,30	6,5	4,10	0,63	2,10	0,36
Баяншира до	10,5	0,12	64	6,0	3,10	8,6	3,76	3,5	0,36	1,10
после	10,3	0,11	58	5,1	3,3	6,4	3,76	0,51	1,20	1,10

Снижение кислотности биологическим методом проводится с помощью кислото-молочных бактерий, которые превращают яблочную кислоту в молочную, уменьшая таким образом кислотность среды. В вине обнаружено 4 рода и 9 видов молочнокислых бактерий. Однако исследования показали, что самопроизвольное протекание процесса с помощью естественной микрофлоры связано с возникновением ряда рисков. Поэтому для этой цели были использованы чистые культуры молочнокислых бактерий.

В ходе снижения биологическим путем кислотности хересных виноматериалов на-

ряду с кислотами наблюдается и изменение состава других компонентов (таблица).

Как видно из таблицы, в ходе снижения биологическим методом кислотности как в сортах Байаншира и Алиготе, так и в сорте Фетяска на фоне уменьшения содержания яблочной кислоты наблюдалось повышение уровня молочной кислоты. В ходе процесса яблочно-молочного брожения в содержании винной и янтарной кислоты особых изменений, можно сказать, не происходило.

Было обнаружено, что в этом случае улучшение качества вина сопровождалось повышением его стабильности. В то же время отсутствие в определенной степени

яблочной кислоты в вине снижает возможность помутнения из-за присутствия бактерий. В результате превращения двухосновной яблочной кислоты в одноосновную молочную резко снижается кислотность среды и появляется мягкий вкус, присущий накопившейся в среде молочной кислоте.

Хорошие результаты дает также добавление в малых количествах (25–30 мг/дм³) сернистого ангидрида с последующим отстаиванием и фильтрованием, или же пастеризация виноматериала. Было обнаружено, что для развития хересной пленки оптимум pH должен находиться в пределах 3,2–3,4. Изменение титруемой кислотности в таком белом виноматериале в пределах 5–7 г/дм³ может считаться оптимальным.

В нашей стране сусло, в особенности полученное из виноградников, выращиваемых в равнинных регионах, часто характеризуется низкой кислотностью. Полученное из такого винограда вино бывает скучным, негармоничным и может легко заболеть. В производстве хересного виноматериала этот вопрос стоит особенно остро. Все академические исследования, существующие в этой области, доказывают недопустимость снижения уровня кислотности ниже минимального значения.

Для повышения кислотности в сусло или вино добавляли винную кислоту. В этом случае у образцов вина, обладающих низкой кислотностью, улучшались не только

вкус и гармоничность, но и цвет. Улучшение цвета связано со стимулирующим действием кислот на процесс растворения красящих веществ. Купаж материала высокой кислотности с материалом низкой кислотности также давал хороший результат.

Как видно из результатов химических анализов, в ходе пленочного хересования у всех образцов вина наблюдалось снижение содержания спирта. Это являлось в основном результатом окисления этилового спирта в уксусный альдегид и было типичным для процесса хересования.

Изменения в содержании спирта и экстракта в образцах в ходе процесса хересования отражены в диаграмме (рис. 3). Как видно, в сравнении с первичным виноматериалом в образцах, прошедших хересование в течение 6 месяцев, бросались в глаза основательные различия. Этот проявлялось в основном в снижении содержания спирта и повышении содержания приведенного экстракта.

Более всех подверженным глубоким изменениям оказался 4-й образец, то есть образец вина, полученный путем купажа. В этом случае в содержании спирта наблюдалось снижение на 1,8 об%, а в содержании приведенного экстракта – возрастание на 2,5 г/дм³. Исследования доказывают, что такие глубокие изменения свидетельствуют об успешном процессе хересования.

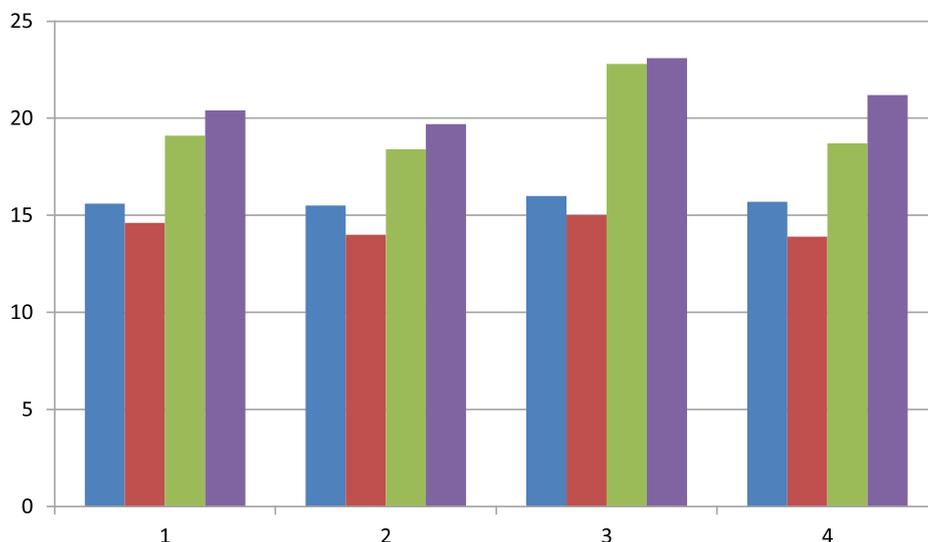


Рис. 3. Изменение содержания спирта и экстракта в ходе процесса хересования:
1 – Байанишира; 2 – Фетяска; 3 – Ркацители; 4 – купажный виноматериал

- – Содержание этилового спирта в исходном виноматериале
- – Содержание этилового спирта после 6 месяцев хересования
- – Содержание приведенного экстракта в исходном виноматериале
- – Содержание приведенного экстракта после 6 месяцев хересования

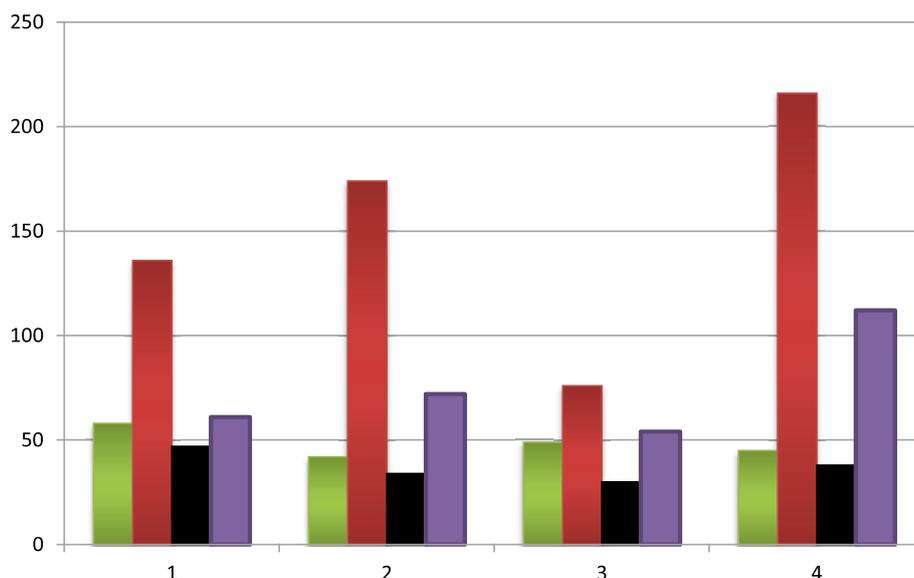


Рис. 4. Изменение содержания альдегидов и ацеталов в ходе процесса хересования: 1 – Байанишире; 2 – Фетяска; 3 – Ркацители; 4 – купажный виноматериал

- – Содержание альдегидов в первичном винном материале
- – Содержание альдегидов после 6-месячного хересования
- – Содержание ацеталов в первичном винном материале
- – Содержание ацеталов после 6-месячного хересования

Одним из основных критериев формирования свойственных хересным винам особенностей является содержание в вине альдегидов и ацеталов и их соотношение (рис. 4).

Рассматривая все образцы вина, видим, что у опытных образцов, прошедших 6-месячное хересование, в сравнении с первичным виноматериалом наблюдалось увеличение содержания альдегидов и ацеталов. В образце, полученном путем купажа, это увеличение было более явным по сравнению с другими образцами.

В ходе наблюдений, проводимых над процессом хересования в местных условиях, было обнаружено, что более высокое содержание альдегидов встречалось в первые месяцы хересования. Затем на фоне снижения содержания альдегидов возрастало содержание ацеталов, а к концу процесса отношение альдегидов к ацеталам составляло 1,01.

При повышении соотношения альдегидов к ацеталам интенсивность и типичность хереса снижается. Известно, что в типичности хересных вин наряду с альдегидами и ацеталами особую роль играют также эфиры. Предполагается, что летучие и насыщенные эфиры участвуют в формировании букета вина, а нелетучие эфиры – в формировании его вкуса.

В ходе хересования процесс образования эфиров идет более интенсивно, и в на-

ших условиях содержание нейтральных эфиров превышает содержание насыщенных эфиров. Несмотря на то что в период старения содержание эфиров снижается, вышеотмеченная закономерность сохраняется. Стойкость эфиров же меняется в зависимости от окислительно-восстановительного потенциала среды.

Выводы

Было обнаружено, что с увеличением выхода сула повышается содержание экстрактивных веществ, в том числе фенольных и азотистых соединений. С увеличением выхода сула с одной тонны винограда для хересных виноматериалов наблюдалось увеличение массовой концентрации высших спиртов, эфиров и альдегидов. В этом случае наблюдалось увеличение содержания фенольных соединений, в особенности их полимерных форм. Учитывая большую чувствительность хересных дрожжей к фенольным соединениям, в особенности к их полимерным формам, в ходе исследований использовалось суло I сорта или же его смесь с прессовым сулом 1-го давления.

Обоснованы пути регулирования кислотности хересных виноматериалов в соответствии с сортом винограда и местными условиями. Среди кислот после винной

кислоты преимущество имело молочная кислота.

Было обнаружено, что опытные образцы, хересование которых в течение 6 месяцев проходило под хересной пленкой, в особенности же образец вина, полученный с помощью купажа, подвергались более глубоким изменениям в сравнении с первичным виноматериалом. В этом случае наблюдалось снижение содержания спирта на 1,8 об%, в содержании же приведенного экстракта наблюдалось повышение на 2,5 г/дм³. Такие глубокие изменения подтверждают успешный ход процесса хересования.

Список литературы

1. Государственная программа по развитию виноградарства в Азербайджанской Республике в 2012–2020 годах: утверждено Распоряжением Президента Азербайджанской Республики от 15 декабря 2011 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.e-qanun.az/framework/22694> (дата обращения: 21.03.2020).

2. Государственной программы по развитию виноделия в Азербайджанской Республике в 2018–2025 годах», утвержденной Указом Президента Азербайджанской Республики от 3 мая 2018 года № 38684. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.e-qanun.az/framework/> (дата обращения: 21.03.2020).

3. Стратегическая дорожная карта по производству и переработке сельскохозяйственной продукции в Азербайджанской Республике, утвержденная Указом Президента Азербайджанской Республики от 6 декабря 2016 года № 1138. [Электронный ресурс]. URL: http://www.iqtisadiislahat.org/store//media/documents/islahatlar_icmali/avqust/SYX-kend%20teserrufati_ru_.pdf (дата обращения: 21.03.2020).

4. Aktan N., Kalkan H. Sarap teknolojisi. Ankara: Kavaklıdere Eğitim Yayınları, 2008. 615 p.

5. Козуб Г.И., Авербух Б.Я. Новое в производстве хереса. Кишинев: Картя, Молдовеняскэ, 1980. 235 с.

6. Христюк В.Т. Пути реализации технологии производства биологических вин // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 4. С. 5–6.

7. Червяк С.Н., Гержикова В.Г. Количественное изменения компонентного состава виноматериалов в процессе биологической выдержки // Виноградарство и виноделие: сборник научных трудов. Том XLVII. Ялта: Магарач, 2018. С. 56–59.

ОБЗОРЫ

УДК 691

ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ ФАСАДОВ И ЦОКОЛЕЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**Павлычева Е.А., Пикалов Е.С.***ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru*

Наружная облицовка нужна не только для улучшения эстетичного вида фасада и цоколя, но и для улучшения эксплуатационных характеристик здания. Для материалов наружной облицовки важны такие характеристики, как устойчивость к негативным внешним воздействиям, высокая прочность и морозостойкость, низкое водопоглощение, легкость, долговечность, негорючесть материала, экологичность, выполнение защитной функции от возможных механических, температурных, световых, ветровых, биологических и других воздействий, доступная цена на материалы, легкость монтажа и небольшие затраты на обслуживание. В данной статье рассмотрены наиболее распространенные облицовочные материалы для отделки фасадов и цоколей зданий и сооружений с указанием преимуществ и недостатков по указанным выше эксплуатационным параметрам. Приведена общая характеристика наиболее широко применяемых видов облицовочных каменных материалов, лицевых кирпичей, разновидностей фасадной штукатурки, видов сайдинга, облицовочных панелей, листовых и рулонных облицовочных материалов. Рассмотрены основные тенденции и перспективы развития материалов для наружной облицовки, позволяющие получить солнечные, самоочищающиеся и зеленые фасады, медиафасады и возможности применения фазопереходных веществ в фасадных изделиях. Приведенная информация позволяет оценить разнообразие материалов для наружной облицовки и возможности их применения в зависимости от дизайна, условий эксплуатации и финансовых возможностей.

Ключевые слова: облицовочные материалы, облицовочный камень, клинкерная керамика, фасадная штукатурка, сайдинг, фиброцемент, облицовочный кирпич, фасадные панели

CHARACTERISTICS OF MODERN MATERIALS FOR CLADDING FACADES AND SOCLE OF BUILDINGS AND STRUCTURES**Pavlycheva E.A., Pikalov E.S.***Federal Educational Institution of Higher Education Vladimir State University of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru*

External cladding is needed not only to improve the aesthetic appearance of the facade and socle, but also to improve the performance of the building. For external cladding materials, the following characteristics are important: resistance to negative external influences, high strength and sea resistance, low water absorption, lightness, durability, incombustibility of the material, environmental friendliness, performance of a protective function against possible mechanical, temperature, light, wind, biological and other influences, affordable price for materials, ease of installation and low maintenance costs. This article discusses the most common facing materials for cladding facades and socles of buildings and structures, indicating the advantages and disadvantages of the above-mentioned operational parameters. The General characteristics of the most widely used types of facing stone materials, face bricks, varieties of facade plaster, types of siding, facing panels, sheet and roll facing materials are given. The main trends and prospects for the development of materials for exterior cladding that allow to obtain solar, self-cleaning and green facades, media facades and the possibility of using phase change materials in facade products are considered. This information allows you to evaluate the variety of materials for exterior cladding and their application depending on the design, operating conditions and financial opportunities.

Keywords: cladding materials, facing stone, clinker ceramics, facade plaster, siding, fiber-reinforced cement, facing brick, facade panels

Облицовочные материалы применяются на завершающих этапах строительства зданий и сооружений для придания им эксплуатационных качеств и эстетического внешнего вида. На сегодняшний день существует большое количество видов облицовочных материалов, что, с одной стороны, расширяет возможности при проведении строительных работ, а с другой – затрудняет принятие окончательного решения по выбору того или иного материала на стадии проектирования. Для правильного выбора материала нужно учитывать его декоративный вид

и эксплуатационные характеристики, чтобы соотнести эти параметры с дизайном и назначением облицовываемой поверхности.

Различают облицовочные материалы для внутренней и внешней отделки. Внутри здания облицовывают стены, полы, потолок, камины и т.д. При этом облицовочные материалы для внутренней отделки играют в первую очередь декоративную роль, а также защищают облицовываемые поверхности от влаги и обеспечивают комфортные условия для пребывания внутри помещения. Снаружи зданий облицовывают фасад

и цоколь. Наружная облицовка нужна для защиты несущих стен от механических воздействий и факторов окружающей среды: атмосферных осадков, ветра, ультрафиолетового излучения и т.д. Поэтому материалы для наружной облицовки, особенно цокольные, по сравнению с материалами для внутренней облицовки должны обладать большей прочностью и меньшим водопоглощением, высокой морозостойкостью, а также обеспечивать защиту от возможных температурных, световых, ветровых, биологических (защита от микроорганизмов, насекомых, грызунов и т.д.) и других воздействий, чтобы предотвратить разрушение облицовываемых поверхностей. Такие характеристики, как негорючесть материала, экологическая безопасность, легкость монтажа и ремонта, доступная стоимость и небольшие затраты на обслуживание, являются общими требованиями к материалам для наружной и внутренней облицовки.

Цель данной работы заключается в рассмотрении характеристик современных материалов для наружной облицовки фасадов и цоколей зданий, особенностей их применения и эксплуатации, основных преимуществ и недостатков.

Облицовочные каменные материалы

Облицовочный камень – это широко применяемый материал, который может быть как природного (натуральный камень: гранит, габбро, базальт, туф, известняк, мрамор и т.д.), так и искусственного происхождения. Искусственный камень производится на основе бетона, глины, песка, гипса, каменной крошки и других природных минералов, для которых в качестве связующего используют в основном светопрозрачные ненасыщенные полиэфирные (в первую очередь акриловые) и эпоксидные смолы. Самым распространенным искусственным камнем является керамогранит, который производится на основе глины высокого качества с добавлением смесей перетертых горных пород и натуральных красителей [1]. К искусственным каменным материалам, применяемым для наружной облицовки, можно отнести бетонные и керамзитобетонные блоки, выполняемые с рельефной поверхностью, имитирующей необработанный камень, или декоративным слоем, имитирующим различные виды облицовки.

Искусственный и натуральный виды камня обладают большой долговечностью, высокими значениями стойкости к действию агрессивных сред и прочности, являются экологически безопасными материалами, характеризуются большим разнообразием цветовой гаммы и текстуры, хо-

рошими эстетическими качествами. Кроме того, натуральный камень является негорючим материалом. Основными недостатками облицовочного камня являются высокая теплопроводность и большая масса, затрудняющая транспортировку, монтаж и повышающая нагрузку на фундамент, а также необходимость регулярного ухода. В связи с этим облицовочные каменные изделия используются в основном для облицовки цоколей, а для фасадов применяются только при небольшой этажности здания.

Существуют схожие с искусственным камнем разновидности полимерных композиционных изделий для наружной облицовки. Самым распространенным из них является полимерпесчаный материал, который широко используется в производстве цокольной плитки, обладает всеми преимуществами и недостатками искусственного камня, изготавливается на основе термопластичных связующих (в основном полиэтилена и полипропилена [2]) и кварцевого песка. Имеются разработки по получению изделий для наружной облицовки, сочетающих средние значения легкости и прочности с низкими значениями теплопроводности и водопоглощения, и получаемых на термопластичных связующих (поливинилхлорид, полистирол) с наполнителями на неорганической основе (кирпичный и стекольный бой) [3–5].

Лицевые кирпичи

Керамический кирпич производится из смеси глинистого сырья с различными добавками и пигментами. Различают ангобированный, глазурированный и офактуренный лицевые кирпичи, а также клинкерный кирпич, изготавливаемый из специальных глин при высокой температуре обжига. Существует длинноформатная разновидность облицовочного керамического кирпича (керамический ригель). Все эти материалы обладают широкой цветовой гаммой и большой вариативностью размеров, высокими значениями прочности и морозостойкости, долговечностью, негорючестью, экологической безопасностью, хорошими звуко- и теплоизоляционными характеристиками. Недостатками облицовочного керамического кирпича являются большая масса, возможность появления высолов, снижение морозостойкости и долговечности при нарушении лицевого слоя, сложность с подбором тонов между кирпичами разных партий.

Силикатный кирпич состоит из кварцевого песка, воздушной извести, а также добавок и пигментов. Этот материал дешевле керамического кирпича, имеет широкую цветовую гамму, устойчив к низким тем-

пературам, атмосферным и химическим воздействиям. Это экологичный материал, обладает хорошей звукоизоляцией и прочностью. К его недостаткам относятся высокие значения теплопроводности и водопоглощения, большой вес изделий.

Гиперпрессованный кирпич состоит из цемента, известняка-ракушечника и подобных ему материалов. Этот материал получают сухим прессованием с последующим твердением, и внешне он напоминает керамику. К преимуществам гиперпрессованного кирпича относятся стойкость к низким температурам, точность размеров, прочность, широкая цветовая гамма, экологичность, устойчивость к химическим и атмосферным воздействиям. Недостатками этого материала являются большой вес, высокая теплопроводность, склонность к деформации в процессе эксплуатации, низкая цветостойкость и большое тепловое расширение.

Штукатурка для наружных работ

Фасадные штукатурки применяются в качестве внешнего облицовочного слоя в так называемых мокрых фасадах [6], получивших свое название благодаря использованию жидких или полужидких клеевых растворов для крепления слоя теплоизоляции (минеральной ваты или пенопласта) к наружной стене крепления армирующего слоя (наиболее часто применяется стеклоткань) поверх теплоизоляционного. При этом теплоизоляционный слой дополнительно крепится при помощи крепежных дюбелей.

Минеральная штукатурка является самой распространенной, так как имеет широкую цветовую гамму и отличается самой низкой стоимостью. Эта штукатурка отличается негорючестью, стойкостью к воздействию ультрафиолетовых лучей и развитию микроорганизмов.

Акриловая штукатурка немного дороже минеральной, но в то же время благодаря полимерной основе она отличается гибкостью и эластичностью, что препятствует появлению трещин, более долговечна в использовании, устойчива к низким температурам и влаге, но вместе с тем является огнеопасным материалом.

Силикатная штукатурка отличается стойкостью к ультрафиолетовым лучам, влаге и низким температурам. Она является одной из самых долговечных в использовании, но вместе с тем характеризуется ограниченной цветовой гаммой и высокой стоимостью.

Силиконовая штукатурка является самой дорогой из рассмотренных видов штукатурок. Эта штукатурка легко само-

очищается, отличается высокой стойкостью к влаге, низким температурам и ультрафиолетовому излучению, является трудногорючим и долговечным (несколько десятков лет) материалом. Силиконовая штукатурка хорошо сочетается с любым теплоизоляционным материалом.

Самым главным недостатком любой фасадной штукатурки является сложность нанесения, связанная с необходимостью строгого соблюдения технологии приготовления и трудоемкостью при больших площадях поверхности.

Сайдинг

Сайдинг – это один из самых популярных на сегодня облицовочных материалов, представляющий собой тонкую панель с пробитым краем и креплением-замком. Сайдинг монтируется на стальной, алюминиевый или деревянный каркас (обрешетку) и используется как для облицовки цоколей, так и для создания вентилируемых фасадов, в которых между облицовочным слоем и слоем теплоизоляции или стеной остается зазор, в котором свободно циркулирует воздух, что препятствует накоплению конденсата и влаги на облицовываемой поверхности и перегреву этой поверхности. Разновидностью сайдинга является блок-хаус, отличающийся полукруглой лицевой стороной, имитирующей поверхность бревна [7].

Металлический сайдинг – самый распространенный фасадный и цокольный материал. Он производится из стали с полимерным или цинковым покрытием либо из алюминия, что позволяет снизить его массу. Такой сайдинг имеет широкий цветовой спектр, долговечность более 50 лет, характеризуется атмосферостойкостью, морозостойкостью, влагостойкостью и негорючестью. Его недостатками являются сравнительно большая масса, склонность к коррозии при нарушении покрытия, необратимая деформация под изгибающей нагрузкой и достаточно высокая стоимость. Разновидностями металлических облицовочных материалов являются профилированный лист (профлист, профнастил), который является листовым материалом с волнообразной, трапециевидной и др. формами для придания жесткости и прочности, а также линейные панели, которые имеют загнутые (закрытые) или открытые торцы [8; 9], и фасадные кассеты (металлокассеты), которые имеют загнутые торцы и имеют различную форму: прямоугольную, треугольную трапециевидную, П-образную и др.

Виниловый (пластиковый или поливинилхлоридный) сайдинг, как следует из названия, производят из поливинилхлорида

(ПВХ). Данный вид сайдинга долговечный (более 40 лет), легкий, трудногорючий, но плохо переносит высокие и низкие температуры. Виниловый сайдинг подразделяется на цокольный, стеновой и вспомогательный, который служит для скрытия стыков профильных соединений. Нередко цокольный сайдинг выделяют в отдельный вид из-за специфики применения и более высоких показателей прочности, стойкости к низким температурам и ветровым нагрузкам, атмосферостойкости и влагостойкости.

Акриловый сайдинг изготавливается из акрил-стирола, является морозостойким, экологичным, легко устанавливается и не боится от загрязнений. Его недостатками являются высокая стоимость и недолговечность при некачественном материале.

Цементный (фиброцементный) сайдинг производится из цемента, кварцевого песка и дополнительно армируется целлюлозными, синтетическими или стеклянными волокнами (фиброй) [9–11]. Фиброцементный сайдинг устанавливается «внахлест», является прочным, экологичным, пожаробезопасным, долговечным, светостойким, тепло- и звукоизоляционным. Но наряду с этим у него высокое водопоглощение (до 10%), низкая влагостойкость, большая масса и хрупкость. На основе фиброцемента также изготавливают фасадные панели, которые отличаются от сайдинга увеличенными размерами.

Сайдинг из древесно-полимерного композита (ДПК) производится на основе полимерного связующего, в качестве которого наиболее часто применяют полипропилен, полиэтилен и ПВХ, и древесного наполнителя [2]. Этот материал позволяет получить изделия, имитирующие натуральное дерево. Преимуществами сайдинга из ДПК являются легкость, атмосферостойкость, долговечность (до 30 лет) и низкая теплопроводность [10]. Недостатками такого сайдинга являются низкая абразивостойкость, высокое тепловое расширение, низкая влагостойкость при высоких температурах и достаточно высокая стоимость.

Деревянный сайдинг (фальшбрус) достаточно широко применяется при отделке частных домов. Также существует несколько других разновидностей деревянных облицовочных материалов: доска со скругленными или скошенными краями (планкен) и деревянные пластинки (дранка, шиндель и др.). Эти материалы отличаются низкой теплопроводностью и экологической безопасностью, но являются горючими, требуют постоянного ухода, характеризуются низкими значениями водостойкости и биостойкости при средних значениях проч-

ности и атмосферостойкости. Повысить водостойкость и биостойкость позволяет использование термодревеси, которая при производстве обрабатывается в безвоздушной среде при температуре около 180 °С, но в этом случае повышается стоимость материала.

Облицовочные панели

Панели, как и сайдинг, представляют собой группу наиболее распространенных и популярных облицовочных материалов, но отличаются большими размерами, в большинстве случаев большей толщиной и нередко содержат слой утеплителя. Панели также крепятся на обрешетку, применяются для облицовки цоколей и устройства вентилируемых фасадов.

Сэндвич-панели – это облицовочные материалы, применяемые в вентилируемых фасадах и состоящие из двух листов твердого материала (металл, ПВХ или магнезитованная плита) и слоя утеплителя между ними. Теплоизоляционный слой может быть выполнен из пенополиуретана (ППУ), пенополистирола (ППС) или минеральной ваты. Сэндвич-панели являются достаточно экологичным и долговечным материалом, характеризуются низкой теплопроводностью, морозостойкостью, атмосферостойкостью, устойчивостью к агрессивным средам, легкостью и быстротой монтажа. Недостатком этого материала является плохая устойчивость к механическим повреждениям и снижение характеристик при повреждении наружных слоев.

Термопанели – это облицовочный материал, который наряду с сэндвич-панелями используется и в качестве утеплителя, и для фасадной облицовки одновременно. Классической термопанелью считается панель с клинкерной наружной частью, но внешний слой может быть также металлическим, полимерпесчаным, керамогранитным, полимерным или выполнен из глазурованной керамической плитки. Теплоизоляционный слой аналогичен сэндвич-панелям. К преимуществам этого материала можно отнести низкую теплопроводность, легкость монтажа, хорошую звукоизоляцию, небольшой вес, стойкость к низким температурам и атмосферному воздействию. Недостатками термопанелей являются низкая паропроницаемость, низкая ударная прочность и высокая стоимость.

Алюминиевые композитные панели (АКП или алюкобонд) – это облицовочный материал в виде двух алюминиевых листов, между которыми располагается средний слой из полимерной композиции на основе полиолефинов. АКП отличаются

легкостью, прочностью, гибкостью, морозостойкостью, влагостойкостью, разнообразием цветовой гаммы и долговечностью (до 50 лет) [1; 9]. Недостатками данного материала являются горючесть, низкая абразивостойкость и высокая стоимость.

Ламинат высокого давления – это композитный материал, состоящий из целлюлозных волокон, нескольких слоев крафт-бумаги и реактопластичного связующего. Данный материал отличается широкой гаммой цветов и текстур, легкостью, экологичностью, влагостойкостью, атмосферостойкостью и ударопрочностью. Недостатками данного материала являются горючесть, низкая стойкость к ветровым нагрузкам и высокая стоимость.

Керамические панели – это современный облицовочный строительный материал, используемый для отделки навесных фасадов с вентиляцией. Этот материал обладает всеми преимуществами и недостатками облицовочного керамического кирпича. Существуют разновидности керамических панелей, имеющие свои особенности. Самой водостойкой и плотной панелью является экструдированная керамическая панель, называемая также терракотовой. Такие панели изготавливаются из смеси кварцевого песка и глины с использованием минеральных добавок. Наличие эмали или глазури повышает показатели влагостойкости, прочности и расширяет цветовую гамму керамических панелей. Низкой стоимостью отличаются панели монокоттура, производимая из белой глины, и котто, получаемая из красной глины. Монокоттура устойчива к низким температурам и влаге. Котто обладает пористой поверхностью в коричневых оттенках и устойчивостью к низким температурам. Клинкерная плитка производится из высокопластичной глины с последующим обжигом при температурах около 1200 °С. Клинкерная плитка обладает долговечностью, высокими значениями морозостойкости и прочности, низким водопоглощением, широкой цветовой гаммой, а также химической стойкостью и атмосферостойкостью [7]. Этот материал хорошо подходит для облицовки цоколей. Существуют разработки по получению облицовочной керамики на основе глин малой пластичности, эксплуатационные характеристики которых могут быть повышены за счет введения флюсующе-упрочняющих и порообразующих добавок, которые также позволяют получить закрытопористый материал с эффектом самоглазурования [12–14].

Стеклянные панели – это еще один материал для отделки навесных фасадов с вентиляцией, изготавливаемый из ударо-

прочных, ламинированных, армированных стальной сеткой или закаленных стекол. Стекло может быть матовым, зеркальным, непрозрачным, прозрачным, цветным или окрашенным, прямым или изогнутым [15], может обладать переменными свойствами: темнеть или менять прозрачность в зависимости от освещения и температуры [16]. Стеклянные панели отличаются легкостью, прочностью, а при наличии покрытий и специальных слоев приобретают защиту от ультрафиолетового излучения, теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства. Основным недостатком таких панелей является хрупкость.

Листовые и рулонные облицовочные материалы

Цементная плита (аквапанель) – это листовой облицовочный материал, который состоит из мелкозернистого керамзитобетона, армированного стеклосеткой [17]. Такой материал достаточно широко используют для облицовки фасадов каркасных домов. Аквапанель обладает экологичностью, влагостойкостью, гибкостью, высокой прочностью и долговечностью. Основным недостатком аквапанелей является достаточно высокая цена.

Фасадный гипсокартонный лист (ГКЛ) – это листовой отделочный материал, состоящий из двух слоев специального влагостойкого картона с гидрофобной пропиткой и сердечника из гипса с армирующими наполнителями: стекловолокном, металлической сеткой и др. При монтаже фасадные ГКЛ приклеивают в два слоя при помощи мастика и проводят финишную обработку шпатлевкой и краской на силиконовой основе. Фасадный ГКЛ является экологичным, тепло- и звукоизоляционным материалом, обладает огнестойкостью, отличается легкостью монтажа и низкой стоимостью. Однако этот материал характеризуется хрупкостью, сравнительно низкими значениями водостойкости и прочности.

Стекломагнийевый лист (СМЛ) – это листовой отделочный материал, который состоит из магнезимального вяжущего, включающего оксид магния и хлорид магния, а также наполнители: перлит, мелкодисперсную древесную стружку и стеклотканевую сетку [17]. Этот материал обладает высокой прочностью, легкостью, гибкостью, высокой влагостойкостью, низким водопоглощением, морозостойкостью, огнестойкостью (не горит до 1200 °С), химической и биологической стойкостью. СМЛ отличается экологической безопасностью, долговечностью и не нуждается в финишной отделке. При использовании некачественных сы-

рневых материалов и низком содержании оксида магния при намокании выделяется хлорид магния, вызывающий коррозию металла, снижается водостойкость и морозостойкость материала.

Гибкая керамика – это инновационный отделочный материал с возможностью облицовки нелинейных поверхностей. Различают два исполнения этого материала: в виде керамических блоков, скрепленных металлической проволокой в рулоны или гибкие листы (Flexbrick), и в виде измельченной модифицированной глины, нанесенной с добавлением полимерного связующего на основу из стеклосетки с последующим запеканием и добавлением эластичного защитного слоя (Csflex) [10]. Flexbrick обладает всеми преимуществами и недостатками керамической облицовки. Csflex является легким, прочным, долговечным (до 20 лет), экологичным, огнестойким, биостойким, морозостойким материалом малой толщины и имитирует облицовку керамическими изделиями.

Гибкий камень – это рулонный материал для наружной отделки в виде тончайшего среза натурального камня (в основном песчаника), наклеенного на стеклохолст [10]. Данный материал отличается легкостью, возможностью облицовки нелинейных поверхностей, малой толщиной и возможностью имитации натурального камня. Основными недостатками данного материала являются невысокая прочность и достаточная высокая стоимость.

Фасадные обои – это группа рулонных облицовочных материалов, являющихся альтернативой фасадной штукатурке. Различают флизелиновые обои с целлюлозным наполнителем, отличающиеся эластичностью и возможностью перекраски, обои на основе минеральных или стеклянных волокон, обладающие хорошей паропроницаемостью, и обои из гибкого камня, представляющие собой композитное покрытие из крошки натурального камня (в основном мрамора) на полимерном связующем (как правило, используется акриловая смола). Все виды фасадных обоев отличаются долговечностью, атмосферостойкостью, легкостью монтажа [7], разнообразием цветовой гаммы и текстуры с имитацией различных облицовочных материалов.

Строительные мембраны – это рулонные или модульные облицовочные материалы, которые могут быть текстильными (в основном из полиэфирной ткани, покрытой ПВХ, или из стеклоткани, покрытой политетрафторэтиленом или силиконом) или пленочными (из этилен-тетрафторэтилена или этилен-хлортрифторэтилена) [18; 19].

Строительные мембраны отличаются легкостью, стойкостью к ветровым нагрузкам, огнестойкостью, химической стойкостью, влагонепроницаемостью, большим разнообразием форм, размеров и цветов. В настоящее время строительные мембраны применяются для создания единоплотных мембранных фасадов, закрывающих фасад целиком, фасадов на основе готовых модулей, а также для гидроизоляции фасадов с открытыми щелями.

Заключение

В настоящее время на строительном рынке представлено большое разнообразие материалов для наружной облицовки, что позволяет оформить фасады и цоколи практически под любые дизайн, условия эксплуатации и финансовые возможности. Продолжаются разработки по созданию новых облицовочных материалов и по модификации существующих. Например, нанесение фотогальванической пленки на стеклянные панели позволяет им вырабатывать электроэнергию под действием солнечного света (солнечные фасады) [20]. Введение фазо-переходных веществ (парафинов, жирных кислот, гидратов солей), в т.ч. в микрокапсулированном виде, в керамику, цемент, полимерные и гипсовые материалы позволяет изделиям аккумулировать тепло при нагреве и отдавать при охлаждении (при переходе добавок из твердого состояния в жидкое и обратно), что повышает энергоэффективность облицовываемой поверхности [21; 22]. Введение специальных добавок, например TiO_2 , в фасадные краски и штукатурки [23], нанесение специальных гидрофобных слоев на основе силана на стеклянные панели [24] или создание слоя глазури, содержащей, например, TiO_2 и Li_2O , на керамических изделиях [12] позволяет получить самоочищающийся от загрязнений под действием дождя и снега фасад. В архитектуре больших городов при облицовке фасадов широко применяются светодиодные панели и стеклянные панели с внедренными светодиодными системами, позволяющие создавать так называемые медиафасады для дизайнерского освещения или трансляции наружной рекламы [25; 26]. Всё более актуальной и распространенной в странах с теплым климатом становится отделка фасадов зелеными стенами (зелеными фасадами), состоящими из сетчатых или каркасных конструкций, на которых произрастают вьющиеся растения, и живыми стенами, представляющими собой контейнеры или текстильные карманы с субстратом, на котором произрастают травянистые растения, с оросительной системой [27; 28]. приме-

нение зеленых и живых стен создает затенение и испарительное охлаждение, увеличивает содержание кислорода и улучшает экологическую обстановку [28].

При этом наибольшее значение при выборе конкретного материала имеют его физико-механические характеристики, особенности монтажа и эксплуатации. В случае правильного и обоснованного выбора облицовочного материала наружные поверхности фасада и цоколя, а также слой теплоизоляции в многослойных стенах будут надежно защищены от внешних воздействий, что предотвращает их разрушение и повышает долговечность зданий и сооружений.

Список литературы

1. Рожина М.Д., Поваренко Д.Д., Любомирский А.В. Керамогранит, как материал отделки навесных фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2019. № 5. С. 7–13.
2. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 245–256.
3. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Утилизация керамических и полимерных отходов в производстве облицовочных композиционных материалов // Экология и промышленность России. 2019. № 7. С. 36–41.
4. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Применение кирпичного боя и полимерных отходов для получения строительного композиционного материала // Экология промышленного производства. 2019. № 4. С. 13–18.
5. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка способа получения облицовочного композиционного материала на основе полимерных и стекловых отходов // Экология промышленного производства. 2018. № 3. С. 2–6.
6. Сергеева С.Ю., Ерина А.П. Распространенные материалы в отечественном строительстве, применяемые для архитектурной отделки фасада // Вопросы науки и образования. 2019. № 29. С. 40–44.
7. Федотов А.С. Анализ существующих материалов для облицовки фасадов в малоэтажном домостроении // Региональное развитие. 2017. № 3. С. 17.
8. Жуков А.Д. Системы вентилируемых фасадов // Строительство: наука и образование. 2012. № 1. С. 3.
9. Шараров О.Н., Булах Р.В. Сравнительный анализ облицовочных плит систем теплоизоляции навесного вентилируемого фасада и повышение энергоэффективности ограждающей стеновой конструкции // Университетская наука. 2019. № 2. С. 58–63.
10. Пронина Т.В. Инновации некоторых традиционных облицовочных материалов в фасадостроении // Перспективы науки. 2019. № 2. С. 52–60.
11. Pakravan H.R., Ozbakkaloglu T. Synthetic fibers for cementitious composites: A critical and in-depth review of recent advances. *Construction and Building Materials*. 2019. vol. 207. P. 491–518.
12. Шахова В.Н., Березовская А.В., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка облицовочного керамического материала с эффектом самоглазурования на основе малопластичной глины // Стекло и керамика. 2019. № 1. С. 13–18.
13. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка энергоэффективной облицовочной керамики на основе местного сырья и стеклового боя // Экология промышленного производства. 2019. № 3. С. 22–26.
14. Уварова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Утилизация полимерных отходов в производстве облицовочной керамики, получаемой с использованием стеклобоя // Экология промышленного производства. 2020. № 1. С. 17–20.
15. Сулейманова Л.А., Fang J., Ширина Н.В., Баклаженко Е.В., Ладик Е.И. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции и реновации жилого фонда // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 21–31.
16. Александров В.Б., Комарова С.Е., Воробьева А.М. Современные тенденции проектирования зданий с применением облицовочных фасадных материалов // Молодой исследователь Дона. 2017. № 3. С. 35–39.
17. Безусова Е.А., Мамаева А.А., Калошина С.В. Стекломагниево-листья как альтернатива традиционным листовым строительным материалам // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 1. С. 330–338.
18. Любин Н.С., Герасимова В.О., Северин А.В. Строительные мембраны, используемые в современных фасадах зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. С. 207.
19. Paech C. Structural Membranes Used in Modern Building Facades. *Procedia Engineering*. vol. 155. 2016. P. 61–70.
20. Freitas S., Brito M.C. Solar façades for future cities. *Renewable Energy Focus*. 2019. vol. 31. P. 73–79.
21. Rathore P.K.S., Shukla S.K., Gupta N.K. Potential of microencapsulated PCM for energy savings in buildings: A critical review. *Sustainable Cities and Society*. 2020. vol. 53. Article 101884.
22. Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Камбаров М.А., Калшабекова Э.Н., Риставлетов Р.А. Теплофизические свойства фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, применяемых в строительстве // Успехи современного естествознания. 2018. № 12–1. С. 9–13.
23. Mansour A., Mansour H., Al-Dawery S.-K. Sustainable self-cleaning treatments for architectural facades in developing countries. *Alexandria Engineering Journal*. 2018. vol. 57. no. 2. P. 867–873.
24. Hua L., Shen J., Chen Y., Lan Q., Liu J. Wipe-on and durable self-cleaning coating for glass facade. *Thin Solid Films*. 2020. vol. 697. Article 137813.
25. Евтушенко А.И., Колотиенко М.А., Ковалев В.В., Турянская В.А. Внедрение медиафасадов в городское пространство: конструктивные и архитектурные решения // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. С. 218.
26. Halskov K., Ebsen T. A framework for designing complex media facades. *Design Studies*. 2013. vol. 34. no. 5. P. 663–679.
27. Bustami R.A., Belusko M., Ward J. Beechama S. Vertical greenery systems: A systematic review of research trends. *Building and Environment*. 2018. vol. 146. P. 226–237.
28. Besir A.B., Erdem C. Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. vol. 82. part 1. P. 915–939.

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ПОКРЫТИЙ

Юров В.М., Гученко С.А., Маханов К.М.

*Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда,
e-mail: exciton@list.ru*

В настоящей работе на основе атомно-силовой микроскопии рассматриваются различные механизмы возникновения морфологии осаждаемых покрытий. Осаждение покрытий в плазме представляет собой термодинамически неравновесный процесс в открытой системе. Образование ячеистой наноструктуры в покрытии может происходить по нескольким моделям, из которых мы отметим некоторые. Ячеистая наноструктура при кристаллизации сплава возникает, как правило, при концентрационном переохлаждении. Такую же структуру имеют и ячейки Бенара, где параметром управления является градиент температуры. Явление самоорганизации возникает и в ячеистой дислокационной структуре в условиях многократного перемещения дислокаций, когда оказываются связанными коэффициенты размножения и уничтожения дислокаций. Этот критерий выполняется (как и в примере ячеек Бенара) при образовании такой ячеистой структуры. Модель макроскопической локализации пластического течения также дает ячеистую наноструктуру. В этой модели показано, что локализация пластического течения в металлах и сплавах имеет ярко выраженный волновой характер. Проблема Стефана при осаждении покрытий приводит к нелинейности уравнений, которая возникает из-за движения границы раздела фаз и малой диффузии поверхностных атомов. В этом случае возникает автоволновой процесс, приводящий к ячеистой наноструктуре.

Ключевые слова: высокоэнтروпийное покрытие, ячеистая наноструктура, автоволновой процесс

ATOMIC-POWER MICROSCOPY OF HIGH ENTROPY COATINGS

Yurov V.M., Guchenko S.A., Makhanov K.M.

Karaganda state university of E.A. Buketov, Karaganda, e-mail: exciton@list.ru

In this work, on the basis of atomic force microscopy, we consider various mechanisms of the morphology of deposited coatings. The deposition of coatings in a plasma is a thermodynamically nonequilibrium process in an open system. The formation of a cellular nanostructure in the coating can occur according to several models, of which we note some. A cellular nanostructure during crystallization of an alloy occurs, as a rule, during concentration supercooling. Benard cells have the same structure, where the control parameter is the temperature gradient. The phenomenon of self-organization also arises in a cellular dislocation structure under conditions of multiple dislocation movements, when the multiplication and annihilation coefficients of the dislocations are related. This criterion is satisfied (as in the example of Benard cells) with the formation of such a cellular structure. The model of macroscopic localization of plastic flow also gives a cellular nanostructure. This model shows that the localization of plastic flow in metals and alloys has a pronounced wave character. The Stefan problem in the deposition of coatings leads to nonlinearity of the equations, which arises due to the motion of the phase boundary and small diffusion of surface atoms. In this case, an autowave process arises leading to a cellular nanostructure.

Keywords: high entropy coating, cellular nanostructure, autowave process

Из большого обзора 3D-изображений поверхности высокоэнтропийных покрытий, приведенных в работе [1], можно оценить шероховатость покрытий. Из этой работы видно, что покрытия имеют четко выраженный рельеф, присутствуют как возвышения, так и впадины. Большой объем обзорных работ, посвященных высокоэнтропийным сплавам и покрытиям как отечественных, так и зарубежных изданий, приведен в диссертациях [2–4] и нескольких обзорах (см. ниже). Так, в работах [5; 6] показано, что, несмотря на высокие прочности в литом состоянии, для данных сплавов присуща технологическая пластичность. В процессе деформации в высокоэнтропийных сплавах происходит формирование наноструктуры, которая существенно повышает прочностные характеристики материала. Разрушение в исследованных сплавах имеет характер

вязкого излома, и они обладают высокими прочностными характеристиками и пластичностью в исследованном интервале температур. В работах [7; 8] показано, что особенностью высокоэнтропийных сплавов является способность к упорядочению параметра решетки при отжиге, что сопровождается снижением параметра решетки и некоторым повышением модуля упругости и твердости. В обзорах [9–11] показано, что твердость высокоэнтропийного оксидного покрытия достигает значений 27 ГПа при модуле упругости в 270 ГПа, а после отжига при температуре 1100 °С в течение 300 мин. на воздухе снижается до 17 ГПа.

В перечисленных выше работах отмечается, что отсутствует единое мнение о природе, структуре, механизмах и последовательности структурно-фазовых превращений как в литых сплавах, так и в покрытиях.

В настоящей работе, которая является продолжением работ [12; 13], на основе атомно-силовой микроскопии рассматриваются различные механизмы возникновения морфологии осаждаемых покрытий.

Материалы и методы исследования

Для получения магнетронной мишени CrTiNiZrCu методом механического легирования брались микропорошки соответствующих металлов и смешивались в эквивалентных пропорциях [12; 13]. Нанесение покрытий произведено на тщательно отполированных образцах на установке ННВ 6 с магнетронной мишенью. Измерения проводились на атомно-силовом микроскопе JSPM-5400 производства компании JEOL. Для проведения сканирований были применены зонды с резонансной частотой колебаний 40–400 кГц, длиной балки 130 мкм и радиусом скругления острия зонда 10 нм. Для проведения измерений применялся полуконтактный метод сканирования. Размер области сканирования поверхности образцов варьировался от 0,1×0,1 мкм до 0,5 мкм при скорости сканирования 1 нм/с. Наибольшая чувствительность сканирования задавалась при помощи изменения параметров работы микроскопа, например таких, как амплитуда колебаний и коэффициент обратной связи. Затем полученные изображения обрабатывались при помощи программного пакета от компании JEOL для минимизации количества шумов и расчетов

интересующих параметров поверхности образцов. Электронно-микроскопическое исследование было проведено на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Исследования проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии около 15 мм. Коэффициенты трения измерялись на разработанной нами установке [14]. Микротвердость измерялась на приборе HVS – 1000.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 показаны 3D-изображения поверхности покрытий CrTiNiZrCu на образцах из стали AISI-201 в трех различных точках, а внизу их фрактальные структуры.

Наблюдается ячеистая структура высокоэнтропийного покрытия CrTiNiZrCu, количественный состав которого показан в таблице. В этой же таблице показан химический состав многокомпонентного алюминиевого сплава, который не относится к высокоэнтропийному покрытию и ячеистая структура которого обнаружена нами ранее [15] и показана на рис. 2.

Количественный химический состав, ат. %

Элемент	Zr	Ti	Cr	Ni	Cu
CrTiNiZrCu	23,2	21,2	19,9	17,1	6,8
Элемент	Al	Fe	Mn	Si	Cu
AlFeCrMnSiCu	67,26	18,39	4,32	4,64	5,85

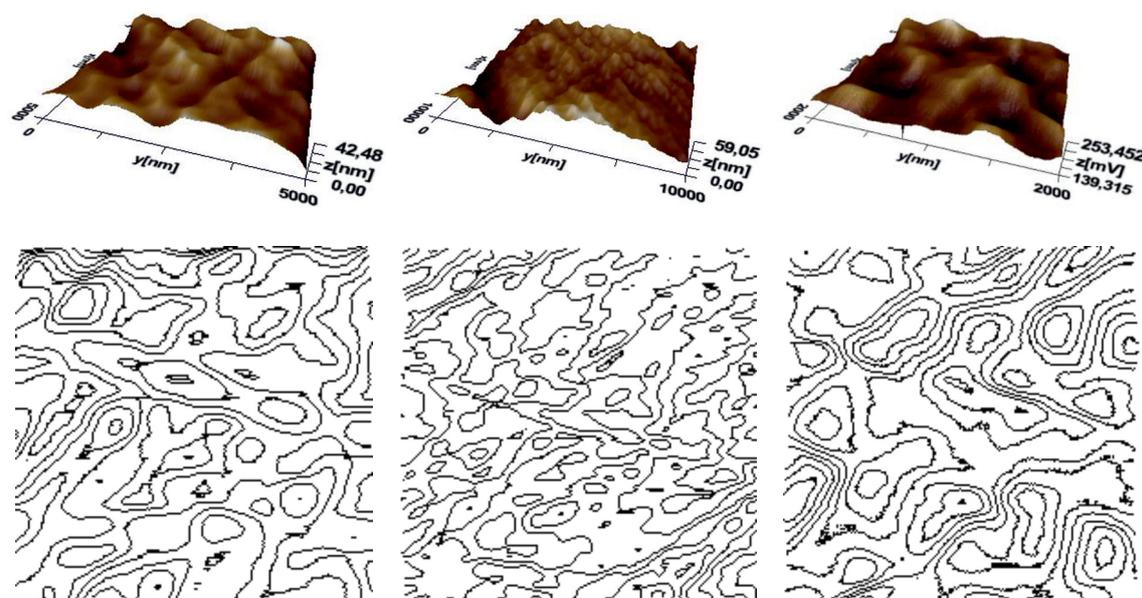


Рис. 1. 3D-изображения поверхности покрытий CrTiNiZrCu в трех различных точках, ниже – их фрактальные структуры

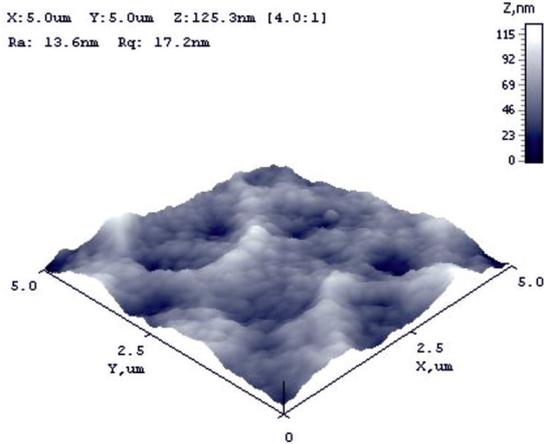


Рис. 2. 3D-изображение покрытия AlFeCrMnSiCu

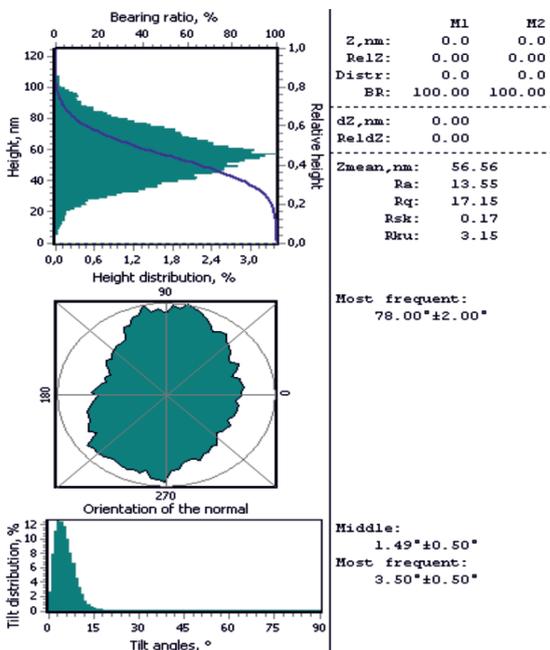


Рис. 3. Гистограмма распределения хиллококов покрытия

Но ячеистая структура наблюдается в покрытиях многих сплавов и соединений [16].

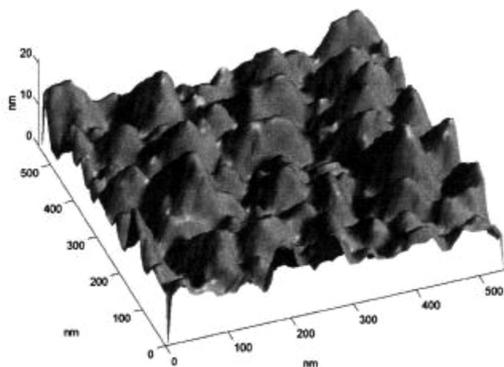


Рис. 4. Трехмерное изображение фрагмента поверхности InSiAs [9]

Мы рассмотрим несколько моделей, приводящих к ячеистой наноструктуре.

Механизм концентрационного переохлаждения [17; 18]. Ячеистая наноструктура возникает, как правило, при кристаллизации в режиме концентрационного переохлаждения [17; 18]. Эта структура состоит обычно из параллельных стержней, которые располагаются в направлении фронта кристаллизации (рис. 5).

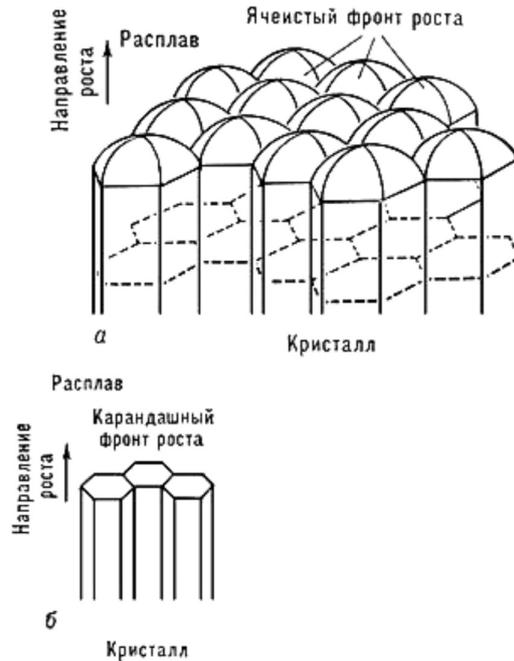


Рис. 5. Ячеистая структура (а) и карандашная (столчатая) структура (б) [10]

В поперечном сечении структура образует семейство правильных шестиугольных ячеек и представляет собой волновую структуру. После дальнейшего увеличения концентрации примеси на фронте кристаллизации ячеистая структура переходит в дендритную. Модель концентрационного переохлаждения вполне подходит и к нашей модели осаждаемого покрытия, где в качестве примеси может выступать один или все элементы из высокоэнтропийного сплава. Высокоэнтропийный сплав содержит примесей от 5 до 35 ат. % в эквимольном соотношении. Как правило, он состоит из элементов простой кубической структуры. Однако из этой модели не следует ответ на вопрос о причине самоорганизации покрытия в процессе его осаждения из плазмы.

Конвективная неустойчивость и ячейки Бенара [19; 20]. Для решения вопроса о самоорганизации структурных единиц покрытия рассмотрим модель ячеек Бенара. Ячейки Бенара – это возникновение упо-

рядочности в виде конвективных ячеек в форме цилиндрических валов или правильных шестигранных фигур в слое вязкой жидкости с вертикальным градиентом температуры (рис. 6) [19; 20].

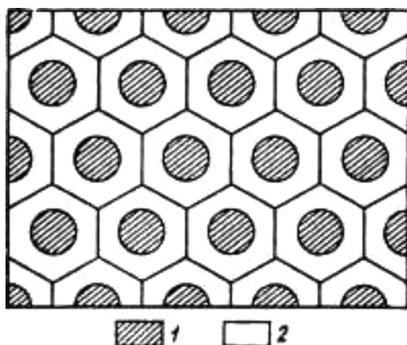


Рис. 6. Схема ячеек Бенара [19]: 1 – восходящее движение, 2 – нисходящее движение

Ячейки Бенара представляют собой один из примеров самоорганизующихся структур. Управляющим параметром служит градиент температур, который приводит к волнообразному возникновению ячеистых структур в однородной жидкости из-за возникновения неоднородности в плотности. Эти диффузионные валы, которые движутся навстречу друг другу, постепенно распадаются на множество волн, образуя ячеистую структуру. Но при дальнейшем увеличении градиента температуры ячеистая структура разрушается и периодические валы постепенно переходят в хаос. Теплопроводность наших покрытий высока и приводит к малому градиенту температур, так что он не может выступать управляющим параметром при образовании ячеистых структур типа ячеек Бенара. При строгом рассмотрении физики ячеек Бенара (см., например, в [19]) в качестве параметра управления обычно выбирают число Релея $Re = gL^3bdT/va$, где g – ускорение свободного падения, L – характерный размер, b – коэффициент объемного расширения, dT – градиент температуры, v – кинематическая вязкость, a – коэффициент температуропроводности среды. Кинематическая вязкость обратно пропорциональна величине поверхностного натяжения (поверхностной энергии). Поэтому управляющим параметром в ячеистой структуре должно становиться поверхностное натяжение покрытия, как это указывалось в нашей работе [21].

Ячеистая дислокационная структура. Возникновение ячеистой структуры при образовании плазменных покрытий оказывается не столь простым вопросом. Здесь мы рассмотрим эту модель с привлечением модели

ячеистой дислокационной структуры. Она возникает при пластической деформации твердого тела или покрытий на нем и отображает рельеф поверхности на различных уровнях (вплоть до наноструктурного уровня). В работе [22] (см. также ссылки в ней) рассмотрены пять стадий формирования ячеистой дислокационной структуры. Ячеистая дислокационная структура формируется в конце третьей стадии деформационного упрочнения. Эта структура возникает также в процессе самоорганизации (как и ячейки Бенара). Однако механизм самоорганизации связан с размножением и уничтожением дислокаций (рис. 7).

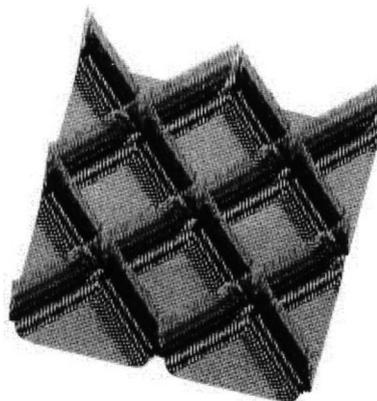


Рис. 7. Ячеистая дислокационная структура в аксонометрической проекции [22]

Ячеистая структура и автоволновые процессы [23]. Оказалось, что локализация пластического течения в металлах и сплавах имеет ярко выраженный волновой характер. При этом на стадиях легкого скольжения, линейного и параболического деформационного упрочнения, а также на стадии предразрушения наблюдаемые картины локализации суть разные типы волновых процессов. Анализ волновых характеристик таких процессов позволил измерить скорость их распространения ($\sim 10^{-4}$ м/с), длину волны ($\sim 10^{-2}$ м) и установить, что дисперсионное соотношение для таких волн имеет квадратичный характер. На основании полученных результатов в работе [23] была предложена двухкомпонентная модель пластической деформации, в основе которой лежит взаимодействие фононной и дефектной подсистем в процессе деформирования. Эту модель можно считать достаточно перспективной, поскольку она позволяет правильно оценивать и предсказывать поведение макроскопических картин локализации в процессе пластической деформации металлов и сплавов. На рисунке 8 показана картина ячеистой наноструктуры.

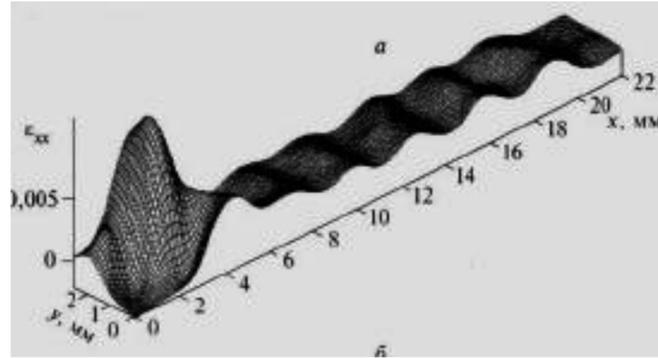


Рис. 8. Распределения локальных удлинений, наблюдаемые на рабочей поверхности деформированного монокристалла кремнистого железа [23]

Ячеистая структура и проблема Стефана [24; 25]. Мы рассмотрели задачу о кристаллизации осаждаемого покрытия в форме цилиндра конечных размеров с подвижной границей раздела фаз [24; 25]. Нестационарное уравнение, описывающее этот процесс в подвижной цилиндрической системе координат, движущейся по закону $\beta(t)$, имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \right],$$

где α – коэффициент температуропроводности. В результате решение получено в виде:

$$T(r, z) = \frac{T_0 R}{\sqrt{\pi z}} I_0 \left(\frac{2r}{R} \right).$$

Радиальная и осевая составляющие градиента температуры равны:

$$\frac{\partial T}{\partial r} = \frac{2}{z} \frac{T_0}{\sqrt{\pi}} I_1 \left(\frac{2r}{R} \right),$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = \frac{RT_0}{\sqrt{\pi z^2}} I_0 \left(\frac{2r}{R} \right).$$

Оба уравнения, содержащие функции Бесселя $I_0(2r/R)$ и $I_1(2r/R)$, показывают волновой характер затвердевания покрытия (рис. 8).

Развитая нами теория кристаллизации цилиндра конечных размеров относится к задачам с движущейся границей фазового раздела и носит название задачи Стефана [26]. Краевые задачи подобного типа существенно отличаются от классических задач теплопроводности или диффузии. Это отличие связано с движением раздела фаз по произвольному закону, так что разделение переменных классическими методами

неосуществимо. Не допускается также метод интегральных преобразований Фурье.

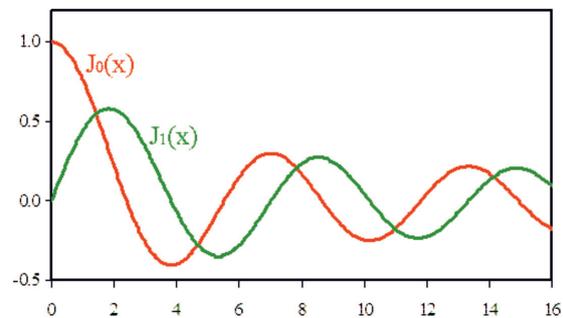


Рис. 9. Графики функций Бесселя (ср. с рис. 8)

Движение фазовой границы приводит к нелинейности системы уравнений, что и вызывает возникновение автоволн.

Заключение

Осаждение покрытий в плазме представляет собой термодинамически неравновесный процесс в открытой системе. Образование ячеистой наноструктуры в покрытии может происходить по нескольким моделям:

- ячеистая субструктура часто образуется при затвердевании в результате возникновения концентрационного переохлаждения;
- ячейки Бенара являются примером самоорганизации. Управляющим параметром самоорганизации служит градиент температуры, приводящей к ячеистой субструктуре;
- ячеистая дислокационная структура является процессом самоорганизации дислокаций в условиях множественного скольжения;
- модель макроскопической локализации пластического течения также дает ячеистую наноструктуру. В этой модели показано, что локализация пластического течения

в металлах и сплавах имеет ярко выраженный волновой характер;

– проблема Стефана приводит к нелинейности уравнений, которая возникает из-за движения границы раздела фаз и малой диффузии поверхностных атомов. В этом случае возникает автоволновой процесс.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты № 0118РК000063 и № Ф.0781.

Список литературы

1. Погребняк А.Д., Якущенко И.В., Abadias G., Chartier P., Бондар О.В., Береснев В.М., Takeda Y., Соболев О.В., Андреев А.А. Влияние параметров осаждения нитридов высокоэнтропийных сплавов (TiZrHfVNb)N на их структуру, состав, механические и трибологические свойства // *Сверхтвердые материалы*. 2013. № 6. С. 36–51.
2. Ивченко М.В. Структура, фазовые превращения и свойства высокоэнтропийных эквивалентных металлических сплавов на основе AlCrFeCoNiCu: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2015. 167 с.
3. Шайсултанов Д.Г. Структура и механические свойства высокоэнтропийных сплавов системы CoCrFeNiX (X = Mn, V, Nb и Ti, Al и Cu): дис. ... канд. тех. наук. Белгород, 2015. 142 с.
4. Юрченко Н.Ю. Разработка и исследование высокоэнтропийных сплавов с высокой удельной прочностью на основе системы Al-Cr-Nb-Ti-V-Zr: дис. ... канд. тех. наук. Белгород, 2019. 187 с.
5. Азаренков Н.А., Соболев О.В., Береснев В.М., Погребняк А.Д., Колесников Д.А., Турбин П.В., Торьяник И.Н. Вакуумно-плазменные покрытия на основе многоэлементных нитридов // *Металлофизика и новейшие технологии*. 2013. Т. 35. № 8. С. 1061–1084.
6. Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Печковский Э.П. Новый класс материалов – высокоэнтропийные сплавы и покрытия // *Вестник ТГУ*. 2013. Т. 18. № 4. С. 1938–1940.
7. Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Андреев А.О., Крапивка Н.А. Сверхтвердые покрытия из высокоэнтропийных сплавов // *Наука и инновации*. 2013. Т. 9. № 5. С. 32–39.
8. Погребняк А.Д., Багдасарян А.А., Якущенко И.И., Береснев В.М. Структура и свойства высокоэнтропийных сплавов и нитридных покрытий на их основе // *Успехи химии*. 2014. Т. 83. № 11. С. 1027–1061.
9. Максимчук И.Н., Ткаченко В.Г., Вовчок А.С., Медолович Н.П., Макаренко Е.С. Кинетика распада и термическая стабилизация литого сплава системы Mg-Al-Ca-Mn-Ti // *Металлофизика и новейшие технологии*. 2014. Т. 36. № 1. С. 1–15.
10. Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Печковский Э.П., Карпец М.В. Связь соотношения σ -фазы и ГЦК-фазы с электронной концентрацией литых двухфазных высокоэнтропийных сплавов // *Композиты и наноструктуры*. 2015. Т. 7. № 2. С. 72–84.
11. Шагинян Л.Р., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Фирстов С.А., Копылов И.Ф. Свойства покрытий из высокоэнтропийного сплава Al-Cr-Fe-Co-Ni-Cu-V, получаемых методом магнетронного распыления // *Сверхтвердые материалы*. 2016. № 1. С. 33–44.
12. Yurov V.M., Platonova E.S., Baltabekov A. High entropy coatings CuTiZrCrN. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2019. V. 1. № 36. P. 25–29.
13. Юров В.М., Гученко С.А. Антифрикционные свойства высокоэнтропийного покрытия TiNiZrCuCr // *Современные наукоемкие технологии*. 2019. № 10. С. 97–101.
14. Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х. Определение коэффициента трения скольжения. // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2010. № 8. С. 148–152.
15. Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А., Заваякая О.Н. Образование ячеистой наноструктуры при формировании многофазных покрытий // *Наноматериалы и нанотехнологии*. 2012. № 2. С. 17–24.
16. Цырлин Г.Э., Самсоненко Ю.Б., Петров В.Н., Поляков Н.К., Егоров В.А., Масалов С.А., Горбенко О.М., Голубок А.О., Сошников И.П., Устинов В.М. Наноструктурированный твердый раствор InSiAs, полученный на поверхности Si(001) методом молекулярно-пучковой эпитаксии // *Письма в ЖТФ*. 2000. Т. 26. № 17. С. 59–66.
17. Вайнгард У. Введение в физику кристаллизации металлов. М.: Мир, 1967. 170 с.
18. Чуркин Б.С. Теория литейных процессов. Екатеринбург: РГПТУ, 2006. 454 с.
19. Гершуни Г.З., Жуховницкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972. 232 с.
20. Цымбал В.П. Введение в теорию самоорганизации с примерами из металлургии. Новокузнецк: СибГИУ, 2001. 251 с.
21. Юров В.М., Вертягина Е.Н., Гученко С.А., Хуанбай Е. Влияние ионного облучения на свойства наноструктурных покрытий Zn-Al и Fe-Al // *Современные наукоемкие технологии*. 2011. № 5. С. 63–68.
22. Малыгин Г.А. Моделирование деформационного рельефа поверхности пластически деформируемого кристалла // *ФТТ*. 2007. Т. 49. № 8. С. 1392–1397.
23. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. Новосибирск: Наука, 2008. 328 с.
24. Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Возникновение автоволн при осаждении плазменных покрытий // *«Вестник НИЦ МИСИ: актуальные вопросы современной науки»*. 2019. Вып. 19. С. 65–71.
25. Юров В.М., Сыздыкова А.Л., Гученко С.А. Автоволновые процессы в покрытиях высокоэнтропийного типа // *Тенденции развития науки и образования*. 2019. № 54. Ч. 6. С. 89–92.
26. Gupta S.C. *The Classical Stefan Problem: Basic Concepts, Modelling and Analysis*. Amsterdam: Elsevier. 2003. 385 p.

СТАТЬИ

УДК 615.12

ABC-XYZ АНАЛИЗ ИНГИБИТОРОВ ПРОТОННОЙ ПОМПЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ РЫНКЕ КИРГИЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

¹Мурзабаева Э.Б., ¹Сабирова Т.С., ²Исмаилов И.З.

¹Киргизская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек, e-mail: elusya_kg@mail.ru;

²Национальная академия наук Киргизской Республики, Бишкек, e-mail: ism-isa@mail.ru

В работе представлены результаты, полученные с использованием методологии ABC-XYZ анализа, основанной на периодическом обзоре, оценке лекарственных препаратов (ЛП) и прогнозировании их спроса. Целью исследования явилось проведение маркетинговой оценки ингибиторов протонной помпы (ИПП), представленных на фармацевтическом рынке Киргизской Республики (КР), для изучения ассортимента, выявления лидеров товарооборота вышеуказанной группы препаратов, минимизации затрат и, как итог, рационального формирования ассортиментного портфеля. Материалами исследования явились: отчетные данные по товарообороту ЛП основных ИПП в аптечных организациях города Бишкек за период июнь-декабрь 2019 г.; официальный источник информации о зарегистрированных и разрешенных к медицинскому применению ЛП в КР – Государственный реестр лекарственных средств (ЛС) Департамента лекарственного обеспечения и медицинской техники при Министерстве здравоохранения Киргизской Республики. ABC-XYZ-анализ ЛП из группы ИПП в аптечных учреждениях города Бишкек проводили в три этапа: ABC-анализ, XYZ-анализ и совмещение полученных результатов в единую матрицу. Базируясь на результатах интегрированного ABC-XYZ-анализа, определено, что в течение исследуемого периода наибольший объем реализации в стоимостных и натуральных выражениях и достаточная стабильность спроса были характерны для 5 торговых наименований ИПП: Лансол, Нольпаза 20 мг, Нольпаза 40 мг, Омес и Пантап. Результат проведенного анализа продаж ИПП позволил установить оптимальный уровень ассортимента препаратов группы ИПП, что является одним из ключевых условий снижения затрат аптечных организаций.

Ключевые слова: управление ассортиментом, ABC-XYZ-анализ, фармацевтический рынок, лекарственные препараты, ингибиторы протонной помпы, Киргизская Республика

ABC-XYZ ANALYSIS OF PROTON PUMP INHIBITORS REPRESENTED IN THE PHARMACEUTICAL MARKET OF THE KYRGYZ REPUBLIC

¹Murzabaeva E.B., ¹Sabirova T.S., ²Ismailov I.Z.

¹Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek, e-mail: elusya_kg@mail.ru;

²National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: ism-isa@mail.ru

This paper presents a methodology based on a periodic review and evaluation of drugs and forecasting their demand, obtained on the basis of the ABC-XYZ classification. The aim of the study was to conduct a marketing assessment of proton pump inhibitors presented on the pharmaceutical market of the Kyrgyz Republic, to study the assortment, identify the leaders of the turnover of the above group of drugs, minimize costs and, as a result, rational formation of the assortment portfolio. Materials and research methods: when conducting the study, we used reporting data for the period June-December of 2019 on drug turnover based on PPI in pharmacies in Bishkek, official sources of information on registered and authorized drugs for medical use in the Kyrgyz Republic, namely the state register of medicines of the Department of Drug Supply and Medical Technology under the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic. The results of the study. Based on the results of the integrated ABC-XYZ analysis, it was determined that during the study period the largest sales volume in terms of value and in sufficient demand stability were characteristic of 5 trade names of PPIs – Lansol, Nolpaza 20 mg, Nolpaza 40 mg, Omes and Pantap. The analysis of sales of PPIs helped establish the optimal level of stocks, which is one of the key conditions for reducing costs in pharmacy organizations, and also helped to identify drugs that should be paid more attention to and which should be paid less attention in the procurement process.

Keywords: assortment management, ABC-XYZ analysis, pharmaceutical market, drugs, proton pump inhibitors, Kyrgyz Republic

Симптомы диспепсии, сопровождающие заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), дискомфорт после еды, боли и вздутие живота, слишком быстрое насыщение, тошнота, нарушение пищеварения, имеют широкое распространение и несут тяжелые экономические и социальные последствия. Заболевания ЖКТ часто демонстрируют географические, культурные и гендерные

различия. Заболевания, которые ранее были менее распространены в некоторых районах мира, показывают недавний рост распространенности. Считается, что индустриализация является одной из основных причин этой эпидемиологической эволюции, а также немаловажную роль могут играть такие экологические факторы, как питание, гигиена и воздействие инфекций [1–3].

Имеющиеся статистические данные 2018 г. свидетельствуют о том, что заболевания органов пищеварения в Киргизской Республике (КР) находятся на втором месте среди всех болезней, что составляет 8,06%, или 127 867 случаев, после патологий органов дыхания (37,47%, или 593 804 случаев). Что же касается динамики заболеваемости, то её пик приходился на 2012 год и составлял 321 942 тыс. человек, или 5,8% от общей численности населения КР [4]. Начиная с 2013 г., в Киргизстане наблюдался значительный спад заболеваемости, и к 2018 г. этот показатель составлял 127 867 тыс. человек, или 2,04% от общей численности населения КР.

Уменьшение проявления симптомов диспепсии является одной из ключевых целей при лечении расстройств, связанных с нарушением кислотности, таких как гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь (ГЭРБ), включая неэрозивную рефлюксную болезнь (НЭРБ), а также дуоденальную и желудочную язвы. Во всех этих расстройствах желудочная кислота считается ключевым патогенным элементом, вследствие чего кислотосупрессия остается центральным элементом лекарственной терапии [5; 6].

Цель исследования: провести маркетинговую оценку, а именно ABC-XYZ анализ ЛП из группы ингибиторов протонной помпы (ИПП), представленных на фармацевтическом рынке КР, для изучения ассортимента, выявления лидеров товарооборота вышеуказанной группы препаратов, минимизации затрат и, как итог, рационального формирования ассортиментного портфеля.

Материалы и методы исследования

В качестве официального источника информации о зарегистрированных и разрешенных к медицинскому применению

ЛС в КР использовали Государственный реестр ЛС Департамента лекарственного обеспечения и медицинской техники при Министерстве здравоохранения Киргизской Республики [7].

При проведении исследования нами использовались отчетные данные аптечных организаций города Бишкек по товарообороту ЛП группы ИПП за период июнь-декабрь 2019 г.

Изучение товарооборота проводилось по совмещенному ABC-XYZ анализу, методика которого заключается в ранжировании изучаемых объектов по группам А, В, С и X, Y, Z в соответствии с их потреблением в стоимостном и натуральном выражениях [8–10].

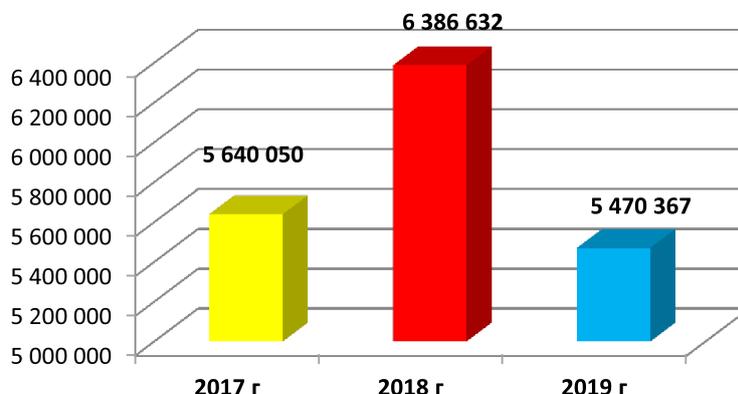
Полученные данные обрабатывались общепринятыми статистическими методами с использованием программы Microsoft Office Excel 2016.

Результаты исследования и их обсуждение

ABC-XYZ-анализ ЛП из группы ИПП в аптечных учреждениях города Бишкек проводили в три этапа: ABC-анализ, XYZ-анализ и совмещение полученных результатов в единую матрицу.

По состоянию на 11 ноября 2019 г. общее количество зарегистрированных ЛП в КР составило 6333. За первое полугодие 2018 г. общий объем ввоза лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники в КР осуществлен на сумму 132 млн 738 тыс. 999 долл. США.

Анализ объема импорта ЛП, применяемых при синдроме диспепсии, за трехлетний период – с 2017 по 2019 год, показал, что пиковый объем импорта ЛП этой группы приходился на 2018 год и составил в денежном выражении 6 млн 386 тыс. 632 долл. США (рисунок).



Объем ввоза ЛП (в долларах США), применяемых при синдроме диспепсии, на территорию Киргизстана за 2017–2019 гг.

Установлено, что на момент исследования в КР зарегистрировано 60 торговых наименований и 5 МНН антисекреторных препаратов – ИПП с учетом стран-производителей и лекарственных форм [11]. В исследование включено 24 торговых наименования ИПП (табл. 1).

АВС-анализ продаж ИПП проводили по показателю объема товарооборота в сомах. На первом этапе исследования было проведено распределение изучаемых позиций по показателю суммы дохода от продаж за полугодие от максимального к минимальному, и определен общий доход от продаж ИПП (табл. 2).

Установлено, что ИПП в общем составе препаратов для лечения заболеваний, связанных с нарушением кислотности, составляют 57%, и ИПП группы А приносят 80%

дохода, составляя 41,66% в общей структуре ассортимента ЛП; группа В составляет 37,5% и приносит 14% дохода, и, соответственно, группа С составляет 20,83% и приносит 6% дохода.

В группу А вошли следующие торговые наименования ЛП ИПП: «Гастропростол» – 40 мг, порошок для инфузий; «Контролок» – 40 мг, № 14 таблетки; «Ланторол» – 30 мг, № 14 капсулы; «Нольпаза» – 20 мг, № 28 таблетки; «Нольпаза» – 40 мг, № 28 таблетки; «Омепразол» – 20 мг, № 30 капсулы; «Омес» – 20 мг, № 200 капсулы; «Парастамик» – 40 мг, порошок для приготовления раствора для инъекций; «Улсепан» – 40 мг, порошок для инфузий; «Улсепан» – 40 мг, № 14 таблетки. Общий объем реализации ЛС данной группы в исследуемом периоде составил 15 тыс. 720 долл. США.

Таблица 1

Перечень ИПП, представленных на фармацевтическом рынке КР

№	Торговое наименование	Форма выпуска	Страна-производитель	Наличие в Перечне жизненно важных ЛС КР
1	Гастропростол	40 мг, порошок для инфузий	Китай	Да
2	Контролок	20 мг, № 14 таблетки	Австрия	Да
3	Контролок	40 мг, порошок для инфузий	Австрия	Да
4	Контролок	40 мг, № 14 таблетки	Австрия	Да
5	Лансобел	30 мг, № 14 капсулы	Казахстан	Нет
6	Лансобел	30 мг, № 28 капсулы	Казахстан	Нет
7	Лансол	30 мг, № 10 капсулы	Индия	Нет
8	Ланторол	30 мг, № 14 капсулы	Турция	Нет
9	Неопростол	20 мг, № 10 капсулы	Грузия	Нет
10	Неопростол	40 мг, № 10 капсулы	Грузия	Нет
11	Нольпаза	20 мг, № 14 таблетки	Словения	Да
12	Нольпаза	20 мг, № 28 таблетки	Словения	Да
13	Нольпаза	40 мг, порошок для инфузий	Словения	Да
14	Нольпаза	40 мг, № 14 таблетки	Словения	Да
15	Нольпаза	40 мг, № 28 таблетки	Словения	Да
16	Омепразол	20 мг, № 30 капсулы	Россия	Да
17	Омес	20 мг, № 200 капсулы	Индия	Да
18	Пантап	40 мг, № 14 таблетки	Казахстан	Да
19	Пантап	40 мг, № 28 таблетки	Казахстан	Да
20	Парастамик	40 мг, порошок для приготовления раствора для инъекций	Греция	Да
21	Протон Ес	40 мг, № 14 таблетки	Испания	Нет
22	Стамик	40 мг, № 28 таблетки	Турция	Да
23	Улсепан	40 мг, порошок для инфузий	Турция	Да
24	Улсепан	40 мг, № 14 таблетки	Турция	Да

Таблица 2

Результаты АВС-анализа ИПП

Группа	Количество наименований	Доля в ассортименте, %	Доля в товарообороте, %
А	10	41,66	80
В	9	37,5	14
С	5	20,83	6

Таблица 3
Результаты XYZ-анализа ИПП

Группа	Количество наименований	Доля в ассортименте, %
X	2	4,25
Y	3	6,38
Z	19	38,30

Таблица 4
Результаты ABC-XYZ-анализа ИПП

Значение	A	B	C
X	0	0	2
Y	3	0	0
Z	7	9	3

Таблица 5
Ассортиментные позиции ИПП из группы AY

№	Торговое наименование	Форма выпуска	Страна-производитель	Наличие в Перечне жизненно важных ЛС КР
1	Нольпаза	20 мг, № 28 таблетки	Словения	Да
2	Нольпаза	40 мг, № 28 таблетки	Словения	Да
3	Омес	20 мг, № 200 капсулы	Индия	Да

Следующим этапом исследования было проведение XYZ-анализа, основой которого стало прогнозирование ассортимента ИПП и оценка стабильности продаж. Нормой в этом анализе стала степень количества проданных упаковок (штук в месяц). Согласно данной методике, был определен коэффициент вариации для каждой позиции ИПП (табл. 3).

Исходя из вышеизложенного, в группу X вошли 2 наименования препаратов ИПП: «Лансол» – 30 мг, № 10 капсулы и «Пантап» – 40 мг, № 14 таблетки, доля которых в ассортименте составляет 4,25%. На данные препараты существует постоянный спрос, характеризующийся очень незначительным колебанием, что позволяет точно спрогнозировать потребительский спрос на данные препараты и не создавать их избыточный страховой запас.

Для рационального управления ассортиментом аптечной организации последним этапом нашего исследования явилось проведение совмещенного ABC-XYZ-анализа, дающего возможность для изучения и прогнозирования стабильности продаж ЛС, а также выявления отклонения и нестабильности сбыта (табл. 4).

Наименования ЛП, включенные в группу AX, AY и BX, имеют высокий удельный вес в объеме продаж и обладают стабильным спросом, а группа AZ, несмотря на нестабильный спрос, может влиять на товарооборот, но в меньшей степени. Табл. 4 показывает, что в группу AX не входят какие-либо ЛП, а в группу AY входят только 3 ассортиментные позиции ИПП, вносящие значительную долю в товарооборот аптек, но их потребление носит прерывистый характер, и точность их прогнозирования невысока.

В категорию AZ вошли 7 наименований ИПП: «Гастропростол» – 40 мг, порошок для инфузий; «Контролок» – 40 мг, № 14 таблетки; «Ланторол» – 30 мг, № 14 капсулы; «Омепразол» – 20 мг, № 30 капсулы; «Парастамик» – 40 мг, порошок для приготовления раствора для инъекций; «Улсепан» – 40 мг, № 14 таблетки; «Улсепан» – 40 мг, порошок для инфузий.

Группа AZ состоит из ЛП с высокой долей в общем товарообороте, но реализуются они «время от времени», и спрос на них можно прогнозировать с небольшой точностью. Управление запасами является наиболее сложным в этой группе, так как создание избыточного страхового запаса ЛП этой группы неизбежно приведет к весьма значительному увеличению среднего товарного запаса аптечной организации.

ЛП, принадлежащие к группам BZ и CZ, оказывают незначительное влияние на деловые операции аптечной организации, поэтому они приобретаются редко, а планирование их запасов часто игнорируется.

Выводы

Для обеспечения физической и экономической доступности ЛС управление ассортиментом является одной из наиболее важных задач, с которыми ежедневно сталкивается аптечная организация. Существует множество систем и методов управления ассортиментом, однако анализ ABC-XYZ является одним из самых используемых. Комбинация этих двух анализов позволяет осуществить интегрированную модель для классификации и оптимизации запасов. Проведенное нами исследование позволило сделать следующие выводы.

1. При проведении ABC-анализа определено, что в состав группы А вошли 10 тор-

говых наименований ИПП, что составило 41,66% от представленного на фармрынке ассортимента ИПП. Группа В была представлена 9 наименованиями – 37,5% ассортимента ИПП. Наименьшее количество ЛС, а именно 5 наименований (20,83%), вошло в группу С.

2. По итогам проведенного XYZ-анализа выявлено, что наибольшее количество ИПП, а именно 19 торговых наименований, по стабильности реализации и уровню прогнозируемости относятся к группе Z. Это означает, что данные препараты характеризуются непостоянным спросом и низкой прогнозируемостью.

3. Базируясь на результатах интегрированного ABC-XYZ-анализа, определено, что 3 торговых наименования ИПП, а именно Нольпаза 20 мг, Нольпаза 40 мг, Омес, в течение исследуемого периода показали наибольший объем реализации в стоимостных и натуральных выражениях, и для них были характерны достаточные стабильность спроса и уровень прогнозируемости.

Список литературы

1. Maria Avramidou, Felix Angst, Jules Angst, André Aeschlimann, Wulf Rössler, and Ulrich Schnyder Epidemiology of gastrointestinal symptoms in young and middle-aged Swiss adults: prevalences and comorbidities in a longitudinal population cohort over 28 years. *BMC Gastroenterol.* 2018. Vol. 18. P. 21.
2. Peery A.F., Dellon E.S., Lund J., Crockett S.D., McGowan C.E., Bulsiewicz W.J., et al. Burden of gastrointestinal disease in the United States: 2012 update. *Gastroenterol.* 2012. Vol. 143 (5). P. 1179–1187.
3. Tadayuki Oshima, and Hiroto Miwa Epidemiology of Functional Gastrointestinal Disorders in Japan and in the World. *J. Neurogastroenterol Motil.* 2015. Vol. 21(3). P. 320–329.
4. Национальный статистический комитет КР. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stat.kg/ru/opendata/category/112> (дата обращения: 14.03.2020).
5. Miner, P. Review article: relief of symptoms in gastric acid-related diseases – correlation with acid suppression in rabeprazole treatment. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics.* 2004. Vol. 20. P. 20–29.
6. Nobuhiro Inatomi, Jun Matsukawa, Yuuichi Sakurai, Kazuyoshi Otake Potassium-competitive acid blockers: Advanced therapeutic option for acid-related diseases. *Pharmacology & Therapeutics.* 2016. Vol. 168. P. 12–22.
7. Государственный реестр ЛС и ИМН. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://212.112.103.101/reestr>. (дата обращения: 14.03.2020).
8. Balaji K., Senthil Kumar V. Multicriteria Inventory ABC Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry. *Procedia CIRP* 17. 2014. P. 463–468.
9. Nowotyńska I. An Application of XYZ Analysis in Company Stock Management. *Modern Management Review.* 2013. Vol. XVIII, 20. P. 77–86.
10. Dhoka D., Choudary Y. «XYZ» Inventory Classification & Challenges, *IOSR. Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF).* 2013. Vol. 2. Issue 2. P. 23–26.
11. Мурзабаева Э.Б. Ингибиторы протонной помпы на фармацевтическом рынке Киргизской Республики // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2019. № 7. С. 51–55.

СТАТЬИ

УДК 535.41:778.38

ОСОБЕННОСТИ ГОЛОГРАММ РЕГУЛЯРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Исманов Ю.Х., Жумалиев К.М., Алымкулов С.А.

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жээнбаева НАН Киргизской Республики,
Бишкек, e-mail: i_yusupjan@mail.ru*

В статье рассмотрены некоторые особенности явления саморепродуцирования, проявляющиеся при восстановлении голограмм регулярных объектов, таких как одномерные линейные решетки. В отличие от рассмотренных ранее схем записи и восстановления голограмм регулярных объектов, обязательным требованием для которых являлось точное соблюдение условия для расстояния между голограммой и решеткой – расстояние должно было быть кратным постоянной саморепродуцирования, в данном исследовании рассмотрен более общий случай записи голограммы линейной решетки, для которого расстояние между плоскостями решетки и голограммы берется абсолютно произвольно. Показано, что при восстановлении регулярного периодического объекта необходимо учитывать, что при восстановлении голограммы возникают не только изображения решетки, но и вся последовательность саморепродукций. Анализ процесса восстановления при таком подходе показывает, что в этом случае в обоих порядках дифракции объекты захватывают как мнимое, так и действительные области пространства, т.е. деление на мнимое и действительное изображения теряет смысл. Оба изображения можно видеть одновременно в обоих порядках дифракции в случае восстановления исходной опорной волной или сопряженной ей. Важной особенностью голографического процесса для регулярного объекта является то, что последовательность саморепродукций формируется также и нулевым порядком дифракции, причем эта последовательность видна одновременно и как действительный объект, и как мнимый.

Ключевые слова: голограмма, метод Габора, регулярный объект, саморепродуцирование, порядок дифракции, мнимое и действительное изображения

FEATURES OF HOLOGRAMS OF REGULAR OBJECTS

Ismanov Yu.Kh., Zhumaliev K.M., Alymkulov S.A.

*Institute of Physics named after academician Z.Z. Zheenbaev of the National Academy
of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: i_yusupjan@mail.ru*

The article discusses some features of the phenomenon of self-reproduction, which are manifested during the restoration of holograms of regular objects, such as one-dimensional linear lattices. In contrast to the previously described schemes for recording and reconstructing holograms of regular objects, the mandatory requirement for which was the exact observance of the condition for the distance between the hologram and the lattice – the distance should be a multiple of the self-reproduction constant, in this study we consider a more general case of recording a hologram of a linear lattice, for which the distance between the planes of the lattice and the hologram is taken absolutely arbitrarily. It is shown that when restoring a regular periodic object, it is necessary to take into account that when restoring a hologram, not only lattice images appear, but the whole sequence of self-reproductions. An analysis of the restoration process with this approach shows that in this case, in both diffraction orders, objects capture both imaginary and real regions of space, i.e., dividing by imaginary and real images loses its meaning. Both images can be seen simultaneously in both diffraction orders in the case of restoration of the original reference wave or its conjugate. An important feature of the holographic process for a regular object is that the sequence of self-reproductions is also restored to the zero diffraction order, and this sequence is visible both as a real object and as an imaginary one.

Keywords: hologram, Gabor method, regular object, self-reproduction, diffraction order, imaginary and real images

В работах [1–3] рассматривается схема восстановления последовательности саморепродукций в случае голографической записи линейной решетки. Голограмма решетки записывалась по стандартной внеосевой схеме с использованием наклонного опорного пучка. Запись голограммы осуществлялась при условии, что расстояние между плоскостью записи и решеткой в точности была кратна некоторой фиксированной величине, называемой постоянной саморепродуцирования. Голограмма, восстановленная исходной опорной волной, формировала не только мнимое изображение решетки, но и последовательность ее саморепродукций [4–6].

При восстановлении голограммы решетки волной, сопряженной исходной опорной волне, восстанавливались действительные изображения решетки и последовательности саморепродукций. Основные выводы, которые делали авторы по результатам своих исследований, это то, что обязательным требованием для восстановления решетки и последовательности саморепродукций является точное соблюдение условия для расстояния между плоскостями голограммы решетки и самой решетки – расстояние должно быть кратным постоянной саморепродуцирования.

Целью данной работы является рассмотрение более общего случая записи голограммы линейной решетки, для которого расстояние между плоскостями объекта-решетки и голограммы берется абсолютно произвольно [7–9].

Саморепродуцирование в голографии

При записи пропускающих объектов, таких как линейная решетка, необходимость в использовании дополнительной, соосной объектной волне, опорной волны в схеме записи радужной голограммы отпадает. Особенностью пропускающих объектов является то, что в этом случае объектную волну можно рассматривать, как совокупность двух составляющих: дифрагированная и недифрагированная части. Недифрагированную часть можно рассматривать как соосную предметной волне опорную волну.

Схематично процесс записи голограммы периодического объекта – линейной одномерной решетки – представлен на рис. 1 [10–12].

Объект P – его плоскость (x_0, y_0) – удален на расстояние z_1 от параллельно расположенной плоскости фотопластинки (x, y) . φ – угол, который образуют предметная волна и перпендикуляр к плоскости голограммы. Угол, который образуют опорная и объектная волны, также равен φ .

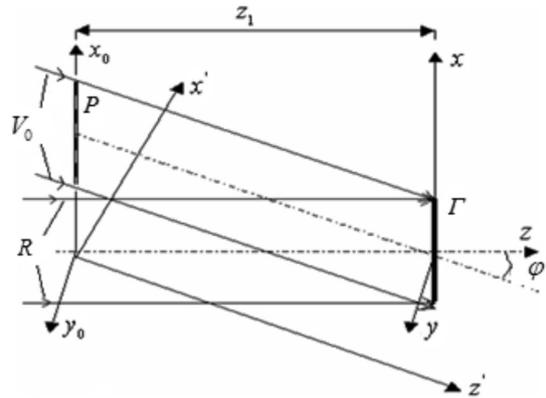


Рис. 1. Схема записи голограммы Γ периодического объекта: P – решетка; R – опорная волна; V_0 – объектная волна

Для схемы, соответствующей рис. 1, выражение для плоской волны, освещающей объект, имеет вид

$$V_0(x_1, y_1, z_1) = a \exp(ikz_1), \quad (1)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, λ – длина падающей волны, z_1 – ось, соответствующая направлению распространения волны, a – амплитуда освещающей волны.

Окончательное выражение для поля за решеткой записывается в виде

$$V_0(x_0, y_0, z_0^+) = a \exp(ikx_0 \sin \varphi) \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp(2\pi i n x_0 / d). \quad (2)$$

Здесь d – период линейной решетки.

Выражение для поля $V_z(x, y, z)$ в плоскости голограммы Γ находится как приближение Френеля [13–15]:

$$V_z(x, y, z) = \frac{\exp(ikz)}{ikz} \iint_{-\infty}^{\infty} V(x_0, y_0, z_0^+) \exp\left\{ \frac{i\pi}{\lambda z} [(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2] \right\} dx_0 dy_0. \quad (3)$$

Несложные расчеты дают

$$V_z(x, y, z) = L \exp(ikx \sin \varphi) \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp\left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right], \quad (4)$$

где L – некоторый фиксированный множитель.

Плоская опорная волна распространяется вдоль оси z , т.е. на плоскость голограммы эта волна падает перпендикулярно:

$$R = A \exp(ikz), \quad (5)$$

здесь A – амплитуда опорной волны.

Пропускающий коэффициент одномерной линейной решетки можно рассматривать как сумму следующего вида

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_n, \quad (6)$$

где σ_0 – фиксированная составляющая пропускающего коэффициента решетки, имеющая нулевую пространственную частоту, а σ_n – составляющая с ненулевой частотой. Объектное поле на удалении z от плоскости решетки имеет вид

$$\sigma_0 = b_0, \quad \sigma_n = \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp\left[i2x\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right]. \quad (7)$$

Расчет поля для этого случая в районе плоскости голограммы дает соотношение следующего вида

$$V_z(x, y, z) = V_0(x, y, z) + V_n(x, y, z) = l \exp(ikx \sin \varphi) b_0 + l \exp(ikx \sin \varphi) \times \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right]. \quad (8)$$

Для распределения интенсивности поля вблизи плоскости голограммы получаем соотношение

$$I(x, y) = |R + V_z|^2 = |R + V_0 + V_n|^2 = A^2 + A \exp(ikz) l^* \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[-i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right] \exp(-ikx \sin \varphi) + A \exp(-ikz) l \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right] \exp(ikx \sin \varphi) + \frac{\lambda^4}{4\pi^2} b_0^2 + \frac{\lambda^4}{4\pi^2} b_0 \times \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[-i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right] + \frac{\lambda^4}{4\pi^2} b_0 \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right] + \frac{\lambda^4}{4\pi^2} \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right] \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[-i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right]. \quad (9)$$

Если осветить данную голограмму опорной волной $R = A \exp(ikz)$, которая использовалась при записи, то она восстанавливает за голограммой три луча, представляющих собой дифракционные порядки, направление которых определяется значением угла φ между лучами распространения опорной и объектной волн (рис. 2). Рассмотрим +1-й порядок дифракции. Этот порядок соответствует распространению световой волны в направлении $+\theta$ относительно перпендикуляра к плоскости голограммы и описывается соотношением

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp \left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d} \right) \right] \exp(ikx \sin \varphi). \quad (10)$$

В нулевом порядке дифракции мы можем наблюдать, по сути, то, что происходит при восстановлении голограммы Габора.

Совместное действие двух слагаемых $\frac{\lambda^2}{4\pi^2} b_0^2$, и $\frac{\lambda^2}{4\pi^2} b_0 \sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} b_n \exp \left[i2\pi \left(\frac{nx}{d} - \frac{n^2 \lambda z}{2d^2} \right) \right]$

равносильно формированию волны, которая как бы является результатом отражения от мнимого изображения объекта, расположенного на том же самом месте, где был расположен и сам объект при съемке.

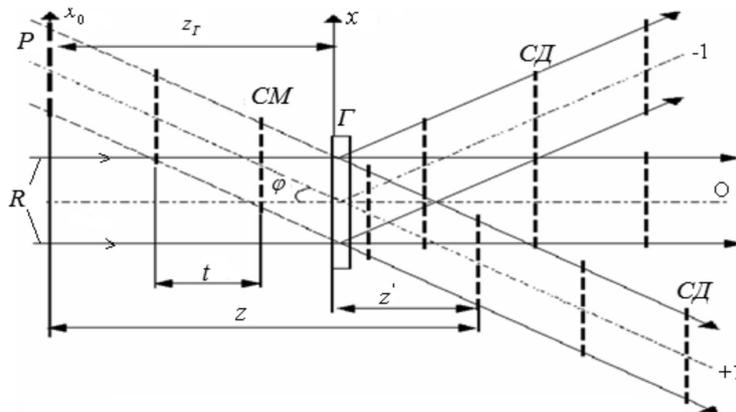


Рис. 2. Схема восстановления голограммы регулярного объекта: P – мнимое изображение объекта; CM – положения саморепродукций в мнимой области пространства; CD – положения саморепродукций в действительной области пространства; Г – голограмма

Перейдем к рассмотрению +1-го порядка дифракции. В соответствии с (10), из указанного соотношения легко получить выражение, описывающее изображение решетки, возникающее сразу за ней, если взять значение второго слагаемого в показателе экспоненты таким образом, чтоб оно было кратным 2π , т.е. $z = \frac{2d^2}{\lambda}n$, где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$. Соотношение, которое определяет положения саморепродукций: $z = \frac{2d^2}{\lambda}k$, где $k = l/2, l = 0, 1, 2, 3, \dots$

Здесь значения z в выражении (10) – это координаты, которые задаются вдоль оси, перпендикулярной к плоскости записанной решетки. Координаты плоскостей саморепродукции в +1 порядке дифракции можно записать в виде

$$z_1 = -z_\Gamma + \frac{2d^2}{\lambda}k, \quad (11)$$

здесь $k = l, l = 0, 1, 2, 3, \dots$; $-z_\Gamma$ – расстояние между восстановленным изображением и плоскостью голограммы; система координат z_1 , имеющая начало в плоскости голограммы.

Рассмотрим –1-й порядок дифракции. Подобно предыдущему случаю, координаты положений плоскостей саморепродукции в этом порядке дифракции также можно представить в виде $z = \frac{2d^2}{\lambda}n$, ($n = l/2, l = 0, 1, 2, 3, \dots$). Соотношение, определяющее положения плоскостей саморепродукций:

$$z_1 = \frac{2d^2}{\lambda}n + \left[z_\Gamma - \text{int} \left(\frac{z_\Gamma}{t} \right) t \right], \quad (12)$$

здесь $t = \frac{2d^2}{\lambda}$ – постоянная саморепродукции, $n = l/2, (l = 0, 1, 2, 3, \dots)$. Для координат, задающих положения плоскостей саморепродукции в нулевом порядке дифракции, получается соотношение, совпадающее с (12) в –1-м порядке дифракции:

$$z_1 = \frac{2d^2}{\lambda}n + \left[z_\Gamma - \text{int} \left(\frac{z_\Gamma}{t} \right) t \right].$$

Выводы

1. Проведен теоретический анализ голографического процесса для периодического объекта типа линейной решетки.

2. Показано, что при восстановлении регулярного периодического объекта необходимо учитывать, что при восстановлении голограммы возникают не только изображения решетки, но и вся последовательность саморепродукций.

Анализ процесса восстановления при таком подходе показывает, что в этом случае в обоих порядках дифракции объекты захватывают как мнимое, так и действительное области пространства, т.е. деление на мнимое и действительное изображения теряет смысл. Оба изображения можно видеть одновременно в обоих порядках дифракции в случае восстановления исходной опорной волной или сопряженной ей.

3. Важной особенностью голографического процесса для регулярного объекта является то, что последовательность саморепродукций формируется также в и нулевом порядке дифракции, причем эта последовательность видна одновременно и как действительный объект, и как мнимый.

Список литературы

1. Wen J., Zhang Y., Xiao M. The Talbot effect: recent advances in classical optics, nonlinear optics, and quantum optics. *Advances in Optics and Photonics*. 2013. Vol. 5. Issue 1. P. 83–130. DOI: 10.1364/AOP.5.000083.
2. Guillet de Chatellus H., Lacot E., Hugon O., Jacquinet O., Khebbache N., Azana J. Phases of Talbot patterns in angular self-imaging. *Journal of the Optical Society of America A*. 2015. Vol. 32. Issue 6. P. 1132–1139. DOI: 10.1364/JOSAA.32.001132.
3. Schnébelin C., Guillet de Chatellus H. Spectral interpretation of Talbot self-healing effect and application to optical arbitrary waveform generation. *Optics Letters*. 2018. Vol. 43. Issue 7. P. 1467–1470. DOI: 10.1364/OL.43.001467.
4. Hector S.D., Swanson G.J. Shared aperture for two beams of different wavelength using reflective phase gratings and the Talbot effect. *Applied Optics*. 1992. Vol. 31. Issue 34. P. 7267–7276. DOI: 10.1364/AO.31.007267.
5. Fernández-Pousa C.R. On the structure of quadratic Gauss sums in the Talbot effect. *Journal of the Optical Society of America A*. 2017. Vol. 34. Issue 5. P. 732–742. DOI: 10.1364/JOSAA.34.000732.
6. Zhou P., Burge J.H. Analysis of wavefront propagation using the Talbot effect. *Applied Optics*. 2010. Vol. 49. Issue 28. P. 5351–5359. DOI: 10.1364/AO.49.005351.
7. Schnebelin C., Guillet de Chatellus H. Fractional Fourier transform-based description of the Talbot effect: application to analog signal processing. *Applied Optics*. 2017. Vol. 56. Issue 1. P. A62–A68. DOI: 10.1364/AO.56.000A62.
8. Wen J., Zhang Y., Zhu S.-N., Xiao M. Theory of nonlinear Talbot effect. *Journal of the Optical Society of America B*. 2011. Vol. 28. Issue 2. P. 275–280. DOI: 10.1364/JOSAB.28.000275.
9. Kim M.-S., Scharf T., Menzel C., Rockstuhl C., Herzig H.P. Talbot images of wavelength-scale amplitude gratings. *Optics Express*. 2012. Vol. 20. Issue 5. P. 4903–4920. DOI: 10.1364/OE.20.004903.
10. Hua Y., Suh J.Y., Zhou W., Huntington M.D., Odom T.W. Talbot effect beyond the paraxial limit at optical frequencies. *Optics Express*. 2012. Vol. 20. Issue 13. P. 14284–14291. DOI: 10.1364/OE.20.014284.

11. Исманов Ю.Х., Алымкулов С.А. Саморепродуцирование регулярных объектов с ограниченной апертурой // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2015. № 7. С. 3–5.
12. Ismanov Y.K., Dzhamankyzov N.K. Holographic Interferometer for the Study of Phase Media, Which Has Four Output Channels of Different Sensitivity. *International Journal of Optics*. 2019. V. 2019. P. 2936172.
13. Жумалиев К.М., Исманов Ю.Х., Алымкулов С.А. Расчет синтезированной голограммы Френеля // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 8. С. 130–134.
14. Maripov A., Ismanov Y., Omyrzakov K. Four-channel wide-range holographic interferometer // *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, editors: Osten W., Creath K., Kujawinska M. 2003. P. 606–610. DOI: 10.1117/12.501342.
15. Maripov A., Ismanov Y. The Talbot effect (a self – imaging phenomenon) in holography. *Journal of Optics (0150-536X)*. 1994. V. 25. No. 1. P. 3–8. DOI: 10.1088/0150-536X/25/1/001.

УДК 535.5

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ КАПСУЛИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОМ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

¹Рахимова У.Дж., ²Эгамов М.Х., ¹Гаюров Х.Ш.

¹Таджикский государственный университет права, бизнеса и политики,

Худжанд, e-mail: gayrov1964@mail.ru;

²Горно-металлургический институт Таджикистана, Бустон

Экспериментально исследовано поведение пропускания света капсулированных полимером жидкокристаллических пленок с микронным размером капли нематика в широком диапазоне изменений концентраций жидкого кристалла при одноосном растяжении. С целью четкого наблюдения эффекта преимущественной ориентации молекул ЖК 5 ЦБ при одноосном деформировании полимерной матрицы было применено поверхностно-активное вещество (ПАВ) цетилтриметиламмоний бромид (ЦТАБ). Обнаружено лавинообразное преобразование структур микрокапель при 80%-ной степени удлинения для концентрации 5% от веса в полимерной матрице. Перечислены преимущества поляризаторов на основе пленок и уточнен их диапазон применения. Показано, что в зависимости от диаметра капель имеют место два процесса: переориентация директора и трансформация радиальной структуры в биполярную. Для более выраженного эффекта процесса переориентации молекул нематика при растяжении, ощутима роль поверхностно-активного вещества, позволяющая обеспечить модификацию поверхностного сцепления жидкокристаллических пленок на межфазной границе. Доказаны возможности улучшения качества работы поляризаторов на основе капсулированных полимером жидкокристаллических пленок с концентрацией 1:5, перечислены их преимущества и диапазон функционирования в видимой и ближней инфракрасной области по отношению к поляроидным пленкам.

Ключевые слова: оптическая анизотропия, капсулированные полимером жидкие кристаллы, поливиниловый спирт, матрица, одноосное растяжение, поляризация, радиальная и биполярная структура, трансформация, концентрация, показатель преломления

THE FORMATION OF OPTICAL ANISOTROPY OF POLYMER-ENCAPSULATED LIQUID CRYSTAL FILMS UNDER UNIAXIAL TENSION

¹Rakhimova U.Dzh., ²Egamov M.Kh., ¹Gayurov Kh.Sh.

¹Tajik State University of Law, Business and Politics, e-mail: gayrov1964@mail.ru;

²Mining and Metallurgical Institute of Tajikistan, Buston

The behavior of the transmission of light of polymer-encapsulated liquid crystal films (CPLC) with a micron droplet size of a nematic over a wide range of changes in the concentration of a liquid crystal (LC) under uniaxial tension was experimentally studied. For a more pronounced effect of the reorientation of nematic molecules under tension, a surfactant (cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB)) was used. It has been established that with an increase in the degree of stretching of the CPLC films, reorientation of the director of LC microdroplets and the transformation of the radial structure into bipolar are observed. The principle of action of the CPLC of polarizers is based on the anisotropy of light scattering of the CPLC of films with unidirectional nematic droplet orientations. An avalanche-like transformation of the structures of LC microdroplets was detected at an 80% elongation for a concentration of 5% by weight of the FA in the polymer matrix. The advantages of polarizers based on CPLC films are listed and their range of application is specified. In these new composites, usually made in the form of thin films, a liquid crystal (LC) is a filler in a foreign material, which serves to protect it and form in the form of a specific texture. An example is polymer-encapsulated liquid crystals (CSFs) in which the mesophase is uniformly distributed in the polymer mass in the form of capsules of a more or less regular sphere shape.

Keywords: optical anisotropy, polymer-encapsulated liquid crystals, polyvinyl alcohol, matrix, uniaxial tension, polarization, radial and bipolar structure, transformation, concentration, refractive index

Успешное применение в оптоэлектронике и дисплейной технике нематических жидких кристаллов (НЖК) позволило создать на их основе новые материалы со свойствами, определяемыми прямыми физическими методами. В этих новых композитах, реализуемых в виде тонких и прозрачных полимерных пленок, жидкий кристалл (ЖК) выполняет функцию наполнителя в однородном материале, необходимом для его защиты и образования в виде конкретной текстуры. Хорошим примером таких систем могут считаться диспергированные полимером нематические жидкие кристаллы (ДПНЖК), в объеме которых жидкий

кристалл равномерно распределен в массе полимера в виде капсул более или менее правильной сфероидальной формы [1; 2]. В качестве матрицы для них обычно используются прозрачные, гибкие, эластичные полимеры и эластомеры. Механизм формирования такой сложной композиционной системы не позволяет добиться идеальной упорядоченности молекул ЖК, однако достаточная лабильность гибких пленок вполне позволяет видоизменения их свойств под действием внешних дестабилизирующих факторов [3]. Одним из таких факторов может считаться одноосная деформация полимерных пленок, содержащих мелкие капли

жидкого кристалла. Именно такие системы исследуются в настоящей работе.

Материалы и методы исследования

В качестве матрицы нами были использованы поливиниловый спирт (ПВС), а мезогеном служили 4-*n*-пентил-4'-цианобифенил (5СВ) – нематический жидкий кристалл (НЖК). Эти две компоненты одного и того же композита хорошо растворяются в дистиллированной воде. Для яркой иллюстрации эффекта процесса переориентации молекул нематика при одноосном вытягивании было применено поверхностно-активное вещество (ПАВ) – цетилтриметил аммоний бромид (ЦТАБ). Используемый нами ПАВ относится к катионному типу и позволяет обеспечить модификацию поверхностного сцепления ЖК на межфазной границе [4–6].

Порошкообразные ПВС и НЖК совместно растворялись дистиллированной водой при комнатной температуре и перемешивались в электромагнитном смесителе в течение 5, 10 и 15 минут до момента получения однородной суспензии. Затем при температуре 80 °С в течение десяти часов поддерживали суспензию, чтобы получить прозрачную гетерогенную систему с мелкими каплями нематика. Далее смесь выливали на поверхность горизонтальной стеклянной подложки и давали возможность испариться растворителю. Полученные после высушивания пленки были толщиной 5–40 мкм с объемными и поверхностными каплями нематика микронного размера. Средний размер капли, определенный поляризационным микроскопом ПОЛАМ Р-113, составлял 2–6 мкм (в зависимости от времени размешивания), капли имели сферическую структуру [6]. Весовое соотношение компоненты ЖК охватывало широкий диапазон (1:1, 1:2, 1:3, 1:5, 1:10, 1:20, 1:30, 1:40) по весу полимерной матрицы. Из этих пленок вырезали прямоугольные образцы и подвергали их одноосному деформированию в динамическом режиме. Для фиксации реакции КПЖК-пленки на совместные действия механического (одноосное растяжение) и лазерного излучения малой мощности нами была использована измерительная установка, использованная в [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Механизм деформирования композитных пленок на основе КПЖК состоит в следующем. Из множества многообразных классов мезоморфных соединений подбирается конкретный нематик, для показателей преломления которого выполняется условие ($n_0 \approx n_p$), где n_0 и n_p соответственно показатели преломления жидкого кристалла НЖК

5СВ и полимерной матрицы (ПВС) [1; 7; 8]. В исходном, недеформированном состоянии, преимущественная ориентация молекул НЖК 5СВ является самопроизвольной, поэтому условие ($n_0 \approx n_p$) не выполняется, так как на границе раздела двух компонентов происходит сильное рассеяние света. Однако с ростом степени относительного удлинения образцов сфероидальная (радиальная) структура переходит в эллипсоидальную (биполярную). Соответственно, выполняется вышеуказанное условие, и капли НЖК 5СВ начинают пропускать световое излучение. На рис. 1 представлен график зависимости коэффициента светопропускания для компоненты ортогонально (T_{\perp}) и параллельно (T_{\parallel}) составляющего поляризованного лазерного луча от степени относительного удлинения $\Delta l/l_0$ КПЖК-пленки для разных концентраций и времени размешивания.

Как было подчеркнуто выше, главное требование функционирования КПЖК-пленок – это равенство показателей преломления прозрачных компонентов. В исходном состоянии капли ЖК имеют различные формы и размеры, соответственно, направления директора капли тоже различны, поэтому при начальных значениях $\Delta l/l_0$ коэффициенты светопропускания T_{\perp} и T_{\parallel} имеют одинаковые величины. Такое состояние системы соответствует полному рассеянию, нормально падающему свету, независимо от вида поляризации. Далее с ростом степени удлинения пленки происходит постепенная переориентация директора капли ЖК и преобразование радиальной структуры на биполярную [2; 9]. Соответственно, капли наименьшего размера и мелкой формы быстрее подвергаются преобразованию, чем крупные капли. В связи с этим, естественно, увеличивается численное значение n_0 , что сопровождается сильным пропусканием света через эллипсоидальные капли НЖК 5СВ и незначительным рассеянием света на границе раздела полимер-НЖК. Дальнейшее относительное удлинение образцов становится причиной преобразования радиальной структуры капель, расположенных строго вдоль оси растяжения, в эллипсоидальную. В результате при значении $\Delta l/l_0 = 200\%$ почти все молекулы 5СВ ориентируются однонаправленно и располагаются параллельно оси вытяжки, но при этом показатели преломления обоих компонент резко будут отличаться. Именно из-за разницы показателей преломления $\Delta n = n_0 - n_p$ исследуемая КПЖК-пленка пропускает перпендикулярно составляющую компоненту поляризованного света (T_{\perp}) и, наоборот, рассеивает параллельно составляющую компоненту (T_{\parallel}).

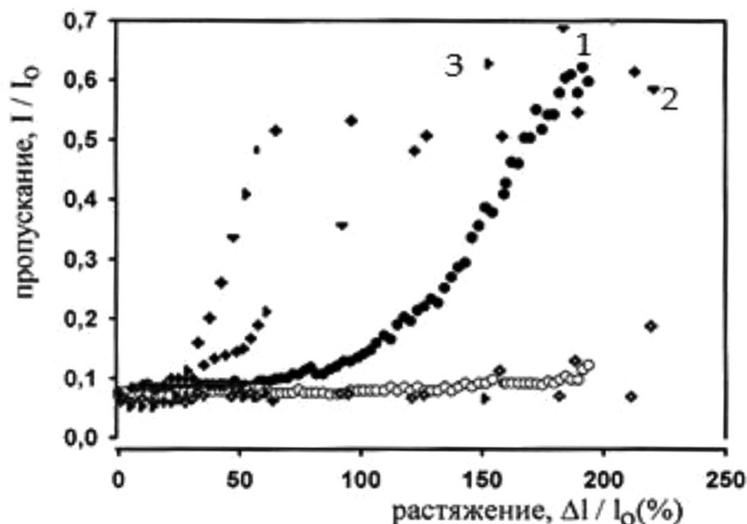


Рис. 1. Зависимости коэффициента светопропускания ортогонально (●) и параллельно (○) составляющие компоненты поляризованного света для КПЖК-пленок с концентрациями: 1:1 (кривая 1); 1:20 (кривая 2) и 1:40 (кривая 3)

Аналогичная картина наблюдается и для концентрации 1:2 и 1:3, но с единственным отличием, что угол наклона резкого подъема компоненты T_{\perp} намного больше, чем для случая 1:1 (в рисунках они не показаны). Совсем иная картина наблюдается для концентрации 1:40 с идентичными условиями эксперимента (рис. 1, кривая 3). Как видно, налицо факт скачкообразного роста коэффициента светопропускания T_{\perp} для ПВС + НЖК композита.

Как видно из рис. 1 (кривая 2), при относительном удлинении до $\Delta l/l_0 = 75\%$ начинается ускорение процесса преобразования структур капель НЖК в матрице полимера ПВС, а начиная с $\Delta l/l_0 = 80\%$ (кривая 3) имеет место резкий подъем компоненты T_{\perp} света с последующим стабильным сохранением данной состояний длительное время. Можно предполагать, что в начальной стадии растяжения (вплоть до $\Delta l/l_0 = 50\%$) каждая капля имеет радиально-симметричное строение. Дальнейший рост растяжения приводит к преобразованию радиально-симметричной структуры в осесимметричную. С топологической теории это свидетельствует о том, что на поверхности капли формируется кольцо дисклинации [4]. Однако данный переход обратим, так как при прекращении растяжения осесимметричная структура спонтанно превращается в радиально-симметричную, поскольку в отсутствие внешних растягивающих сил последняя энергетически более выгодна

и для 5ЦБ соответствует равновесному состоянию. Начиная с $\Delta l/l_0 = 65-75\%$ наблюдается переход осесимметричной структуры в эллипсоидальную [4; 5]. Такой переход неизбежен, поскольку этому способствует деформация полимерной матрицы при однонаправленном растяжении. Она сжимает радиальную структуру капель перпендикулярно направлению растяжения, тем самым принуждая директора ориентироваться вдоль меридиональных кривых, соединяющих дефекты, которые находятся на полюсах. Дальнейшее растяжение вплоть до разрыва пленки приводит к сужению эллипсоида относительно малой полуоси и выпрямлению меридиональных кривых в центральной области капель нематика. При этом вблизи боковых полюсов положение директора остается неизменным.

На рис. 2 приведена зависимость коэффициента пропускания света для компоненты T_{\perp} и T_{\parallel} от растяжения КПЖК-пленки при концентрации 1:10 и 1:30. Здесь обращает внимание следующий факт: числовые значения T_{\perp} и T_{\parallel} , во-первых, относительно предыдущих графиков на порядок меньше, во-вторых, угол наклона пропускания T_{\perp} сильно отличается для рассматриваемых концентраций (1:10 и 1:30). Однако для обеих зависимостей $T = f(\Delta l/l_0)$ уровень стабильности достигается при значении $T = 0,5-0,6$, что для предыдущих графиков не наблюдалось. Такой характер поведения компоненты T_{\perp} и T_{\parallel} , видимо, связан

с идентичностью условий приготовления образцов, а именно – одинакового времени размешивания (15 мин) и толщины пленок (40 мкм). Изменение концентрации смесей влияет на угол подъема T_{\perp} . В этом можно убедиться, анализируя графические данные для концентраций смесей ПВС:5ЦБ в соотношениях 1:30 (кривая 3, рис. 2) и 1:40 (кривая 3, рис. 1).

Видимо, здесь играет роль перенасыщение капли ЖК в матрице: с одной стороны, крупные размеры капель нематика способствуют, чтобы нормально падающее к поверхности КПЖК-пленок излучение лазера частично рассеивалось. К таким каплям относятся в первую очередь капли диаметром больше 6 мкм, а также те мелкие, расположенные на поверхности полимерной матрицы, которые при растяжении лопаются и становятся причиной шероховатости поверхности пленок. Особенности строения и изменения светопропускания КПЖК-пленки с максимальными содержаниями ЖК могут быть ответственными и за другой наблюдаемый эффект, который заключается в том, что при деформации композита мелкие капли коагулируют [6], сливаясь в более крупные. С другой стороны, лишь при достижении растяжения $\Delta l/l_0 \geq 60-100\%$ происходит просветление пленок за счет уменьшения толщины пленки, что способствует большему светопропусканию. Следовательно, характер перестроек структуры капель КПЖК при одноосном растяжении определяется не только типом граничных условий (нормальных или тангенциальных) [2; 4]

и ориентацией молекул. Немаловажную роль могут играть изменение компонентов смеси (в нашем случае содержание НЖК), а также размеры и формы капель нематика [10].

Вышеуказанные экспериментальные факты позволяют в дальнейшем исследовать КПЖК-пленки в составе 1:5, чтобы получить высокую поляризующую характеристику прозрачных систем за счет анизотропии светорассеяния. Диапазон температур, в котором может работать такой поляризатор, вполне соответствует интервалу сосуществования мезофазы капсулированного НЖК 5СВ [10].

Предложенные нами микрополяризаторы на основе одноосно деформированных КПЖК-пленок по сравнению с призмными поляризаторами имеют следующие преимущества: во-первых, они компактны и легко изготавливаются, так как по принципу работы похожи на поляроидные пленки; во-вторых, КПЖК-пленки можно применять для поляризации мощного излучения, поскольку они одну компоненту светового излучения пропускают через себя, а другую – наоборот, тем самым способствуют, чтобы не имело место протекания реакции деструкции при интенсивном излучении или реакции терморазложения при поглощении второй (ненужной) компоненты света; в-третьих, КПЖК-пленки эффективно поляризуют проходящее излучение во всей области прозрачности используемых компонент, а именно, видимая и ближняя ИК-область спектра, что естественно, расширяет области их применения.

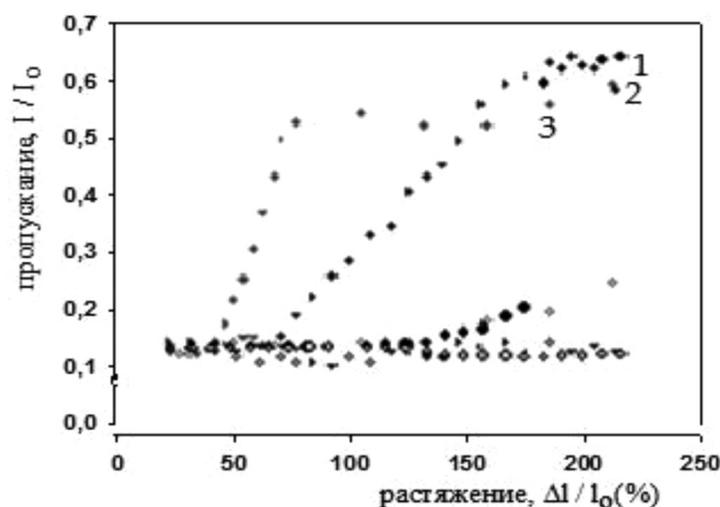


Рис. 2. Зависимость T_{\perp} ортогонально (●) и параллельно (○) составляющие компоненты лазерного излучения для КПЖК-пленок с концентрациями: 1:5 (кривая 1); 1:10 (кривая 2) и 1:30 (кривая 3)

Выводы

Исследовали оптическую анизотропию капсулированных полимером жидкокристаллических пленок при однонаправленном растяжении с варьированием компоненты нематика в матрице. Показали, что в зависимости от диаметра капель имеют место два процесса: переориентация директора ЖК и трансформация радиальной структуры в биполярную. Для более выраженного эффекта процесса переориентации молекул нематика при растяжении, ощутима роль поверхностно-активного вещества (ЦТАБ), позволяющая обеспечить модификацию поверхностного сцепления ЖК на межфазной границе.

Выявлено лавинообразное преобразование структур капель нематика для концентрации 5%-ного ЖК от веса полимера (ПВС), заключающейся в деформации полимерной матрицы при однонаправленном растяжении. Она сжимает радиальную структуру капель перпендикулярно направлению растяжения, тем самым принуждая директора ориентироваться вдоль меридиональных кривых, соединяющих дефекты, находящиеся на полюсах.

Показаны возможности улучшения качества работы поляризаторов на основе КПЖК-пленок с концентрацией 1:5, перечислены их преимущества и диапазон функционирования в видимой и ближней инфракрасной области по отношению к поляроидным пленкам.

Список литературы

1. Egamov M. Kh, Gerasimov V.P., Krakhalev M.N., Prishchepa O.O., Zyryanov V.Ya., Loiko V.A. Polarizing properties

of a stretched film of a polymer-dispersed liquid crystal with a surfactant dopant. *Journal of Optical Technology*. 2014. vol. 81. No. 7. P. 414–417.

2. Зырянов В.Я., Крахалев М.Н., Прищепа О.О., Шабанов А.В. Ориентационно-структурные превращения в каплях нематика, обусловленные ионной модификацией межфазной границы под действием электрического поля // Письма в ЖЭТФ. 2010. Т. 86. № 6. С. 440–445.

3. Сутормин В.С., Крахалев М.Н., Прищепа О.О. Температурно-индуцированные изменения конфигурации директора в каплях нематика, диспергированного в поливинилпирролидоне // *Journal of Siberian Federal University. Mathematics and Physics*. 2012. № 2(3). С. 352–359.

4. Крахалев М.Н., Лойко В.А., Зырянов В.Я. Электрооптические характеристики полимер-диспергированной жидкокристаллической пленки, управляемой ионно-сурфактантным методом // Письма в ЖТФ. 2011. Т. 37. № 1. С. 72–77.

5. Кузьмин М.С., Рогов С.А. Бинарные фазовые трансформанты на основе жидкокристаллической матрицы видеопроектора // *Журнал технической физики*. 2018. Т. 88. № 1. С. 85–88.

6. Прищепа О.О., Эгамов М.Х., Герасимов В.П., Крахалев М.Н., Лойко В.А. Поляризаторы света на основе композитных «полимер-ЖК-сурфактант»-пленок в качестве анизотропного рассеивающих сред // *Известия ВУЗов. Физика*. 2013. Т. 56. № 2/2. С. 257–263.

7. Лойко В.А., Конколович А.В. Изменение фазы плоской волны при прохождении через полимерную пленку с наноразмерными нематическими каплями жидкого кристалла // *ЖЭТФ*. 2003. Т. 123. № 3. С. 552–559.

8. Амосова Л.П., Бойков Д.С., Щербинин Д.П. Влияние барьерных эффектов на межфазных границах на динамическое рассеяние света в нематическом жидком кристалле // *Журнал технической физики*. 2017. Т. 87. № 9. С. 1376–1383.

9. Egamov M.Kh., Loiko V.A., Krakhalev M.N., Gerasimov V.P., Prishchepa O.O., Zyryanov V.Ya. Light Scattering in the Stretched Film of Polymer Dispersed Liquid Crystal Doped with Surfactant. The 15th Electromagnetic and Light Scattering Conference (21–26 June 2015. Leipzig, Germany). Leipzig, 2015. P. 139–141.

10. Эгамов М.Х. Анизотропия светорассеяния полимерно-жидкокристаллических композиционных систем при одноосном растяжении // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2012. № 4–2. С. 675–680.

СТАТЬИ

УДК 669.15-198:669...3

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОСПЛАВА, КАРБИДА КАЛЬЦИЯ
ИЗ ДОМЕННОГО ШЛАКА С ЗАМЕНОЙ СТАЛЬНОЙ СТРУЖКИ
НА МАГНЕТИТОВЫЙ КОНЦЕНТРАТ**

Шевко В.М., Бадикова А.Д., Тулеев М.А., Аманов Д.Д., Капсалиямов С.А.

*Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
e-mail: shevkovm@mail.ru*

В статье приводятся результаты исследований по получению ферросплава и карбида кальция из шихты, содержащей доменный шлак (37,2%SiO₂, 34,4%CaO, 14%Al₂O₃), магнетитовый концентрат (83,9% Fe₂O₃, 9,4%SiO₂). Исследования проводились методом термодинамического моделирования и электроплавкой в руднотермической дуговой печи. Установлено, что в равновесных условиях для достижения степени перехода кремния и алюминия в сплав соответственно на 85,4–86,0 и 70–82,2%, кальция в карбид кальция на 45–51,7% процесс необходимо проводить в температурном интервале 2016–2075,5 °С в присутствии 51,7–54,0% углерода (при этом суммарная концентрация Si и Al в сплаве составляет 47,6–49,1%; процесс электроплавки необходимо проводить в течение 30–50 минут, при этом степень перехода кремния и алюминия в сплав составляет соответственно 60–84% и 70–79%, кальция в карбид кальция 72–77% (суммарная концентрация Si и Al – 34–49%), а литраж карбида кальция 236–250 дм³/кг; на укрупнено-лабораторной установке при электроплавке шихты, состоящей из 47% шлака, 34% коксика и 19% магнетитового концентрата со сливом продуктов плавки получен ферросплав, содержащий 47–60% Σ Si и Al, карбид кальция литражом 230–270 дм³/кг, при этом из шихты в сплав перешло 83,3%Si и 76,8%Al, Ca в карбид кальция – 72,6%, Zn и Pb в возгоны соответственно 98,0 и 92,2%.

Ключевые слова: доменный шлак, углетермическое восстановление, термодинамическое моделирование, электроплавка, карбид кальция, ферросплав

**THERMODYNAMIC EXPLANATION AND TECHNOLOGY FOR PRODUCING
FERROALLOY, CALCIUM CARBIDE FROM BLAST FURNACE SLAG
WITH REPLACEMENT OF STEEL SHAVINGS TO MAGNETITE CONCENTRATE**

Shevko V.M., Badikova A.D., Tuleev M.A., Amanov D.D., Kapsalyamov S.A.

*M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent,
e-mail: shevkovm@mail.ru*

The article presents the results of research on the production of ferroalloy and calcium carbide from a mixture containing blast furnace slag (37.2% SiO₂, 34.4% CaO, 14% Al₂O₃), magnetite concentrate (83.9% Fe₂O₃, 9.4% SiO₂). The researches were conducted out by thermodynamic modeling and electric smelting in an ore-thermal arc furnace. It was found that under equilibrium conditions, in order to achieve the degree of transition of silicon and aluminum to alloy by 85.4-86.0 and 70-82.2%, respectively, calcium to calcium carbide by 45-51.7%, the process must be carried out in the temperature range 2016 -2075.5 °C in the presence of 51.7-54.0% carbon (the total concentration of Si and Al in the alloy is 47.6-49.1%; the electric melting process must be carried out for 30-50 minutes, while the degree the transition of silicon and aluminum to the alloy is 60-84% and 70-79%, respectively, of calcium to calcium carbide 72-77% (the total concentration of Si and Al is 34-49%), and calcium carbide runoff 236-250 dm³/ kg; in an enlarged laboratory installation, the mixture was electrically melted, consisting of 47% slag, 34% coke and 19% magnetite concentrate with the discharge of melting products, a ferroalloy containing 47-60% Σ Si and Al was obtained calcium carbide with a displacement of 230-270 dm³ / kg, while 83.3% Si and 76.8%Al went from charge to alloy, Ca to 72.6% calcium carbide, Zn and Pb 98.0 and 92.2% respectively.

Keywords: blast furnace slag, carbon thermal reduction, thermodynamic modeling, electric smelting, calcium carbide, ferroalloy

В соответствии с [1, 2] удельный выход доменных шлаков составляет 455–481 кг на 1 т чугуна. Переработка шлаков организована несколькими методами [1, 3, 4] с получением цемента [5], пемзы, щебня [6], волокна, минеральной ваты [7], шлакоцисталлов, литых изделий, шлакобетонов [8–9], удобрений [10], ферросплавов [11, 12]. Однако доменный шлак используется не полностью, например в Российской Федера-

ции до 17% доменного шлака в середине 20-х гг. текущего столетия хранилась в отвалах. Исходя из того, что основная часть передельного и литейного доменного шлака состоит из CaO (34–50%), SiO₂ (32–42%), Al₂O₃ (6–15%) [1] нами разработан электро-термический метод совместного получения из доменного (передельного и литейного) шлака ферросплава (содержащего Si, Al, Fe) и карбида кальция [12]. обязательным ших-

товым компонентом этого способа является стальная стружка (13–16% от массы шлака). В виду наблюдаемого в настоящее время дефицита и сравнительной дороговизны (до 14000 руб/т [13]) стальной стружки возникает необходимость замены ее на другой железосодержащий материал, например на магнетитовый концентрат, получаемый на ТОО «Iron Concentrate Company» из хвостов флотации медьсодержащих руд [14]. Концентрат преимущественно (на 85–88%) состоит из Fe_3O_4 и из 8–10 SiO_2 %.

Цель исследования: определение возможности замены стальной стружки на магнетитовый концентрат при электроплавке доменного шлака с получением ферросплава и карбида кальция.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились методами термодинамического моделирования и электроплавкой в дуговой печи. Термодинамическое моделирование проводилось с использованием программного комплекса HSC-5.1 основанного на принципе минимума энергии Гиббса [15]. Электроплавку шихты проводили в графитовом тигле ($d = 6$ см, $h = 12$ см) одноэлектродной дуговой печи. Электроэнергия в печь подавалась от трансформатора ТДЖФ-1002. Необходимая мощность поддерживалась терристорным регулятором. После электроплавки горячий тигель извлекали из печи и охлаждали в течение 5–6 часов. Затем графитовый тигель разбивали. Карбид и ферросплав взвешивали и анализировали на Fe, Si, Ca и Al.

Анализ сырья и продуктов электроплавки проводился методом растровой электронной микроскопии (прибор JSM-6490LM (Япония)), атомно-адсорбционным методом (прибор AAS-1N, (Германия)). Концентрация Si+Al в сплаве определялась также пикнометрическим методом (через плотность) по уравнениям, опубликованными нами в [16].

Степень извлечения кремния и алюминия в сплав определялась отношением массы металла в сплаве к массе металла в шихте. Степень извлечения кальция в технический карбид кальция (α_{Ca} , %) определялась отношением массы Ca в карбиде кальция к массе кальция в шихте. Концентрация CaC_2 в техническом карбиде кальция, определяется из выражения:

$$C_{\text{CaC}_2} = L / 372, \quad (1)$$

в котором L – литраж карбида кальция, $\text{дм}^3/\text{кг}$ (определяется экспериментально по методике [17]).

В работе использовали: доменный шлак АО «Арселор Миталл Темиртау», содержащий 37,2% SiO_2 , 34,4% CaO , 14,0% Al_2O_3 , 11,8% MgO , 1,7% BaO, 0,6% FeO , 0,5% MnO ; кокс (85,65C, 4,6% SiO_2 , 1,4% CaO , 0,3% MgO , 2,0% Al_2O_3 , 2,3% Fe_2O_3 , 0,7%S, 1,2% H_2O , 1,2% – прочие); магнетитовый концентрат ТОО «Iron Concentrate Company» (83,9% Fe_3O_4 , 9,4% SiO_2 , 1,8% CaO , 1,2% Al_2O_3 , 0,2% ZnO , 0,4% PbO , 1,1% прочие (K_2O , Na_2O , MnO , SO_3 , S, H_2O)). При электроплавке отношение доменный шлак: магнетитовый концентрат составляло 2,8.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 показано влияние температуры на равновесную степень распределения (α , %) некоторых элементов в системе доменный шлак (ДШ) – магнетитовый концентрат – углерод (ДШ-МК-У) при 48% углерода от массы $\Sigma_{\text{ДШ и МК}}$. Видно, что максимальная α_{Si} в FeSi (48,7%) отмечается при 2100°C.

Температура начала формирования карбид кальция составляет 1800°C. Максимально (37,1%) α_{Ca} в CaC_2 отмечается при 2000°C, а алюминий в элементное конденсированное состояние (76,9%) – при 2100°C. Цинк переходит практически полностью (98,7%) в возгоны при 1700°C. Свинец переходит в газ хуже, чем цинк. Так, при 1800°C α_{Pb} в газ составляет только 38,5%. Из табл. 1 следует, что при 1900–2000°C концентрация Si и Al в сплаве составляет соответственно 37,7–36,9% и 4,6–9,5%. При этом $\Sigma C_{\text{Si, Al}} = 42,6–46,6\%$, а переход Si в сплав ($\alpha_{\text{Si}_{\text{спл}}}$) составляет 84,1–87,2%.

Из рис. 2 следует, что увеличение количества углерода от 42 до 54% позволяет повысить $\Sigma \alpha_{\text{Si}}$ от 83,4 до 88,8%, α_{Al} при 2100°C – от 74,3 до 80,0% и Ca в CaC_2 при 2000°C от 19,6 до 54,8%. При этом повышается литраж карбида кальция от 130 до 188 $\text{дм}^3/\text{кг}$. Наблюдаемое снижение $\alpha_{\text{Si}_{\text{спл}}}$, α_{Ca} в CaC_2 (при $T > 2000^\circ\text{C}$) и $\alpha_{\text{Al}_{\text{спл}}} > 2100^\circ\text{C}$ объясняется образованием газообразного SiO, разложением CaC_2 ($\text{CaC}_2 = \text{Ca}_r + 2\text{C}$) и испарением алюминия.

Найдено, что при увеличении температуры при 1800°C независимо от количества углерода α_{Zn} в газ составляет 98,4–98,8%. При 2000°C количество углерода также не влияет на α_{Pb} в газ, составляет 88,4–88,6%. Из рис. 3 следует, что изменение углерода от 42 до 54% позволяет при 2000°C повысить концентрацию кремния и алюминия в сплаве от 44,9 до 47,1%, а при 2100°C – от 47,0 до 49,6%.

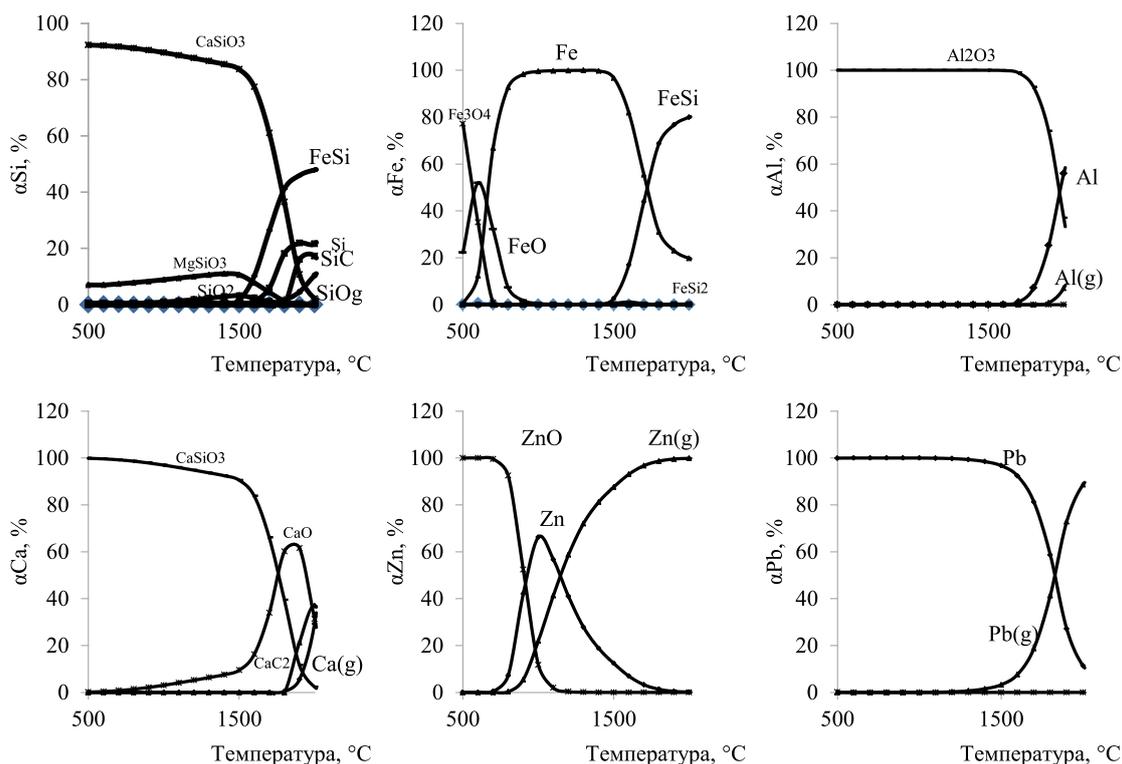
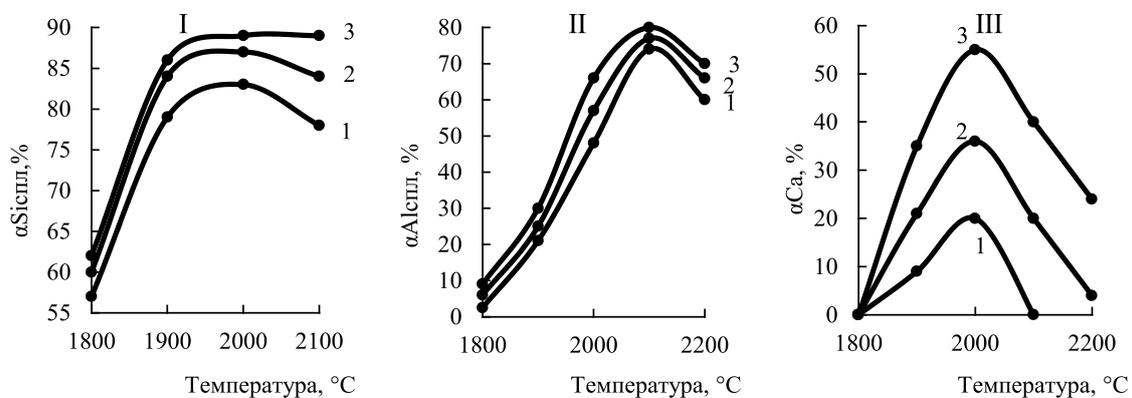


Рис. 1. Влияние температуры на равновесную степень распределения элементов в системе ДШ-МК-У

Таблица 1

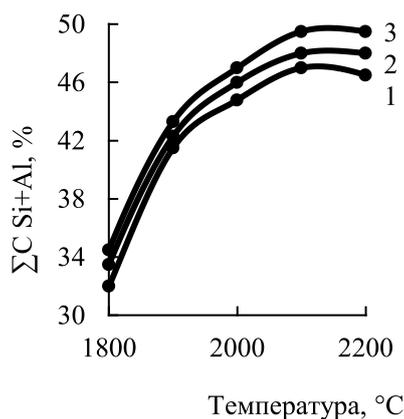
Влияние температуры на степень распределения кремния в ферросплаве ($\Sigma\alpha\text{Si}$) и концентрацию в сплаве Si и Al (C_{Si} , C_{Al})

Параметр	Температура, °C					
	1600	1700	1800	1900	2000	2100
$\alpha\text{Si}_{\text{спл}}$, %	11,7	32,4	59,5	84,1	87,2	84,3
C_{Si} , %	8,7	20,9	32,2	37,7	36,9	35,1
C_{Al} , %	<0,1	0,3	1,6	4,6	9,5	12,9
$C_{\text{Si и Al}}$	8,7	21,2	33,8	42,3	46,6	48,0



1–42%С, 2–48%С, 3–54%С

Рис. 2. Влияние температуры и углерода на равновесную степень перехода кремния (I) и алюминия (II) в сплав кальция в CaC_2 (III)



1–42%С, 2–48%С, 3–54%С

Рис. 3. Влияние температуры и углерода на суммарную концентрацию кремния и алюминия в ферросплаве

Для определения оптимальных условий совместной переработки доменный шлаков и магнетитового концентрата дальнейшие исследования провели методом планирования с использованием рототабельных планов второго порядка (план Бокса-Хантера) [18]. Матрица планирования и результаты исследования приведены в табл. 2. Используя результаты исследования в соответствии с [19] получили следующие адекватные уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} \alpha\text{Si}_{\text{спл}} = & -624,59 + 0,646 \cdot T + \\ & + 2,284 \cdot Y - 1,67 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - \\ & - 3,37 \cdot 10^{-2} \cdot Y^2 + 5,868 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot Y; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \alpha\text{Al}_{\text{спл}} = & -2773,44 + 2,447 \cdot T + \\ & + 3,472 \cdot Y - 5,09 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 + \\ & + 3,85 \cdot 10^{-2} \cdot Y^2 - 2,93 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot Y; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \alpha\text{Ca} = & -6263,91 + 6,34 \cdot T - \\ & - 4,52 \cdot Y - 1,61 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + \\ & + 1,96 \cdot 10^{-2} \cdot Y^2 + 2,683 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot Y; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Sigma\text{C}_{\text{Si и Al}} = & -224,716 + 0,213 \cdot T + \\ & + 0,975 \cdot Y - 5,009 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - \\ & - 1,43 \cdot 10^{-2} \cdot Y^2 + 3,353 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot Y; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \alpha\text{Zn} = & -235,12 + 0,274 \cdot T + \\ & + 3,294 \cdot Y - 4,383 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - \\ & - 6,179 \cdot 10^{-3} \cdot Y^2 - 1,844 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot Y. \end{aligned} \quad (6)$$

По методике [18, 19] нами были построены объемные изображения поверхностей откликов и их горизонтальные разрезы (рис. 4–6).

Из рис. 4 следует, что $\alpha\text{Si}_{\text{спл}}$ от 85 до 86% (точка А) располагается в температурной области 1940–2100 °С и 47,5–54% углерода. Для $\alpha\text{Al}_{\text{спл}}$ от 60 до 86% необходима температура 1975–2100 °С и 42–54% углерода. Переход кальция из шихты в CaC_2 от 45 до 52,2% отмечается в температурной области 1930–2075 °С в присутствии 51–54% углерода. Цинк от 90 до 99,6% возгоняется при 1520–1700 °С. Ферросплав с $\Sigma\text{C}_{\text{Si и Al}}$ от 45 до 49,7% формируется в температурной области 1930–2100 °С в присутствии 42–54% углерода.

Таблица 2

Матрица планирования и результаты исследования электроплавки смеси доменного шлака и магнетитового концентрата

№	Переменные				$\alpha\text{Si}_{\text{спл}}, \%$	$\alpha\text{Al}_{\text{спл}}, \%$	$\alpha\text{Ca}, \%$	$\Sigma\text{C}_{\text{Si и Al}}, \%$
	Кодированный вид		Натуральный вид					
	X_1	X_2	$T, \text{ }^\circ\text{C}$	$Y, \%$				
1	+	+	2071	52.2	85,5	78	39,3	48.8
2	–	+	1929	52.2	84,3	40,1	36,5	44.6
3	+	–	2071	43.8	83	72,4	16,4	46.8
4	–	–	1929	43.8	82,5	31	16,8	43.0
5	+1,41	0	2100	48	84,5	77,3	19,8	48.0
6	–1,41	0	1900	48	84	25,5	21,3	42.3
7	0	+1,41	2000	54	85,9	68,2	54,8	47.1
8	0	–1,41	2000	42	83,6	47,6	20,3	43.2
9	0	0	2000	48	85,4	57	36,1	46.0
10	0	0	2000	48	86	57,4	37	46.2
11	0	0	2000	48	85,2	56,6	35	45.8
12	0	0	2000	48	85,8	56,3	35,2	45.9
13	0	0	2000	48	85,6	57,2	36,5	46.1

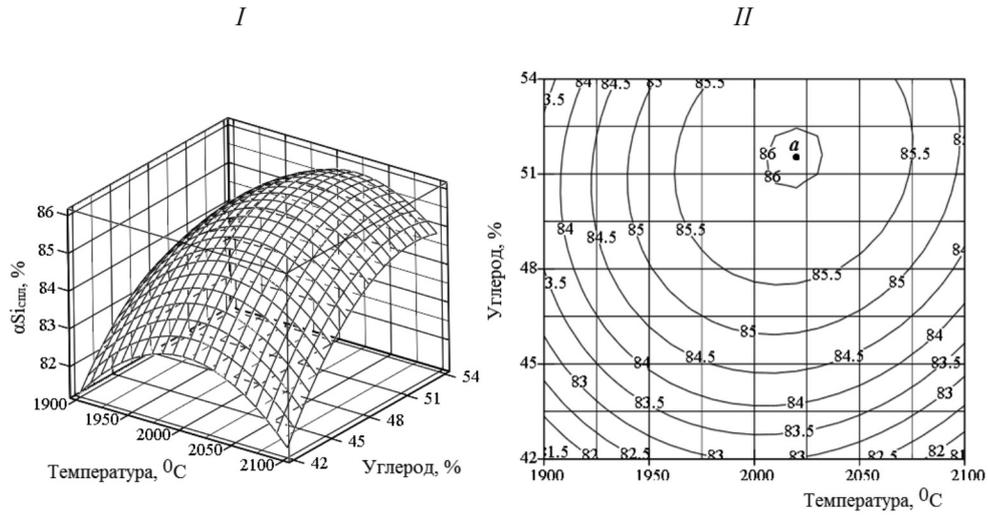


Рис. 4. Влияние температуры и углерода на степень перехода Si в ферросплав: I – объемное изображение, II – горизонтальные разрезы поверхности отклика

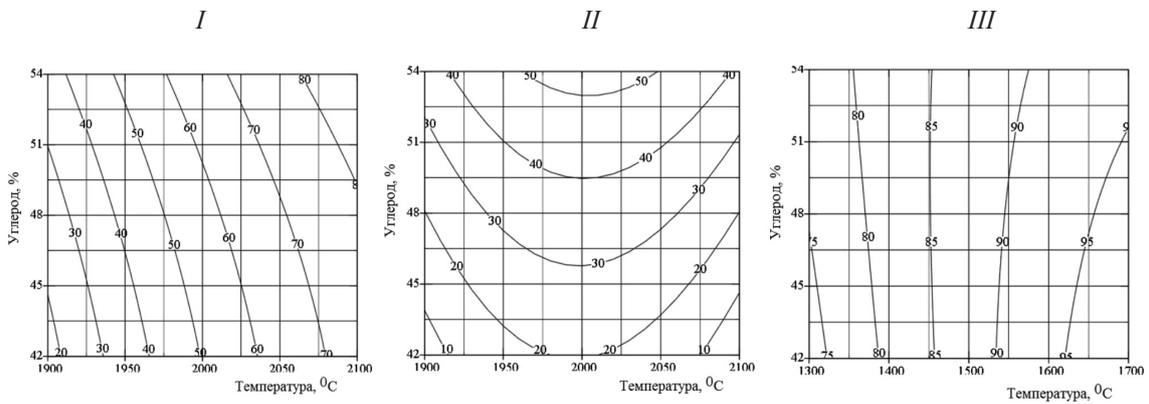


Рис. 5. Влияние температуры и количества углерода на степень перехода Al в сплав (I), Ca в CaC_2 (II), Zn в возгоны (III) (горизонтальные разрезы поверхностей отклика)

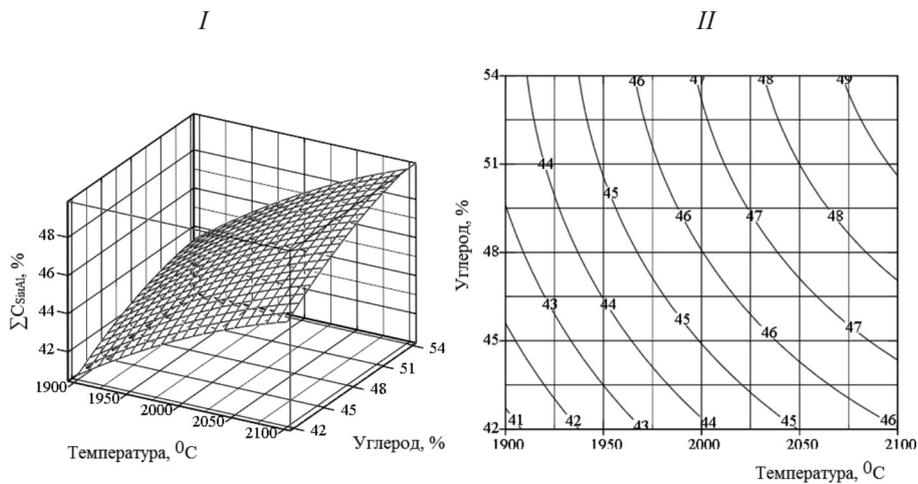
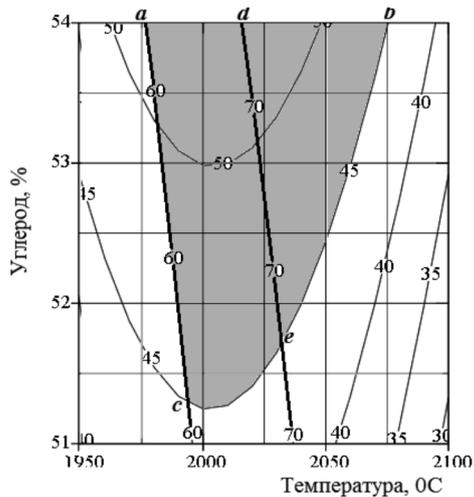


Рис. 6. Влияние температуры и количества углерода на концентрацию Si и Al в ферросплав: I – объемное изображение, II – горизонтальные разрезы поверхности отклика

Исходя из полученного материала следует, что оптимальные параметры (температура, количество углерода) должны быть ориентированы на извлечение Ca в CaC_2 , так как αCa в $\text{CaC}_2 < \alpha\text{Al}_{\text{спл}}$ и $\alpha\text{Si}_{\text{спл}}$. На рис. 7 показано влияние температуры и углерода на αCa в $\text{CaC}_2 \geq 45\%$ с наложением на разрез $\alpha\text{Al}_{\text{спл}} \geq 60\%$ (область abc рис. 7).

Для достижения в области abc (табл. 3) αCa в CaC_2 от 45 до 51,7% (точка а), $\alpha\text{Al}_{\text{спл}}$ – от 70 до 82,2%, $\alpha\text{Si}_{\text{спл}}$ – от 85,4–86,0% (точка е), процесс необходимо проводить в температурном интервале 2016–2075,5 °С в присутствии 51,7–54,0% углерода. В этих условиях суммарная концентрация кремния и алюминия в ферросплаве составляет 47,6–49,1%.

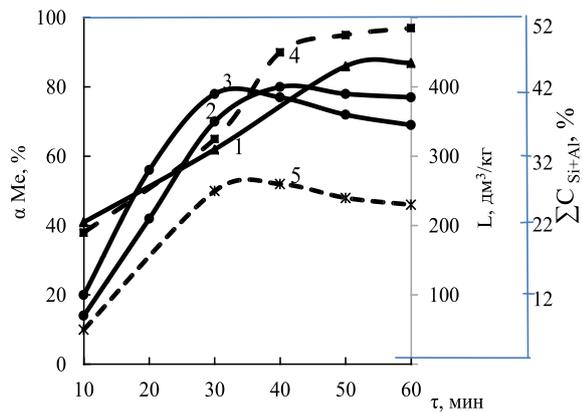


Линия: $ac - \alpha\text{Al}_{\text{спл}} = 60\%$,
 $de - \alpha\text{Al}_{\text{спл}} = 70\%$, $bc - \alpha\text{Ca}$ в $\text{CaC}_2 = 45\%$

Рис. 7. Совместная информация о влиянии температуры и углерода на технологические параметры взаимодействия в системе ДШ-МК-С

На рис. 8 приведены результаты экспериментов электроплавки смеси доменного шлака и магнетитового концентрата, из которого видно, что для максимального перехода Ca в CaC_2 (72–77%) процесс необходимо проводить в течение 30–50 минут. При этом степень перехода Si и Al в ферросплав составляет соответственно 60–84% и 70–79%, концентрация ΣSi и Al в сплаве 34–49%, а литраж карбида кальция – 236–250 $\text{дм}^3/\text{кг}$.

На укрупнено-лабораторной установке (рис. 9) было проплавлено 36 кг шихты (17 кг шлак, 6,8 кг магнетитовый концентрат, 12,2 кг коксик). На рис. 10 показаны фотографии продуктов плавки, а на рис. 11 – состав ферросплава. Электроплавка проводилась при напряжении 20–35 В и силе тока 600–900 А.



1 – $\alpha\text{Si}_{\text{спл}}$, 2 – $\alpha\text{Al}_{\text{спл}}$, %, 3 – αCa , %, 4 – $\Sigma C_{\text{Si и Al}}$, %, 5 – L, $\text{дм}^3/\text{кг}$

Рис. 8. Влияние продолжительности электроплавки смеси доменного шлака и магнетитового концентрата на технологические показатели процесса

Таблица 3

Значения технологических параметров в граничных точках области abc (рис. 7)

Точка на рис. 7	T, °C	Углерод, %	$\alpha\text{Si}_{\text{спл}}$, %	$\alpha\text{Al}_{\text{спл}}$, %	αCa , %	$\Sigma C_{\text{Si и Al}}$, %
a	1977,0	54,0	85,5	60,0	51,7	46,4
b	2075,5	54,0	85,4	82,2	45,0	49,1
c	1993,5	51,3	85,9	60,0	45,0	46,5
d	2016,0	54,0	85,8	70,0	52,8	47,6
e	2032,0	51,7	86,0	70,0	45,0	47,7



Рис. 9. У крупнено-лабораторная электротермическая установка



II



Рис. 10. Продукты электроплавки: I – ферросплав, II – карбид кальция

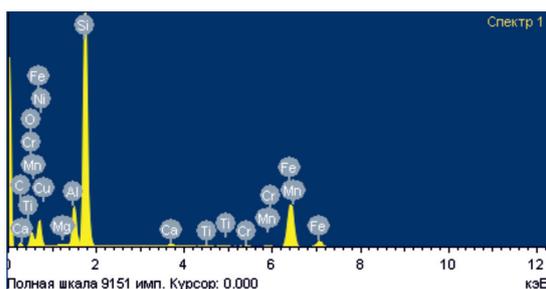


Рис. 11. Растровая электронная микроскопия ферросплава

Элемент	%	Элемент	%
Mg	0,09	Cr	0,17
Al	8,17	Mn	0,74
Si	50,46	Fe	39,00
Ca	0,67	Ni	0,27
Ti	0,49	Cu	0,00

Основные показатели процесса:
 Степень извлечения, %: кремния в ферросплав – 83,3; алюминия в ферросплав – 76,8; железа в ферросплав – 97,7; кальция в карбид кальция – 72,6; цинка в возгоны – 98,0; свинца в возгоны – 92,2.
 Содержание в продуктах, %: кремния в сплаве – 41–51; алюминия в сплаве – 6–9; Са в техническом карбиде кальция – 67–70.
 Литраж технического карбида кальция, дм³/кг – 230–270.
 Количество ферросплава на 1 т шлака – 590–610 кг.
 Количество карбида кальция на 1 т шлака – 430–450 кг.
 Расход эл.энергии, кВт·час: на 1 т суммарного продукта – 4400–4500.

Заключение

На основании полученных результатов по совместной переработке доменного шла-

ка и магнетитового концентрата можно сделать следующие выводы:

- в равновесных условиях для достижения степени перехода кремния и алюминия в сплав соответственно на 85,4–86,0 и 70–82,2%, кальция в карбид кальция на 45–51,7% процесс необходимо проводить в температурном интервале 2016–2075,5 °С в присутствии 51,7–54,0% углерода (при этом суммарная концентрация Si и Al в сплаве составляет 47,6–49,1%);
- процесс электроплавки необходимо проводить в течение 30–50 минут, при этом степень перехода кремния и алюминия в сплав составляет соответственно 60–84% и 70–79%, кальция в карбид кальция 72–77% (суммарная концентрация Si и Al – 34–49%), а литраж карбида кальция 236–250 дм³/кг;
- на крупнено-лабораторной установке при электроплавке шихты, состоящей

из 47% шлака, 34% коксика и 19% магнетитового концентрата со сливом продуктов плавки получен ферросплав, содержащий 47–60% Σ Si и Al, карбид кальция литражом 230–270 $\text{дм}^3/\text{кг}$, при этом из шихты в сплав перешло 83,3% Si и 76,8% Al, Ca в карбид кальция – 72,6%, Zn и Pb в возгоны соответственно 98,0 и 92,2%

Список литературы

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. М.: Академкнига, 2002. 786 с.
2. Барышников В.Г., Горелов А.М., Папков Г.И. Вторичные ресурсы черной металлургии. Т. 2. М.: Экономика, 1986. 344 с.
3. Утилизация – переработка доменных шлаков. [Электронный ресурс]. URL: http://emchezgia.ru/ekologiya/13.2_Utilizatsiya_domennykh_shlakov.php (дата обращения: 13.02.2020).
4. Коробейников А.П., Филин А.Н., Барыльников В.В. Способ переработки доменного и мартеновского шлака // Патент РФ № 2448172. Патентообладатель Коробейников А.П. 2012, Бюл. № 11.
5. Шогенов О.М., Рамадан А., Эдоков Р.А., Тапов А.А.. Опыт применения доменного шлака в качестве искусственного основания фундамента здания // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4 (55). URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_52_Shogenov_N.pdf_d69df8a052.pdf (дата обращения: 13.02.2020).
6. Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов. Томск: Томский политехнический университет, 2012. 196 с.
7. Русских В.П., Кравченко В.П. Производство шлаковой ваты из доменных шлаков // Вестник Приазовского государственного технического университета. 2016. № 32. С. 20–25.
8. Ву Ким Зиен, Танг Ван Лам, Баженова С. И., Нгуен Зуен Фонг. Возможность использования доменных шлаков в производстве бетонов и растворов во Вьетнаме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 11. С. 17–24.
9. Монтаев С.А., Шингужиева А.Б., Монтаева Н.С., Досов К.Ж., Есмухан Б.О. Использование гранулированного доменного шлака в составе керамической массы для получения керамического заполнителя (керамдора) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10–1. С. 164–168.
10. Шаповалов Н.А., Загороднюк Л.Х., Тикунова И.В., Шекина А.Ю. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков // Фундаментальные исследования. 2013. № 1–2. С. 439–443.
11. Takayuki M., Koichi T., Kenichi A., Sachiko H. Production and Use of Blast Furnace Slag Aggregate for Concrete. Nippon steel & Sumitomo metal technical report. 2015. no. 109. P. 102–108.
12. Шевко В.М., Бадикова А.Д., Аманов Д.Д., Каратаева Г.Е. Способ переработки твердого доменного шлака // Решение о выдаче патента Республики Казахстан на полезную модель № 40647 от 11.10.2019.
13. Стальная стружка цена // Информационное агентство MetalTorg.Ru. Новости, аналитика, цены, статистика рынка черных, цветных и драгоценных металлов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.metaltorg.ru/stalnaya-struzhka-tsena.htm> (дата обращения: 13.02.2020).
14. Продукция Iron Concentrate Company // Iron Concentrate Company [Электронный ресурс]. URL: <http://icckaz.com/ru/node/39> (дата обращения: 13.02.2020).
15. Antti Roine, Jarkko-Mansikka-aho, Tuukka Kotiranta, Peter Bjorklund, Pertti Lamberg. HSC Chemistry 6.0 User's Guide. Outotec Research Oy. 2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hsc-chemistry.net/pdf/40%20Sim%20Flow-sheet.pdf> (дата обращения: 13.02.2020).
16. Шевко В.М., Аманов Д.Д., Каратаева Г.Е., Айткулов Д.К. Кинетика получения комплексного ферросплава из кремний-алюминийсодержащей опоки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10–2. С. 194–196.
17. Козлов К.Б., Лавров Б.А. Получение карбида кальция в дуговой печи и его анализ. СПб.: Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), 2011. 24 с.
18. Ахназарова С.А., Кафаров Б.В. Методы оптимизации эксперимента в химической промышленности. М.: Высшая школа, 1978. 319 с.
19. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.