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 = 0,686

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,349

№ 6 2019

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.

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)

МОСКВА «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» **18+**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.
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 = 0,686.
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,349.

Учредитель, издательство и редакция:
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 Е.С. Галенкина

Подписано в печать 17.06.2019
Дата выхода номера 17.07.2019

Формат 60x90 1/8
Типография
НИЦ «Академия Естествознания»
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 22,38
Тираж 500 экз.
Заказ МЖПиФИ 2019/6

© НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРКОВЫХ ФОРМАЦИЙ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г., Свешников А.В. 9

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК В ЗОНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ГОРОДЕЦКОГО МУСОРОСОРТИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Вершинина И.В., Козлов А.В. 14

АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ГИБРИДНЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ, РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА И ТАГАНСОРБЕНТА, ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИЕМЕ АСПИРИНА

Жаксымов Б.И., Бахтиярова Ш.К., Талгатов Э.Т., Ауезханова А.С., Капышева У.Н. 20

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБОЦЕНОЗОВ ЗОЛОТОНОСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕСТОБЕ

Канаев А.Т., Баймырзаев К.М., Канаева З.К., Токпаев К.М. 25

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОГЛИОЦИТОВ КОРЫ МОЗЖЕЧКА КРЫСЫ

Сухорукова Е.Г., Юкина Г.Ю. 30

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

БРОНХИАЛЬНАЯ АСТМА – АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОЙ ПЕДИАТРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ

Бадоева З.А., Туаева И.Б., Байсангурова Л.С., Габараева Л.Н., Икаев З.Э. 35

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Гаврилова О.Н., Касымова Р.О., Касымов О.Т. 41

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Джолочиева М.К., Шаршенова А.А. 48

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ У ДЕТЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Изтелеуова А.М., Бегайдарова Р.Х., Тимченко Н.А. 53

РАЗРАБОТКА СТАНДАРТНОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ ПРОЦЕДУРЫ «АНАЛИЗ ВОДЫ ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ» В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АПТЕК

Савченко И.А., Корнеева И.Н., Лукша Е.А., Подгурская В.В. 57

ЦИРРОЗ ПЕЧЕНИ И ЕГО РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Ташполотова А.Ш., Суранбаева Г.С., Мурзакулова А.Б. 63

АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СМЕШАННОЙ СЛЮНЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Хрипач Л.В., Князева Т.Д., Железняк Е.В., Маковецкая А.К., Коганова З.И., Бударина О.В., Лебедева Н.В., Ингель Ф.И., Демина Н.Н. 68

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РЯДА ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДЕ НИЖНЕКАМСКЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Шамитова Е.Н., Шахова А.Ю., Мартьянова А.А. *74*

ОБЗОРЫ

ВРОЖДЕННЫЕ АТРЕЗИИ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА У НОВОРОЖДЕННЫХ

Борисевич М.А., Кумейко И.Д., Изенов А.М., Киреев Д.Е., Альшев М.А., Жунис М.Б., Мамадиева Д.Б., Мадет Ф.Е. *78*

ФОСФОЛИПИДНЫЙ СПЕКТР КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН ПРИ ВИРУСНЫХ ГЕПАТИТАХ

Мусаев А.Т., Амрин С.Т., Шабанова А.А., Шакаралиев А.А., Алиев К.Г., Сатбаева А.С., Тримова А.Т., Онгарбаева А.Б., Смадил Н.С., Че А.С. *85*

КОМПЛЕКС МЕР, ЗАКРЕПЛЕННЫЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, НАПРАВЛЕННЫЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Савостикова О.Н., Водянова М.А., Алексеева А.В., Мамонов Р.А. *91*

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА СТРУКТУРУ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Федичкина Т.П., Балакаева А.В., Яковлев М.Ю. *96*

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

МИГРАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ: ВЗГЛЯД И ОЦЕНКА МИГРАНТОВ

Мураткызы А.М. *101*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПЛАН РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Волотковская Н.С., Волотковский А.А., Кинаш А.А. *108*

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПЕРЕВЯЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С АНТИМИКРОБНОЙ ОТДЕЛКОЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Токсанбаева Ж.С., Аширбекова Г.Ш., Толганбек Н.Н. *113*

ЧАСТИЧНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ ДЛИННОПЛАМЕННОГО УГЛЯ В ЦИРКУЛИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Дюсеханов Т.К., Сулейменов К.А., Достияров А.М. *118*

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Кузьмин Г.П. *125*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ЭНЕРГОВКЛАДА И ТЕРМИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ТЕРМОУПРОЧНЕНИИ ШИРОКИМ ПЯТНОМ ИЗЛУЧЕНИЯ

Рыжикова Д.А., Умнов В.П. *129*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Салова Т.Ю., Тесленок С.К. *134*

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ КОЖИ

Урусова Б.И., Темирболатова С.А. *139*

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА СТАЛЬ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Черепашкин С.Е., Кривенко Е.С., Щербакова А.В. *143*

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРЕПАРАТЕ ЛИТИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Епифанова И.Э., Тертышник Э.Г. *148*

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТВЕЙВЛЕТОВ К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Кудуев А.Ж., Турсунов Э.А., Абдыкалык Ж.А., Турсунов Д.А. *153*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ ПО РИСУНКУ ВНУТРЕННЕЙ СТОРОНЫ ЛАДОНИ ПОСРЕДСТВОМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Понкратов А.Ю., Лобов Д.В., Осауленко Р.Н. *159*

ПОЛУЧЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ, ОПИСЫВАЕМЫХ ЛИНЕЙНЫМИ ОПЕРАТОРНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

Чекиров К.М., Джумагулов К.Р. *164*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СУБСТАНЦИИ АСД-2Ф ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Абдрахманов В.И., Краснов В.Л., Логутов В.И., Орлов А.В., Сахипов В.Р. *168*

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА АТРАЗИН ИМПРИНТИРОВАННЫХ ГУМИН-МЕТАКРИЛАТНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Жоробекова Ш.Ж., Кыдралиева К.А., Худайбергенова Э.М., Прохоренко В.А. *174*

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

STRUCTURAL CHANGES IN CORTICAL FORMATIONS OF THE HUMAN BRAIN IN ALZHEIMER'S DISEASE

Bogolepova I.N., Malofeeva L.I., Agapov P.A., Malofeeva I.G., Sveshnikov A.V. 9

ECOLOGICAL CONDITION OF SMALL RIVERS IN ZONE OF POTENTIAL INFLUENCE OF THE GORODETSKY WASTE SORTING COMPLEX

Vershinina I.V., Kozlov A.V. 14

ANTIOXIDATIVE EFFECT OF HYBRID ENTEROSORBENTS DEVELOPED ON THE BASIS OF PECTIN AND TAGANSORBENT, WITH A LONG TERM OF ACPIRIN

Zhaksymov B.I., Bakhtiyarova Sh.K., Talgatov E.T., Auezkhanova A.S., Kapysheva U.N. 20

THE STUDY OF THE MICROBIOCENOSIS GOLD DEPOSITS BESTOBE

Kanaev A.T., Baymyrzaev K.M., Kanaeva Z.K., Tokpaev K.M. 25

MICROGLIAL MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RAT CEREBELLAR CORTEX

Sukhorukova E.G., Yukina G.Yu. 30

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

BRONCHIAL ASTHMA – MODERN PEDIATRICS ACTUAL PROBLEM OF THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA – ALANIA

Badoeva Z.A., Tuaeva I.B., Baysangurova L.S., Gabaraeva L.N., Ikaev Z.E. 35

RESULTS OF IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR ASSESSING BIOSECURITY RISK IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Gavrilova O.N., Kasymova R.O., Kasymov O.T. 41

THE USE OF MEMBRANE FILTRATION IN ASSESSING THE QUALITY OF DRINKING WATER IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Dzholochieva M.K., Sharshenova A.A. 48

EPIDEMIOLOGY OF HIV INFECTION IN CHILDREN IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Izteleuova A.M., Begaydarova R.Kh., Timchenko N.A. 53

DEVELOPMENT OF A STANDARD OPERATIONAL PROCEDURE «ANALYSIS OF WATER FOR INJECTION» IN THE CONDITIONS OF PRODUCTION PHARMACIES

Savchenko I.A., Korneeva I.N., Luksha E.A., Podgurskaya V.V. 57

CIRRHOSIS OF THE LIVER AND ITS PREVALENCE IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Tashpolotova A.Sh., Suranbaeva G.S., Murzakulova A.B. 63

ADAPTIVE CHANGES OF BIOCHEMICAL AND IMMUNOLOGICAL MARKERS IN MIXED SALIVA OF PRESCHOOL CHILDREN EXPOSED TO AIR POLLUTANTS

Khripach L.V., Knyazeva T.D., Zheleznyak E.V., Makovetskaya A.K., Koganova Z.I., Budarina O.V., Lebedeva N.V., Ingel F.I., Demina N.N. 68

THE COMBINED EFFECT OF SEVERAL FACTORS ON THE INCIDENCE OF POPULATION IN THE CITY OF NIZHNEKAMSK OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Shamitova E.N., Shakhova A.Yu., Martyanova A.A. 74

REVIEW

CONGENITAL GASTROINTESTINAL ATRESIA IN NEWBORNS

Borisevich M.A., Kumeiko I.D., Izenov A.M., Kireev D.E., Alshev M.A., Zhunis M.B., Mamadieva D.B., Madet F.E. 78

PHOSPHOLIPID SPECTRUM OF CELL MEMBRANES IN VIRAL HEPATITIS

Musaev A.T., Amrin S.T., Shabanova A.A., Shakaraliev A.A., Aliev K.G., Satbaeva A.S., Trimova A.T., Ongarbaeva A.B., Smadil N.S., Che A.S. 85

A SET OF MEASURES, ENSHRINED IN THE LEGISLATION OF THE RUSSIAN FEDERATION, AIMED AT ENSURING CHEMICAL SAFETY

Savostikova O.N., Vodyanova M.A., Alekseeva A.V., Mamonov R.A. 91

IMPACT OF AMBIENT AIR POLLUTION ON THE MORTALITY STRUCTURE

Saltykova M.M., Bobrovnitsky I.P., Fedichkina T.P., Balakaeva A.V., Yakovlev M.Yu. 96

SOCIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

MIGRATION ACTIVITY OF THE POPULATION IN EAST KAZAKHSTAN: LOOK AND ASSESSMENT OF MIGRANTS

Muratkyzy A.M. 101

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

PERSPECTIVE PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Volotkovskaya N.S., Volotkovskiy A.A., Kinash A.A. 108

MULTIFUNCTIONAL WOOLING MATERIALS WITH ANTIMICROBE FINISH AND THEIR APPLICATION IN MEDICINE

Dzhanpaizova V.M., Tashmenov R.S., Toksanbaeva Zh.S., Ashirbekova G.Sh., Tolganbek N.N. 113

PARTIAL GASIFICATION OF LONG-FLAME COAL IN A CIRCULATING FLUIDIZED BED

Dyusekhanov T.K., Suleymenov K.A., Dostiyarov A.M. 118

ANALYSIS OF CORRELATIONS AMONG SOIL PHYSICAL PROPERTIES

Kuzmin G.P. 125

ENSURING THE UNIVERSAL ENERGY OF THE ENERGY INJECTION AND THERMAL CYCLE UNDER LASER THERMAL-STRENGTHENING BY WIDE BLACK LIGHT

Ryzhikova D.A., Umnov V.P. 129

THE STUDY OF METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF POWER PLANTS

Salova T.Yu., Teslenok S.K. 134

MEASUREMENT OF FLUORESCENCE SPECTRA OF THE MAXILLOFACIAL REGION SKIN

Urusova B.I., Temirbolatova S.A. 139

CHANGE IN PROTECTIVE PROPERTIES OF CORROSION INHIBITORS WHEN EXPOSED TO STEEL AFTER THERMAL TREATMENT

Cherepashkin S.E., Krivenko E.S., Shcherbakova A.V. 143

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ARTICLES

RADIONUCLIDES FORMED IN A LITHIUM PREPARATION AS A RESULT OF THE ACTION OF COSMIC RAYS

Epifanova I.E., Tertyshnik E.G. *148*

APPLICATION OF MULTWAVELETS TO THE NUMERICAL SOLUTION OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SECOND ORDER

Kuduev A.Zh., Tursunov E.A., Abdykalyk Zh.A., Tursunov D.A. *153*

PERSONAL IDENTIFICATION BY THE INNER SIDE PALM THROUGH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Ponkratov A.Yu., Lobov D.V., Osaulenko R.N. *159*

OBTAINING APPROXIMATE OPTIMAL SOLUTIONS OF PROBLEMS DESCRIBED BY LINEAR OPERATOR EQUATIONS

Chekirov K.M., Dzhumagulov K.R. *164*

CHEMICAL SCIENCES

ARTICLES

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE DRUG ASD-2F BY CHROMATOGRAPHIC METHODS

Abdrakhmanov V.I., Krasnov V.L., Logutov V.I., Orlov A.V., Sakhipov V.R. *168*

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF ATRAZINE IMPRINTED HUMIN-METACRYLATE POLYMERS

Zhorobekova Sh.Zh., Kydralieva K.A., Khudaybergenova E.M., Prokhorenko V.A. *174*

СТАТЬИ

УДК 611.811.018

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРКОВЫХ ФОРМАЦИЙ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г., Свешников А.В.

Научный центр неврологии, Москва, e-mail: bogolepovaira@gmail.com

Целью настоящего исследования было изучение структурных изменений корковых формаций мозга человека при болезни Альцгеймера. Проводилось исследование цитоархитектонического строения корковых формаций мозга 12 пациентов с БА в сопоставлении с цитоархитектоническим строением корковых формаций мозга 12 людей, не страдавших психическими заболеваниями. Всего было исследовано 48 полушарий мозга. Была изучена цитоархитектоника коркового поля 4 двигательной области, полей 44 и 45 зоны Брока лобной области, поля 39 нижней теменной области мозга и гиппокампа. Срезы были окрашены крезилом фиолетовым по методу Ниссля, а также по методу Бильшовского и Гольджи. Толщина срезов 20 мкм, изучался каждый 40-й срез, всего было изучено 12000 срезов. В работе применялись современные морфометрические методы для определения толщины коры и толщины отдельных цитоархитектонических слоёв, измерения площади профильного поля нейронов, исследования плотности нейронов и глии. Значимость отличий определялась с использованием t-критерия Стьюдента. В результате проведенных исследований была выявлена локализация тангелл и амилоидных бляшек преимущественно в цитоархитектонических слоях II и III коры мозга пациентов с болезнью Альцгеймера. Было установлено значительное уменьшение ширины поперечника коры и отдельных цитоархитектонических слоёв в изучаемых корковых формациях мозга. В результате исследования выявлено резкое уменьшение плотности нейронов в коре, а также уменьшение профильного поля пирамидных нейронов в корковых формациях мозга при болезни Альцгеймера.

Ключевые слова: мозг человека, корковые формации, болезнь Альцгеймера

STRUCTURAL CHANGES IN CORTICAL FORMATIONS OF THE HUMAN BRAIN IN ALZHEIMER'S DISEASE

Bogolepova I.N., Malofeeva L.I., Agapov P.A., Malofeeva I.G., Sveshnikov A.V.

Research Center of Neurology, Moscow, e-mail: bogolepovaira@gmail.com

The aim of this study was to study the structural changes in the cortical formations of the human brain in Alzheimer's disease. The study of the cytoarchitectonic structure of the cortical formations of the brain of 12 patients with Alzheimer's disease was carried out in comparison with the cytoarchitectonic structure of the cortical formations of the brain of 12 people who did not suffer from mental diseases. A total of 48 hemispheres of the brain were examined. The cytoarchitectonics of the cortical area 4 of the motor area, areas 44 and 45 of Broca's frontal area, area 39 of the lower parietal area of the brain and hippocampus were studied. The slices were stained according to the method kresila purple Nissle and method Belkovskogo and Golgi. The thickness of the sections 20 μm, were studied every 40-th slice of the whole was studied 12000 slices. Modern morphometric methods were used to determine the thickness of the cortex and the thickness of individual cytoarchitectonic layers, to measure the area of the profile field of neurons, to study the density of neurons and glia. The significance of differences was determined using student's t-test. As a result of the studies, the localization of tangel and amyloid plaques cytoarchitectonically predominantly in layers II and III of the cerebral cortex of patients with Alzheimer's disease. It was found a significant decrease in the width of the diameter of the cortex and individual cytoarchitectonic layers in the studied cortical formations of the brain. The study revealed a sharp decrease in the density of neurons in the cortex, as well as a decrease in the profile field of pyramidal neurons in the cortical formations of the brain in Alzheimer's disease.

Keywords: human brain, cortical formations, Alzheimer's disease

Болезнь Альцгеймера (БА) является в настоящее время одной из наиболее распространенных форм деменции. Это неизлечимое на сегодняшний день дегенеративное заболевание поражает людей старше 60–65 лет.

Впервые эта форма деменции – нейродегенеративное заболевание было описано в 1907 г. немецким психиатром Алонсом Альцгеймером. По современным статистическим данным, в настоящее время число больных БА достигает в среднем 26,6 млн чел., однако ученые предполагают, что число больных может увеличиться к 2050 г. до 106,6 млн людей (т.е. практически в 4 раза). БА характеризуется расстройством памяти, нарушениями афазии, нарушением способности больного ориентироваться в окружающей его обстановке [1]. Отмечаются большие нарушения многих когнитивных функций пациента. Болезнь обычно длится около 7 лет. В современной литературе накоплено большое число работ, показывающих изменение строения мозга при болезни Альцгеймера [2–4]. Большое внимание в литературе концентрируется на роль глии при БА [5–7]. В литературе обсуждается вопрос о генетической предрасположенности людей к БА [8–10].

Большим аспектом является изучение экспериментальных моделей БА, этому вопросу посвящены работы большого количества научных коллективов [11].

Цель исследования: изучение особенностей структурной организации корковых полей мозга у пациентов с БА.

Материалы и методы исследования

Проводилось исследование цитоархитектонического строения корковых формаций мозга 12 пациентов с БА в сопоставлении с цитоархитектоническим строением корковых формаций мозга 12 людей, не страдавших психическими заболеваниями. Всего было исследовано 48 полушарий мозга (табл. 1, 2).

Была изучена цитоархитектоника коркового поля 4 двигательной области, полей 44 и 45 зоны Брока лобной области, поля 39 нижней теменной области мозга и гиппокампа. Срезы были окрашены крезилом фиолетовым по методу Ниссля, а также по методу Бильшовского и Гольджи. Толщина срезов 20 мкм, изучался каждый 40-й срез, всего было изучено 12000 срезов. Взятие материала осуществлялось в течении 24 ч после смерти, мозг фиксировался в растворе 10% нейтрального формалина. Мозги пациентов с болезнью Альцгеймера были представлены из патологоанатомического отделения Научного центра психического здоровья.

В работе применялись современные морфометрические методы для определения толщины коры и толщины отдельных цитоархитектонических слоёв, измерения площади профильного поля нейронов, исследования плотности нейронов и глии. Значимость отличий определялась с использованием t-критерия Стьюдента.

Таблица 1

Возраст и причина смерти людей контрольной группы

№	Возраст	Пол	Вес мозга	Причина смерти
1.	55	м	1440	Сепсис
2.	55	м	1340	Инсульт
3.	57	ж	1380	Инсульт
4.	59	м	1435	Острая сердечная недостаточность
5.	60	м	1580	Травма
6.	62	м	1567	Острая сердечная недостаточность
7.	68	м	1420	Острая сердечная недостаточность
8.	78	м	1250	Сердечно-легочная недостаточность
9.	77	м	1220	Острая сердечная недостаточность
10.	78	м	1372	Рак желудка
11.	80	м	1522	Острая сердечная недостаточность
12.	84	м	1410	Перитонит

Таблица 2

Возраст и причина смерти пациентов с болезнью Альцгеймера

№	Возраст	Пол	Вес мозга	Начало болезни (возраст)	Продолжительность болезни	Причина смерти
1	55	ж	1100	51	4	Тромбоэмболия легочной артерии
2	64	м	1050	57	7	Пневмония
3	67	ж	1190	62	5	Сердечная недостаточность
4	71	ж	1000	64	7	Тромбоэмболия легочной артерии
5	71	ж	1070	67	4	Тромбоэмболия легочной артерии
6	74	ж	960	69	5	Отек легкого
7	74	ж	1080	70	4	Сердечная недостаточность
8	75	ж	960	60	15	Острая сердечная недостаточность
9	78	ж	1030	72	6	Гангрена
10	82	ж	1060	79	3	Острая сердечная недостаточность
11	82	ж	1100	77	5	Тромбоэмболия легочной артерии
12	83	ж	890	82	1	Пневмония

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ веса мозга пациентов с БА и мозга людей, не страдающих психическими и неврологическими заболеваниями, выявил резкое снижение веса мозга при БА. У людей без психических заболеваний вес мозга в возрасте от 55 лет до 78 лет в среднем равнялся 1411 г. У больных с БА в возрасте от 55 лет до 83 лет вес мозга снижался до 1041 г. Вес самого маленького мозга у больной 83 лет с БА равнялся 890 гр. Такое резкое снижение веса мозга у пациентов с БА может быть, по нашему мнению, с одной стороны, результатом атрофических процессов в корковых и подкорковых образованиях мозга, а с другой стороны, результатом нарушения развития мозга уже в пренатальном и постнатальном онтогенезе. Большое значение, по-видимому, имеет индивидуальная вариабельность строения мозга человека [12].

Выявляется резкое изменение макроскопии мозга больных БА: значительно расширяются борозды мозга и уменьшаются извилины мозга. Мозг по своей форме напоминает «грецкий орех».

В результате проведенных исследований во всех мозгах пациентов с болезнью Альцгеймера были выявлены тангеллы. Тангеллы различались по форме и размерам. Тангеллы располагались в основном в цитоархитектоническом слое II–III изученных корковых полей пациентов с БА (рис. 1).

Наряду с появлением тангелл, в мозге больных с БА выявляется большое число амилоидных бляшек. Наибольшее число амилоидных бляшек локализуется в гиппокампе, височной области и лобной области мозга больных (рис. 2).

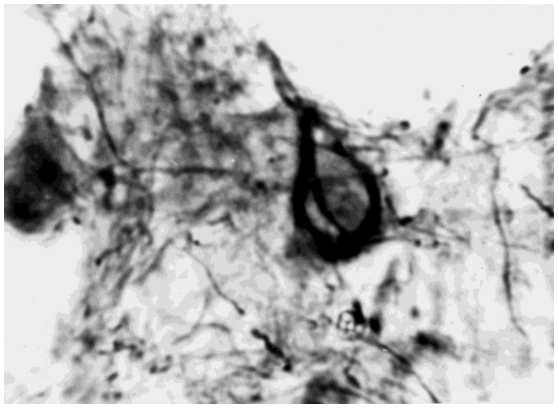


Рис. 1. Локализация тангелл в слое III коры поля 45 мозга пациента с болезнью Альцгеймера. Окраска по Бильшовскому, об. х100, ок. х10

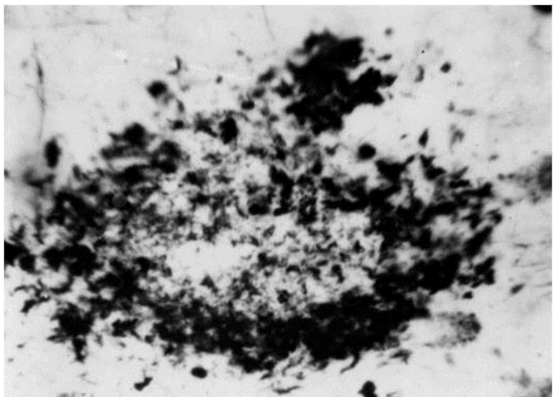


Рис. 2. Амилоидная бляшка в слое III коры поля 45 мозга пациента с болезнью Альцгеймера. Окраска по Бильшовскому, об. х100, ок. х10

В результате проведенного исследования было также установлено резкое изменение сосудов мозгов и локализация амилоидных бляшек и астроцитов около сосудов (рис. 3).

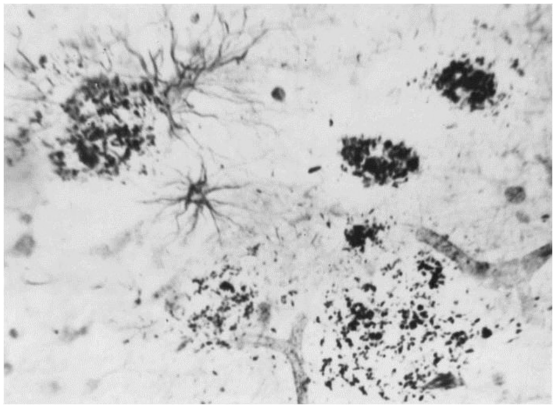
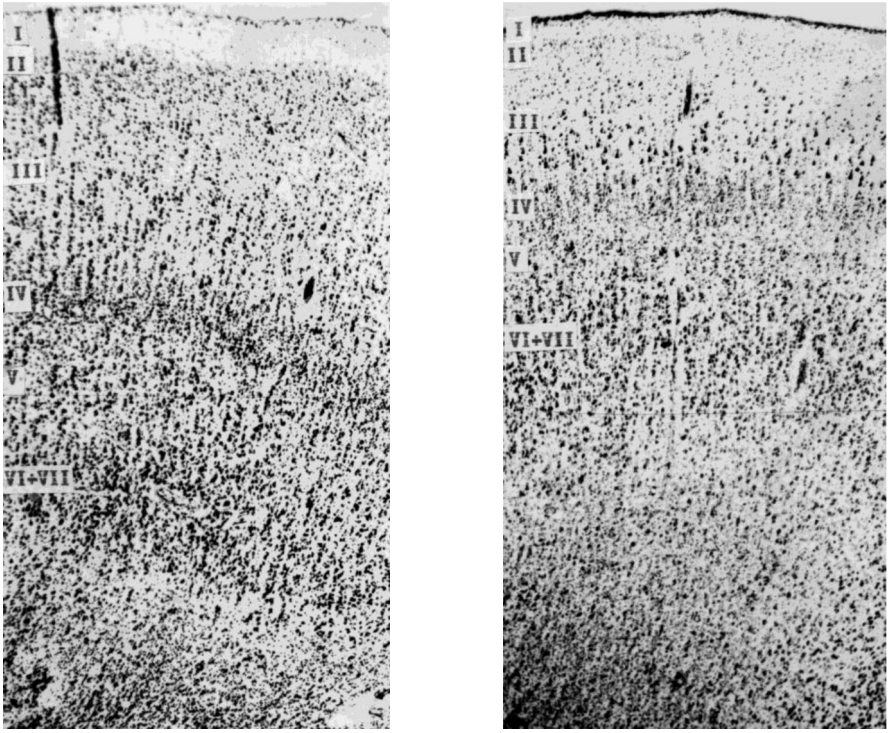


Рис. 3. Локализация амилоидных бляшек и астроцитов около сосудов в слое III коры поля 44 мозга пациента с болезнью Альцгеймера. Окраска по Бильшовскому, об. х100, ок. х10

При изучении корковых полей мозга пациентов с БА была выявлено уменьшение ширины коры мозга. Так, например, в норме ширина коры поля 44 речедвигательной зоны Брока достигается 2,5 мм, а при БА – только 1,94–1,97 мм. Ширина коры поля 39 у здоровых людей в среднем равняется 3,04 ± 0,6, а при БА 2,26 ± 0,7 мм (рис. 4).

Резко уменьшается ширина отдельных цитоархитектонических слоев корковых формаций мозга при БА, так, в поле 39 теменной области коры наиболее ярко наблюдается уменьшение ширины коры цитоархитектонических слоев II, III^1, III^2.



Норма *Болезнь Альцгеймера*

Рис. 4. Цитоархитектоника коры поля 39 в норме и при болезни Альцгеймера. Окраска крезилом фиолетовым по методу Ниссля, об. х2,5, ок. х40

Так, у здоровых людей ширина цитоархитектонического слоя I поля 39 равняется 0,24 мм, а при БА – 0,16 мм, то есть уменьшается в 1,5 раза. Ширина слоя II поля 39 у здоровых людей равняется 0,14 мм, а при БА – 0,8 мм, то есть уменьшается почти в 2 раза.

Ширина цитоархитектонического слоя VI поля 39 у здоровых людей равняется 1,01 мм, при БА 0,66 мм, то есть уменьшается почти в 1,5 раза. Цитоархитектонические слои нижнего этажа поля 39 при БА уменьшаются по ширине меньше, чем цитоархитектонические слои верхнего этажа коры. Так, ширина цитоархитектонического слоя IV поля 39 мозга здоровых людей равняется 0,30 мм, а при БА – 0,28 мм. В поле 39 ширина слоя V мозга здоровых людей достигает 0,45 мм, а при БА – 0,34 мм, ширина слоев VI–VII коры мозга равняется 0,89 мм, а при БА-0,75 мм.

Плотность нейронов в корковых полях мозга при болезни БА значительно уменьшается, так, в слоях II, III^1, III^2 показатель плотности нейронов при БА уменьшается почти в 2 раза.

Так, в цитоархитектоническом слое III коры поля 39 париетальной области мозга плотность нейронов коры при БА уменьшается до 59% до 60%, причем особенно страдают верхние подслои цитоархитектонического слоя III поля 39 коры мозга при БА, так, плотность нейронов в подслое III^1 падает на 79–80%, и в подслое III^2 цитоархитектонического слоя III на 60%, а в подслое III^3 слоя III поля 39 – только на 26–30%. В цитоархитектоническом слое IV поля 39 при БА изменения плотности нейронов минимальные, а в цитоархитектоническом слое V поля 39 париетальной области коры мозга при БА уменьшается на 34–35%, и в слоях VI–VII – на 32–33% по сравнению с теми же слоями поля 39 здоровых людей.

Профильное поле пирамидных нейронов в корковых формациях мозга при БА значительно уменьшается по сравнению с теми же нейронами корковых формаций здоровых индивидуумов. Так, профильное поле пирамидных нейронов в слое III поля 39 париетальной области мозга здоровых людей равняется в среднем 226 ± 10,1 мкм², в то время как размеры тех же самых нейронов поля 39 при БА уменьшается до 186 ± 7,0 мкм².

При БА резко изменяется нейронный состав цитоархитектонических слоев кор-

ковых полей мозга: так, в норме число крупных нейронов в слое III³ поля 39 составляет 20 %, то в том же слое поля 39 при БА число крупных нейронов уменьшается вдвое и достигает только 10 %, число мелких нейронов в норме в слое III³ составляет 24 %, а при БА – 45 %.

Результаты исследования показали значительное уменьшение веса мозга людей при БА. Такую же тенденцию уменьшения веса мозга при БА наблюдали с помощью МРТ [13]. МРТ-исследования, проводимые авторами, позволили использовать этот метод для большого количества пациентов с БА, которые различались по началу и протяженности болезни. Авторами были также показаны определенные различия веса мозга у разных индивидуумов при БА. Потеря веса мозга у людей с БА может быть одной из причин развития нарушений когнитивных функций. Ряд авторов показали на основе МРТ-исслледований резкие изменения не только всего мозга, но и отдельных структур мозга, таких как, например, гиппокампа и желудочков.

Как показали наши исследования, толщина коры отдельных цитоархитектонических полей мозга пациентов с БА, так же значительно уменьшается, причем наиболее значительное уменьшение толщины коры мозга наблюдается во фронтальной и темпоральной областях коры мозга. Нами было так же установлено резкое уменьшение плотности нейронов в корковых формациях пациентов с БА, особенно в слоях II и III.

Проведенные исследования показали, что при БА отмечается значительное уменьшение размеров профильного поля пирамидных нейронов крупных и средних размеров. Рядом авторов было отмечено, что при БА уменьшается число дендритов, нарушается стратификация цитоархитектонических слоёв, уменьшается число синапсов.

При БА в мозге накапливается большое количество токсичного белка – бета-амилоида, причем наиболее сильно страдает гиппокамп, который отвечает за память и ориентацию в пространстве [14], а большие изменения нейронного состава в слое III коры ассоциативных полей мозга людей с БА приводят к нарушению аналитико-синтетической функции корковых полей мозга.

Заключение

В результате проведенного исследования мы выявили, что при БА ассоциативные корковые поля характеризуются большим числом тангелов, расположенных в слоях II и III коры мозга. В слоях VI–VII число тангелов значительно меньше по сравнению с вышерасположенными цитоархитектоническими слоями. Также установлена большая индивидуальная вариабельность поражения корковых формаций мозга людей с БА, что может быть связано с особенностями начала болезни, тяжестью начла заболевания и её продолжительностью.

Список литературы

1. Dubois B., Feldman H.H., Jacova C., et al. Advancing research diagnostic criteria for Alzheimer's disease: the IWG-2 criteria. Lancet Neurol. 2014. vol. 13. no. 6. P. 614–629.

2. Karran E., De Strooper B. The amyloid cascade hypothesis: are we poised for success or failure? J. Neurochem. 2016. vol. 139. Suppl. 2. P. 237–252.

3. Боголепова И.Н., Боголепов Н.Н. Современные аспекты цитоархитектонических и ультраструктурных исследований мозга // Неврология XXI века: диагностические, лечебные и исследовательские технологии: Руководство для врачей / Под ред. М.А. Пирадова, С.Н. Иллариошкина, М.М. Танашян. М., 2015. С. 167–197.

4. Колесников Л.Л., Боголепова И.Н., Этинген Л.Е. За пределами учебника анатомии. М.: Литтерра, 2017. 120 с.

5. Mosher K.I., Wyss-Coray T. Microglial dysfunction in brain aging and Alzheimer's disease. Biochem Pharmacol. 2014. vol. 88. no. 4. P. 594–604.

6. De Strooper B, Karran E. The Cellular Phase of Alzheimer's Disease. Cell. 2016. vol. 164. no. 4. P. 603–615.

7. Orre M., Kamphuis W., Dooves S., Kooijman L., Chan E.T., Kirk C.J., Dimayuga Smith V., Koot S., Mamber C., Jansen A.H., Ovaa H., Hol E.M. Reactive glia show increased immunoproteasome activity in Alzheimer's disease. Brain. 2013. vol. 136. Pt. 5. P. 1415–1431.

8. Иллариошкин С.Н., Власенко А.Г., Федотова Е.Ю. Современные возможности идентификации латентной стадии нейродегенеративного процесса // Анналы клинической и экспериментальной неврологии 2013. Т. 7. № 2. С. 39–50.

9. Пономарева Н.В., Фокин В.Ф., Рогаев Е.И., Иллариошкин С.Н. Влияние генетических факторов на нейрофизиологические механизмы нейродегенеративных заболеваний // Анналы клинической и экспериментальной неврологии 2018. Т. 12. № 5. С. 46–54.

10. Guerreiro R., Brás J., Hardy J. SnapShot: genetics of Alzheimer's disease. Cell. 2013. vol. 155. no. 4. P. 968–968.e1.

11. Ставровская А.В., Ямщикова Н.Г., Ольшанский А.С., Бабкин Г.А., Иллариошкин С.Н. Оценка эффектов новых пептидных соединений у экспериментальных животных с токсическими моделями болезни Альцгеймера // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2016. Т. 10. № 2. С. 33–41.

12. Боголепова И.Н. Морфологические особенности индивидуального строения мозга человека // Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 1982. Т. 82. № 7. С. 972.

13. Mietchen D., Gaser C. Computational morphometry for detecting changes in brain structure due to development, aging, learning, disease and evolution. Front Neuroinform. 2009. vol. 3. no. 25.

14. Biasutti M., Dufour N., Ferroud C., Dab W., Temime L. Cost-effectiveness of magnetic resonance imaging with a new contrast agent for the early diagnosis of Alzheimer's disease. PLoS One. 2012. vol. 7. no. 4. e35559.

УДК 504.453:504.4.054:504.064.2

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК В ЗОНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ГОРОДЕЦКОГО МУСОРОСОРТИРОВОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Вершинина И.В., Козлов А.В.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: vershinina.iv@gmail.com

Статья посвящена изучению экологического состояния малых рек в черте Борского и Городецкого районов Нижегородской области, подпадающих под возможное влияние стоков Городецкого мусоросортировочного комплекса. Исследования включали лабораторный анализ проб воды, отобранных с реки Санда и реки Голубиха, расположенных на расстоянии от 2,3 до 1,7 км от техногенного источника загрязнения. Пробы отбирали в ноябре 2018 г. с четырех участков и анализировали на базе Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды Мининского университета по основным органолептическим показателям качества, базовым параметрам катионно-анионного состава и биохимической активности. Было установлено, что воды обеих рек характеризуются низким уровнем качества по органолептическим свойствам – высокая степень цветности и мутности, и низкий уровень прозрачности. Низкое качество воды рек Санда и Голубиха, вероятно, было обусловлено высоким содержанием в водах органических загрязнителей, что косвенно подтверждается значительными величинами показателя ХПК, определенного по перманганатной окисляемости воды (от 37,7 до 55,0 мг О/л). При этом воды содержат достаточно высокое содержание растворенного кислорода (от 12,9 до 28, мг O_2/л), что характеризует водоемы высокой способностью к самоочищению. По остальным критериям экологического состояния воды рек характеризовались относительно удовлетворительным уровнем, при котором определенные показатели не выходили за установленные санитарно-экологические нормативы. На основании проведенных исследований, а также в связи со стратегической значимостью исследованных объектов как водоемов – переносчиков потенциальных загрязняющих веществ от мусоросортировочного комплекса подчеркивается значимость проведения периодических наблюдений за данными водоемами с расширением перечня контролируемых свойств.

Ключевые слова: мусоросортировочный комплекс, карты складирования отходов, малые реки, экологическое состояние водоемов

ECOLOGICAL CONDITION OF SMALL RIVERS IN ZONE OF POTENTIAL INFLUENCE OF THE GORODETSKY WASTE SORTING COMPLEX

Vershinina I.V., Kozlov A.V.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: vershinina.iv@gmail.com

Article is devoted to studying of an ecological condition of the small rivers within Borsky and Gorodetsky of the areas of the Nizhny Novgorod Region falling under potential impact of drains of Gorodetsky of a waste sorting complex. Researches included the laboratory analysis of the tests of water which are selected from the Sanda River and the Golubikha river located at distance from 2,3 to 1,7 km from a technogenic source of pollution. Tests selected in November, 2018 from four sites and analyzed on the basis of Ecology-analytical laboratory of monitoring and environment protection of the Mininsky university on the key organoleptic indicators of quality, basic parameters cationic and anionic structure and biochemical activity. It was established that waters of both rivers are characterized by low level of quality on organoleptic properties – high degree of chromaticity and turbidity, and the low level of transparency. The poor quality of water of the Sanda and Golubikha rivers was probable is caused by high content in waters of organic pollutants that indirectly is confirmed by considerable sizes of an indicator of the HPC determined by permanganate oxidability of water (from 37,7 to 55,0 mg O/l). At the same time waters contain rather high content of dissolved oxygen (from 12,9 to 28,0 O_2/l) that characterizes reservoirs by high ability to self-cleaning. By other criteria of an ecological condition of water of the rivers were characterized by rather satisfactory level at which certain indicators did not go beyond the established sanitary and ecological standards. On the basis of the conducted researches and also in connection with the strategic importance of the studied objects as reservoirs – carriers of potential pollutants from a waste sorting complex the importance of carrying out periodic observations of these reservoirs with extension of the list of controlled properties is emphasized.

Keywords: waste sorting complex, cards of warehousing of waste, small rivers, ecological condition of reservoirs

Хозяйственная деятельность человека априори влияет на природные экосистемы. Как правило, такое воздействие носит негативный характер, поскольку вмешательство человека в природные процессы чаще всего не согласуется с основными законами, правилами и принципами функционирования биосферы [1, 2].

Нарушение трансформации вещества и энергии отражается посредством изменения и перестройки наземных и водных экосистем. При этом вода и водные объекты являются наиболее значимыми характеристиками, которые определяют возможность жизнедеятельности живых организмов, а также участвуют в переносе различных

химических соединений, непосредственно участвуют в большом геологическом круговороте, оказывают влияние на климатические процессы и в некоторой мере обеспечивают устойчивость биоразнообразия.

В настоящее время необходимо уделять значительное внимание исследованиям региональных речных и озерных систем, имеющих как экологическое, так и водохозяйственное значение. Изучение экологического состояния пресноводных объектов является важной задачей при решении вопроса сохранения их природного, естественного состояния и возможного рационального использования [3, 4].

Реки выполняют важную функциональную роль для любого региона нашей страны. Несомненно, они имеют и местное (локальное) значение, но, с другой стороны, каждая река представляет собой часть общего водного бассейна макрорельефа [5, 6]. Рациональное использование водных ресурсов является одним из компонентов устойчивого развития [7].

Тем не менее в настоящее время проблема загрязнения рек и других естественных водоемов остается достаточно актуальной. Ряд заболеваний людей, проживающих в экологически неблагополучных регионах, вызван некачественным, антисанитарным состоянием воды [8, 9]. Основными источниками загрязнения водных объектов являются промышленные предприятия, осуществляющие сброс неочищенных стоков в природные воды [10, 11]. Сточные воды значительно снижают биосферные функции воды.

Также большую опасность для природных проточных гидрологических объектов представляют твердые коммунальные отходы, которые довольно часто можно наблюдать в подземных водах и дневных природных водных объектах [12, 13].

Полигоны твердых бытовых отходов, как резерват ТКО, концентрируют на ограниченной территории значительное количество вредных веществ, которые создаются в результате протекания многообразных химических, ферментативных и биохимических реакций. В результате этих процессов образуются биогазы, фильтраты, твердая масса, а также выделяется значительное количество тепла. Фильтрат, в свою очередь, является основным поставщиком токсичных веществ в поверхностные и подземные воды.

Фильтрат образуется в результате протекания процессов деполимеризации, сбраживания, гумификации органического вещества, сульфатредукции и других микробиологических и чисто химических процессов. В результате образуются токсичные сточные воды с высоким содержанием макро- и микрокомпонентов. Особенно опасны соединения тяжелых металлов (цинка, свинца, никеля, хрома, кадмия, меди и других). Основными органическими соединениями в фильтрате являются ароматические углеводороды, ациклические карбонильные соединения, карбоновые кислоты, жиры, высокомолекулярные соединения и многие другие. Наиболее опасны загрязнения органического происхождения, оцениваемые химической потребностью в кислороде (ХПК).

Вредные вещества, содержащиеся в выделяющемся с полигона биогазе, загрязняют атмосферный воздух, а образующаяся твердая масса формирует техногенные свалочные грунты. Следует отметить, что наибольшее негативное влияние полигоны, предназначенные для размещения ТБО, оказывают на поверхностные и подземные воды [14].

В России большинство полигонов не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к условиям складирования отходов, и представляют свалки, на которых отсутствует инженерная инфраструктура, обеспечивающая защиту объектов биосферы от загрязнений. На протяжении всего жизненного цикла полигон захоронения ТБО является источником экологической опасности для окружающей среды [15].

Воздействие полигона на объекты гидросферы обусловлено образующимися при деструкции ТБО фильтрационными водами, которые формируются в результате инфильтрации атмосферных осадков, отжимных вод, биохимических и химических процессов разложения отходов.

Воды речной системы Нижегородской области, и в частности, на территории Городецкого и Борского районов, а также подземная водоносная сеть грунтовых вод не являются в этом плане исключением. В данных условиях микрорельефа построен мусоросортировочный комплекс, который может оказывать весомое влияние на объекты исследования.

Цель исследования: оценка экологического состояния малых рек на территории Городецкого и Борского районов, находящихся в зоне потенциального воздействия мусоросортировочного комплекса (далее МСК) с межмуниципальным полигоном, расположенным на территории г. Городца Нижегородской области. Для достижения поставленной цели предполагалось решение следующих задач: 1) оценить органолептические показатели водных объектов в зоне возможного влияния Городецко-

го МСК; 2) оценить физико-химические и биохимические параметры водных объектов в зоне возможного влияния Городецкого МСК.

Материалы и методы исследования

С целью оценки экологического состояния водных экосистем в зоне возможного влияния Городецкого МСК было выбрано 4 участка, из них – 3 участка расположены на р. Санда и 1 участок – на р. Голубиха.

Река Санда является притоком р. Линды и протекает на территории г.о. г. Бор и Городецкого района. Длина реки составляет 49 км, а площадь водосборного бассейна – 262 км^2. Река Голубиха имеет протяженность 10 км и представляет собой приток р. Узолы, она расположена в 24 км по левому берегу р. Узолы. В водосборном бассейне р. Голубиха расположены карты складирования полигона захоронения ТКО. Таким образом, обе реки (Санда и Голубиха) приносят свои воды в р. Волгу через ее левые притоки – Линду и Узолу соответственно.

Участок № 1 находится на р. Санда вверх по течению реки, удаленность от полигона составляет 2,3 км, и 1 км от д. Чернолесская Пустынь. Участок № 2 находится в границе д. Чернолесская пустынь, при этом удаленность от полигона составляет 2,6 км. Участок № 3 также располагается на р. Санда вниз по течению реки (близ д. Борисово); удаленность от МСК составляет 3,4 км. Участок № 4 был выбран на р. Голубиха в районе д. Кипрево. Данный участок характеризуется самой малой удаленностью от территории полигона – 1,7 км.

МСК с межмуниципальным полигоном ТКО введен в эксплуатацию в 2013 г. Согласно проекту строительства и эксплуатации данного объекта, полигон включает в себя 4 мусороперегрузочных станции, 1 мусоросортировочный комплекс и карту складирования полигона захоронения ТБО. Мощность комплекса составляет не менее 100 тыс. т отходов в год, площадь территории под комплексом – 30 га. МСК обслуживает 7 районов Нижегородской области (рисунок).

Через год после начала эксплуатации МСК, в 2014 г. в условиях заполнения карты № 1 и осуществлении технического этапа ее рекультивации, было установлено отсутствие системы организованного сбора и отвода биогаза, что является нарушением концессионного соглашения о строительстве МСК на территории Городецкого района.

В марте 2017 г. инспекторами Волжско-Окского управления Ростехнадзора были установлены нарушения в сфере строительства данного объекта в части несоответствия выполняемых работ требованиям технических регламентов и проектной документации. Выявлено, что швы изоляционной геомембраны были выполнены при отрицательной температуре (ниже –15 °С) в условиях осадков, что не может в полной мере обеспечить необходимую изоляцию почвы, поверхностных и подземных вод от миграции в них продуктов разложения отходов, которые подлежат захоронению на полигоне. В связи с этим имеется экологический риск загрязнения близлежащих водных объектов, что, в свою очередь, определяет необходимость проведения их экологического мониторинга.

Пробы отбирали в период ноября 2018 г. и анализировали на базе Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды Мининского университета. В пробах определяли содержание соединений азота (нитратов и катиона аммония) – по ГОСТ 4192-82 спектрофотометрическим методом; содержание хлоридов – аргентометрическим титрованием по ГОСТ 4245-72; содержание сульфатов – по ГОСТ 31940-2012 йодометрическим титрованием; содержание фосфатов – по ГОСТ 18309-2014 спектрофотометрическим методом [16].

Содержание растворенного кислорода определяли скляночным методом по Винклеру, ХПК – титриметрией по перманганатной окисляемости (ПНД Ф 14.1:2:4.154-99). Органолептические свойства воды определяли по ГОСТ Р 57164-2016, водородный показатель – потенциометрическим методом, общую минерализацию – кондуктометрией, общую жесткость – трилонометрией [16].

Картосхема расположения мусоросортировочного комплекса, его зоны обслуживания по Нижегородской области и базовые характеристики предприятия

Результаты исследования и их обсуждение

Данные табл. 1 отражают состояние водных объектов по общим и органолептическим свойствам исследованных малых рек. Установлено, что запах всех проб воды имел развитие при термической обработке, что явно свидетельствует о наличии коллоидных и в том числе органических веществ, сорбирующих ароматические примеси. При этом вода из р. Санда (участки № 1, 2) имела развитие запаха до 4 баллов при термической обработке, что является неблагополучным явлением, поскольку такая вода явно непригодна для хозяйственно-питьевых целей.

Также в данных пробах показатели цветности, мутности и прозрачности выходили за пределы установленных нормативов (20° по цветности, 1,5 мг/л по каолиновой мутности и 60 см столба Снеллена по прозрачности). Здесь вариабельность показателей составляла 12% по показателю прозрачности воды, 29% – по ее цветности и 39% – по мутности. Однако свойства вод со всех отобранных участков соответствовали водородному показателю (6,5–8,5), а также общей минерализации (1000 мг/л) и общей жесткости (7,0 мг-экв./л). Так, кислотность отобранных проб варьировала в слабокислом диапазоне и не более чем на 1%. По показателю наличия сухого остатка (общей минерализации) исследуемые воды относятся к ультрапресным водам (менее 200 мл/г), а его вариабельность – средняя, составляющая 13%. Общая жесткость была вполне согласована с минерализацией исследованных проб: вода оказалась мягкой (менее 3,5 мг-экв./л), а варьирование жесткости не превышало 20%.

По-видимому, в изученных водах достаточно велико содержание органических примесей, которые могут обуславливать повышенный уровень органолептических показателей. Подтверждением тому явилась явно завышенная перманганатная окисляемость воды (более 30 мг О/л), которая оказалась выше установленного норматива (5 мг О/л) в 7–11 раз в зависимости от места отбора пробы с варьированием в 16% (табл. 2).

Вместе с тем воды изученных рек характеризовались вполне приемлемым содержанием растворенного кислорода (более 4,0–6,0 мг/л по нормативу), что соответствует I классу чистоты водоема (категория очень чистых вод). В свою очередь, это свидетельствует о наличии высоких концентраций кислородсодержащих агентов, способных к окислению имеющихся органических компонентов в реках, что позволяет говорить о наличии способности природного водоема к самоочищению [17].

Следует отдельно отметить, что по насыщению растворенным кислородом воды р. Санда и Голубиха также соответствуют наивысшему классу чистоты для зимнего периода. Однако данный факт, скорее всего, обусловлен не отсутствием в водоеме органических примесей, но быстрым, бурным течением рек и, как следствие, активным насыщением кислородом воды из приводного слоя атмосферы. Данное явление вполне возможно в предзимний период при постоянных пониженных температурах воздуха [15].

Таблица 1

Вариабельность органолептических свойств и общих показателей качества воды малых рек исследуемой территории

Показатель	Значения по участкам отбора проб				M ± m	V,%
	1	2	3	4		
Органолептические и общие показатели качества						
Запах (при +20°С), балл	1 Земл.	3 Фенол.	1 Неопр.	0 –	–	–
Запах (при +60°С), балл	4 Земл.	4 Земл.	3 Щелоч.	2 Нефт.	–	–
Цветность (Cr-Co шкала), °	25	25	15	15	20 ± 3	29
Мутность (каолин), мг/л	2,9	2,1	1,0	2,0	2,0 ± 0,4	39
Прозрачность (Снеллен), см	37	42	49	41	42 ± 3	12
pH, ед. pH	6,6	6,7	6,6	6,8	6,7 ± 0,1	1
Минерализация общая, мг/л	110	140	144	152	137 ± 9	13
Жесткость общая, мг-экв./л	1,40	1,35	2,00	1,80	1,64 ± 0,16	19

Примечание: M ± m – среднее арифметическое ± ошибка среднего значения, V,% – коэффициент вариации; Земл. – землистый запах воды, Фенол. – фенольный (акварельный) запах воды, Неопр. – неопределяемый запах воды, Щелоч. – щелочной запах воды, Нефт. – нефтяной запах воды; ПДК (по основному тексту) – согласно ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07 и ГН 2.1.5.2307-07.

Таблица 2

Вариабельность катионно-анионного состава и биохимических показателей качества воды малых рек исследуемой территории

Показатель	Значения по участкам отбора проб				M ± m	V,%
	1	2	3	4		
Катионно-анионный состав						
Аммоний (по азоту)	0,36	0,54	0,72	0,36	0,50 ± 0,09	35
Нитраты (по NO_3^-)	8,0	2,4	5,0	1,8	4,3 ± 1,4	66
Полифосфаты (по PO_4^{3-})	1,15	0,63	0,65	0,68	0,78 ± 0,12	32
Хлориды (по Cl^-)	4,2	5,1	6,8	7,8	5,9 ± 0,8	27
Сульфаты (по SO_4^{2-})	80,2	77,8	42,0	76,4	69,1 ± 9,1	26
Биохимические свойства						
Растворенный O_2, мг/л	14,7	12,9	28,0	13,6	17,3 ± 3,6	41
$ХПК_{ПЕРМАНГ.}$, мг О/л	42,7	37,7	48,0	55,0	45,9 ± 3,7	16

Из всего катионно-анионного состава, определенного в пробах воды рек, наибольшей вариабельностью обладало содержание нитратного азота (более 60 %), которое не выходило за установленный норматив (45 мг/л).

Содержание аммонийной формы азота и полифосфатов в водах также было нормативно допустимым (от 0,24 до 0,48 от ПДК по аммонию и от 0,18 до 0,33 от ПДК по полифосфатам), которое варьировало соответственно на 35 % и на 32 %.

Содержание хлорид-аниона оказалось много меньше порогового значения (350 мг/л), что не превышало и 0,02 единиц от ПДК и 30 % по коэффициенту вариации. Чего нельзя сказать о концентрации сульфатов, которая в целом по рекам была достаточно заметной – от 42,0 мг/л (0,08 от ПДК) до 80,2 мг/л (0,16 от ПДК) в водах реки Санда. Наряду с концентрацией хлорид-аниона вариабельность содержания сульфатов в водах была средней и находилась в пределах 26–27 %.

Выводы

Проанализировав воды с трех участков р. Санда и одного участка р. Голубиха, имеющих потенциальное воздействие со стороны Городецкого мусоросортировочного комплекса (Городецкий район Нижегородской области), необходимо отметить неблагополучное их состояние по органолептическим свойствам. Низкое качество воды рек, вероятно, было обусловлено высоким содержанием в водах органических загрязнителей, что косвенно подтверждается значительными величинами показателя ХПК, определенного по перманганатной окисляемости воды (от 37,7 до 55,0 мг О/л).

По остальным критериям экологического состояния воды рек характеризовались относительно удовлетворительным уровнем. На основании проведенных исследований, а также в связи со стратегической значимостью исследованных объектов как водоемов – переносчиков потенциальных загрязняющих веществ от мусоросортировочного комплекса подчеркивается значимость проведения периодических наблюдений за данными водоемами с расширением перечня контролируемых свойств.

Список литературы

1. Онищенко Г.Г. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения // Гигиена и санитария. 2013. Т. 92. № 2. С. 4–10.

2. Слепчук К.А., Хмара Т.В. Использование модели качества вод для описания экологического состояния полузамкнутых водоемов (на примере Севастопольской бухты) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2016. № 4. С. 50–57.

3. Гаращук Д.Ю., Димиденок Ж.А. Мониторинг экологического состояния воды реки Ивановка Амурской области // Проблемы региональной экологии. 2017. № 5. С. 1.

4. Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Мониторинг тяжелых металлов в экосистеме малой реки Окского бассейна // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 2. С. 54–59.

5. Жукова Н.В., Берест Е.В., Начаркина О.В. Оценка экологического состояния поверхностных вод городского округа Саранск // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 7–11.

6. Шавшина А.В. Экологический мониторинг состояния вод Таганрогского залива для оценки комфортности жизни // Наука настоящего и будущего. 2018. Т. 1. С. 467–470.

7. Быкова О.Г. Комплексная оценка состояния водных экосистем Чановского региона // Гео-Сибирь. 2002. Т. 4. № 2. С. 149–152.

8. Белюченко И.С. Функционирование степных рек Краснодарского края и перспективы их развития // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам I Международной научной экологической конференции. Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 28–43.

9. Ткаченко Л.Н., Гладких А.В. Оценка экологического состояния водной экосистемы реки Афипс станицы Смоленской // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам I Международной научной экологической конференции. Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 251–254.

10. Игошкин В.В. Влияние полигона твердых бытовых отходов г. Оренбурга на качество подземных вод // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 16 (135). С. 148–150.

11. Куделина И.В., Леонтьева Т.В., Фатюнина М.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и подземных вод месторождения Весеннее // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 173–175.

12. Озерский А.Ю., Ботвич Г.Ф. Экологический мониторинг состояния подземных вод на участке размещения твердых отходов производства алюминия ОАО «Русал Красноярск» // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2008. № 10 (10). С. 9–16.

13. Шарова О.А., Ушивцева Л.Ф. Экологический гидрогеологический мониторинг полигона твердых бытовых отходов // Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 2 (44). С. 118–125.

14. Губанов Л.Н., Зверева А.Ю., Зверева В.И. Влияние полигонного депонирования твердых отходов на состояния подземных и поверхностных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 62–66.

15. Губанов Л.Н., Зверева В.И., Зверева А.Ю. Анализ воздействия полигонного депонирования твердых бытовых отходов на состояние подземных и поверхностных вод // Приволжский научный журнал. 2012. № 4 (24). С. 144–148.

16. Козлов А.В. Лабораторно-инструментальные методы исследований в экологии объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2016. 89 с.

17. Кургаева А.В., Климентова Е.Г. Экологическая оценка состояния реки Свияга и реки Сызранка в пределах Ульяновской области по органолептическим и химическим показателям, а также методом биоиндикации // Актуальные проблемы современной экологии и экологического образования. Орехово-Зуево: Изд-во ГГТУ, 2015. С. 19.

УДК 591.132:577.1:612.3

АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ГИБРИДНЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ, РАЗРАБОТАННЫХ НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА И ТАГАНСОРБЕНТА, ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИЕМЕ АСПИРИНА

[1]Жаксымов Б.И., [1]Бахтиярова Ш.К., [2]Талгатов Э.Т., [2]Ауезханова А.С., [1]Капышева У.Н.

[1]РГП на ПХВ «Институт физиологии человека и животных» КН МОН РК, Алматы, e-mail: bolat_kaz@inbox.ru;

[2]АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы

Представлены новые данные о влиянии гибридных энтеросорбентов на окислительную активность крови при экспериментальном моделировании воспалительных процессов в кишечнике, развившихся под действием ежедневного приема ацетилсалициловой кислоты. Энтеросорбенты были разработаны на основе экстракции яблочного пектина (ПК) из местного сырья и природного монтмориллонита Таганского месторождения – тагансорбента (ТС) в следующих пропорциях – 5 % ПК/ТС, 10 % ПК/ТС, 20 % ПК/ТС, то есть в зависимости от процентного содержания пектина, содержание тагансорбента во всех растворах было одинаковым. Интенсивность липидной пероксидации в плазме крови оценивали по содержанию продуктов ПОЛ – диеновых конъюгат (ДК) как первичного продукта и малонового диальдегида (МДА) как конечного продукта метаболизма и антиоксидантной защиты по уровню каталазной активности (АК). Применение новых гибридных энтеросорбентов, в зависимости от содержания пектина, снизило концентрацию промежуточного – диеновых конъюгат и конечного продукта пероксидации – малонового диальдегида, в 2,5–3,0 раза, по сравнению с данными группы животных, принимавших аспирин без энтеросорбентов. По сравнению с данными контрольной группы, применение энтеросорбентов позволило снизить уровень ДК и МДА – на 50 и 20 % соответственно, на фоне постепенного усиления активности каталазы. Результаты исследований показали, что совместный прием аспирина и энтеросорбентов с высоким (10 и 20 %) содержанием пектина снижает активность перекисного окисления мембран клеток крови ниже контрольного уровня и усиливает антиоксидантный потенциал клеток.

Ключевые слова: пектин, тагансорбент, гибридные энтеросорбенты, перекисное окисление липидов, аспирин, пищеварительная система

ANTIOXIDATIVE EFFECT OF HYBRID ENTEROSORBENTS DEVELOPED ON THE BASIS OF PECTIN AND TAGANSORBENT, WITH A LONG TERM OF ACPIRIN

[1]Zhaksymov B.I., [1]Bakhtiyarova Sh.K., [2]Talgatov E.T., [2]Auezkhanova A.S., [1]Kapysheva U.N.

[1]RSE on REU «Institute of Human and Animal Physiology» of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty, e-mail: bolat_kaz@inbox.ru;

[2]JSC «Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry D.V. Sokolsky», Almaty

New data on the effect of hybrid chelators on the oxidative activity of blood in experimental modeling of inflammatory processes in the intestine, developed under the influence of daily administration of acetylsalicylic acid, are presented. Enterosorbents were developed on the basis of extraction of apple pectin (PC) from local raw materials and natural montmorillonite of the Tagansky field – tagansorbent (TS) in the following proportions – 5 % PC / TS, 10 % PC / TS, 20 % PC / TS, that is, depending from the percentage of pectin, the content of tagansorbent in all solutions was the same. The plasma lipid peroxidation intensity was estimated by the content of LPO products – diene conjugate (DC) as the primary product and malonic dialdehyde (MDA) as the final product of metabolism and antioxidant protection by the level of catalase activity (CA). The use of new hybrid enterosorbents, depending on the content of pectin, reduced the concentration of the intermediate -diene conjugate and the final product of peroxidation, malonic dialdehyde, by 2.5-3.0 times, compared with the data of the group of animals who took aspirin without enterosorbents. Compared with the control group data, the use of enterosorbents made it possible to reduce the level of DC and MDA by 50 and 20 %, respectively, against the background of a gradual increase in catalase activity. The research results showed that the joint intake of aspirin and enterosorbents with a high (10 and 20 %) content of pectin, reduces the activity of peroxidation of blood cell membrane below the control level and enhances the antioxidant potential of cells.

Keywords: pectin, tagansorbent, hybrid enterosorbents, lipid peroxidation, aspirin, digestive system

Детоксикационный эффект пектинов по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам был подтвержден многими исследованиями [1–3]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала пектин и его соединения абсолютно безопасными с точки зрения токсикологии продуктами [1], в связи с чем применение пектинов в качестве пищевых добавок разрешено во всех странах мира. Обогащение пектином диеты жителей экологически загрязненных регионов снижает негативное влияние окружающей среды, помогает очищать организм от ксенобиотиков [4]. Одной из самых значимых проблем современной гастроэнтерологии являются воспалительные заболевания кишечника, к которым относятся гастриты, энтероколиты, язвенные колиты, гепатиты.

В настоящее время заболеваемость желудочно-кишечными расстройствами у молодого населения постоянно растет, что показывает социально значимый характер таких болезней [5]. Высока вероятность развития хронического заболевания, отягощенного различными сопутствующими расстройствами [6, 7]. Несомненно, что проблема заболеваемости пищеварительной системы при воздействии разного рода факторов влечет нарастание социальных проблем, таких как ранняя инвалидизация, рост числа нетрудоспособного населения [8].

Процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) в клетках организма контролируются антиокислительной системой, которая регулирует скорость и активность процесса пероксидации. В норме активность клеточных процессов находится на низком сбалансированном уровне, но при действии агрессивных факторов внешней или внутренней среды процессы ПОЛ нарастают и создают почву под развитие патологических реакций, ухудшающих здоровье [9]. Усиление ПОЛ ведет к дисбалансу ферментативных и неферментативных компонентов системы антиоксидантной защиты и формированию оксидативного стресса. Как описано в литературе, если ферментативное окисление служит для обновления фосфолипидного бислоя клеточных мембран и участвует в образовании биологически активных веществ, детоксикации организма, метаболических реакциях, то при неферментативном окислении происходит накопление перекисей, что значительно снижает активность антиоксидантной системы и разрушает организм [10]. Исследование окислительной активности крови дает возможность отследить эффект влияния гибридных энтеросорбентов с разной концентрацией пектина на баланс перекисной и антиоксидантной активности плазмы крови, сохранение которого при воспалительных процессах в кишечнике показывает высокий потенциал применяемых профилактических средств, в данном исследовании энтеросорбентов.

Одним из перспективных биомедицинских направлений является использование полисахарид-силикатных композитов в качестве энтеросорбентов [11]. Такие композиты обладают физическими характеристиками твердого тела, тогда как их химические свойства определяются главным образом природой привитого соединения, при этом у них возникают новые физико-химические свойства. В частности, важным преимуществом таких органо-минеральных сорбентов является то, что одновременное применение таких сорбентов сохраняет терапевтический эффект используемого лекарственного препарата, благодаря более медленному высвобождению лекарственного средства из гранул. В связи с этим в последнее время полимерный нанокомпозит, армированный хорошо диспергированным слоистым силикатом, монтмориллонитом, привлекает все большее внимание как в академических, так и в промышленных исследованиях, благодаря многообещающим и специфическим особенностям по сравнению с традиционными композитными материалами [12].

Одной из самых значимых проблем современной гастроэнтерологии являются воспалительные заболевания кишечника, к которым относятся гастриты, энтероколиты, язвенные колиты, гепатиты. В настоящее время заболеваемость желудочно-кишечными расстройствами у молодого населения постоянно растет, что показывает социально значимый характер таких болезней [5]. Высока вероятность развития хронического заболевания, отягощенного различными сопутствующими расстройствами [6, 7]. Несомненно, что проблема заболеваемости пищеварительной системы при воздействии разного рода факторов, влечет нарастание социальных проблем, таких как ранняя инвалидизация, рост числа нетрудоспособного населения [8].

Процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) в клетках организма контролируются антиокислительной системой, которая регулирует скорость и активность процесса пероксидации. В норме активность клеточных процессов находится на низком сбалансированном уровне, но при действии агрессивных факторов внешней или внутренней среды процессы ПОЛ нарастают и создают почву под развитие патологических реакций, ухудшающих здоровье [9]. Усиление ПОЛ ведет к дисбалансу ферментативных и неферментативных компонентов системы антиоксидантной защиты и формированию оксидативного стресса. Как описано в литературе, если ферментативное окисление служит для обновления фосфолипидного бислоя клеточных мембран и участвует в образовании биологически активных веществ, детоксикации организма, метаболических реакциях, то при неферментативном окислении происходит накопление перекисей, что значительно снижает активность антиоксидантной системы и разрушает организм [10]. Исследование окислительной активности крови дает возможность отследить эффект влияния гибридных энтеросорбентов с разной концентрацией пектина на баланс пере-

кисной и антиоксидантной активности плазмы крови, сохранение которого при воспалительных процессах в кишечнике показывает высокий потенциал применяемых профилактических средств, в данном исследовании энтеросорбентов.

Одним из перспективных биомедицинских направлений является использование полисахарид-силикатных композитов в качестве энтеросорбентов [11]. Такие композиты обладают физическими характеристиками твердого тела, тогда как их химические свойства определяются главным образом природой привитого соединения, при этом у них возникают новые физико-химические свойства. В частности, важным преимуществом таких органо-минеральных сорбентов является то, что одновременное применение таких сорбентов сохраняет терапевтический эффект используемого лекарственного препарата, благодаря более медленному высвобождению лекарственного средства из гранул. В связи с этим в последнее время полимерный нанокомпозит, армированный хорошо диспергированным слоистым силикатом, монтмориллонитом, привлекает все большее внимание как в академических, так и в промышленных исследованиях, благодаря многообещающим и специфическим особенностям по сравнению с традиционными композитными материалами [12].

В связи с этим, высокую актуальность приобретают разработки новых гибридных энтеросорбентов с высоким содержанием пектина, полученного из дешевого местного растительного сырья и совмещающих безопасность их применения и доступность их использования в профилактике кишечных заболеваний.

Цель исследования: оценка применения энтеросорбентов, разработанных на основе разных процентных концентраций пектина с природным монтмориллонитом Таганского месторождения при длительном приеме аспирина по состоянию окислительной активности крови.

Материалы и методы исследования

Биологическим материалом для исследований послужили 60 белых лабораторных крыс линии Вистар, весом 220 ± 10 г, разделенных на 5 групп. Все группы животных, кроме контрольной, принимали в условиях *in vivo* 0,5 мл раствора ацетилсалициловой кислоты $C_9H_8O_4$, разведенной из расчета 20,0 мг на крысу и гибридные энтеросорбенты с 5, 10 и 20% содержанием пектина из расчета 28,6 мг/кг или 6,3 мг ежедневно на крысу в течение 16 сут, разведенных в воде. Контрольная группа принимала 0,5 мл воды.

Методика приготовления энтеросорбентов [13]. Исследуемые образцы гибридных энтеросорбентов – 5% ПК/ТС, 10% ПК/ТС, 20% ПК/ТС, то есть в зависимости от процентного содержания пектина, содержание тагансорбента во всех растворах было одинаковым. Процесс выделения пектина из яблок состоял из стадий приготовления жома и экстракции пектина из яблочного жома.

Экстракцию пектина проводили по методике, описанной в работе [14]. Выделяли пектин путем осаждения этиловым спиртом. Выход пектина расчитывали как долю выделенного пектина от исходного сырья. Из 5 г яблочного жома выделялось 0,2 г пектина, что соответствует 4% выходу пектина. По результатам работы было переработано 100 г жома из которого было выделено около 4 г пектина.

Окислительная активность крови. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) определяли по содержанию промежуточных (диеновые коньюгаты – ДК) и конечных (малоновый диальдегид – МДА) продуктов пероксидации. Антиоксидантную активность – по уровню каталазы (АК). В образцах плазмы крови *in vivo* с помощью биуретовой методики определяли концентрацию общего белка для вычисления МДА, затем по общепринятой методике определяли уровень перекисного окисления липидов и каталазную активность в плазме крови, а также токсичность пептидов [15, 16].

Полученные результаты статистически обрабатывали с использованием программы Microsoft Excell и изменения параметров с учетом непарного критерия Фишера – Стьюдента считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные данные по окислительной активности крови экспериментальных животных с воспалительными процессами желудочно-кишечного тракта, вызванными длительным приемом ацетилсалициловой кислоты, представлены в таблице. Интенсивность липидной пероксидации в клетках крови мы оценивали по содержанию продуктов ПОЛ – диеновых конъюгат (ДК) как первичного продукта и малонового диальдегида (МДА) как конечного продукта метаболизма и антиоксидантной защиты по уровню каталазной активности (АК).

В результате проведенных исследований установлено закономерное возрастание конечных продуктов метаболизма ПОЛ в сыворотке крови после 16 сут приема аспирина (таблица).

Как следует из результатов исследования, в крови животных, принимавших на протяжении 16 сут ацетилсалициловую кислоту, уровни промежуточного продукта пероксидации – диеновые конъюгаты и конечного продукта – малонового диальдегида, превысили контрольные данные на 50% и 269%, соответственно. Также отмечено снижение каталазной активности почти в 2 раза по сравнению с контрольными данными (таблица).

Показатели перекисного окисления липидов в крови животных, длительно принимавших аспирин на фоне применения гибридных энтеросорбентов

№ п/п	Группа	Показатель			
		ДК	МДА	АК	ТП
1	Контроль	0,62 ± 0,01	1,09 ± 0,02	3,15 ± 0,03	0,29 ± 0,01
2	$C_9H_8O_4$	0,94 ± 0,02*	2,94 ± 0,02*	1,76 ± 0,03*	0,31 ± 0,01
3	$C_9H_8O_4$+5 %ПК/ТС	0,39 ± 0,01*	0,91 ± 0,02	2,54 ± 0,02*	0,24 ± 0,01
4	$C_9H_8O_4$+10 %ПК/ТС	0,35 ± 0,01*	1,01 ± 0,07	2,96 ± 0,04	0,25 ± 0,01
5	$C_9H_8O_4$+20 %ПК/ТС	0,33 ± 0,01*	1,10 ± 0,01	2,74 ± 0,02*	0,23 ± 0,01*

Примечание: * – $P \leq 0,05$ по сравнению с контрольными данными.

Уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) во многом зависит от функции противоперекисной или антиоксидантной защиты, которую определяют по уровню таких ферментов, как активность каталазы (АК), так как повышение синтеза каталазы показывает возникшую необходимость утилизации излишков перекисей и продуктов их дальнейшего метаболизма [9]. Известно, что концентрации диеновых конъюгат как первичного продукта и малонового диальдегида как вторичного продукта перекисного окисления липидов указывают на интенсивность процесса ПОЛ и служат маркером степени эндогенной интоксикации [10].

Высокий уровень малонового диальдегида показывает тяжелую степень эндогенной интоксикации свободными радикалами.

Выявленное значительное подавление активности антиоксидантной системы – снижение уровня каталазы показывает, что под влиянием приема ацетилсалициловой кислоты значительно возросли окислительные процессы и накопление продуктов метаболизма, что ведет к развитию патологических изменений в организме [17].

Применение новых гибридных энтеросорбентов, в зависимости от концентрации пектина, снизило концентрацию промежуточного (ДК) и конечного продукта пероксидации (МДА) в среднем в 2,5–3 раза, по сравнению с данными группы животных, принимавших только аспирин. По сравнению с данными контрольной группы, после применения энтеросорбентов выявлено снижение уровня ДК и МДА – на 50 и 20 %, соответственно, на фоне постепенного усиления активности каталазы. При действии аспирина на фоне приема энтеросорбентов с 10 и 20 % содержанием пектина наблюдалось снижение накопления МДА практически до контрольных величин ($p \leq 0,05$). Следовательно, применение высоких концентраций пектина в энтеросорбентах позволяет значительно снизить интенсивность накопления перекисных продуктов и тем самым предотвратить закисление крови при длительном приеме ацетилсалициловой кислоты.

Таким образом, применение аспирина увеличивает окислительную активность крови – растет количество промежуточных и конечных продуктов ПОЛ, что ведет к нарушению баланса про- и антиоксидантной системы в клетках крови за счет уменьшения микровязкости мембран и их разрушения. Восстановление баланса окислительной активности крови при длительном применении ацетилсалициловой кислоты происходит благодаря комплексообразующим и адсорбирующим свойствам разработанных новых гибридных энтеросорбентов с 10 и 20 % содержанием пектина. Показано, что при действии энтеросорбентов с 10 и 20 % концентрацией пектина наблюдалось практически полное восстановление баланса про- и антиоксидантной активности клеточных мембран, что дает основание предположить, что использование данных гибридных энтеросорбентов позволяет предотвратить закисление организма и усиливает активность антиоксидантной системы на клеточном уровне. Основой такого эффекта является высокая антиокислительная способность пектина, входящего в состав гибридных энтеросорбентов [18].

Пектины широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, и, как показала практика, применение пектинов в медицине является чрезвычайно перспективным. Так, например, издавна пектины применяли при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта, особенно при расстройствах кишечника, когда рекомендовали яблочную диету. В настоящее время гемостатические свойства пектинов с успехом используют за рубежом при кровотечениях и болезнях желудочно-кишечного тракта, даже таких как цирроз печени [19].

Однако до сих пор механизм лечебного действия пектиновых веществ точно не выяснен. Некоторые авторы приписывают

его дезинтоксикационному действию галактуроновой кислоты, другие – адсорбции и удалению токсинов пектиновой молекулой [12]. Кроме этого, высокую актуальность приобретает проблема профилактики заболеваемости населения, в частности разработка новых отечественных гибридных энтеросорбентов на основе природных соединений, совмещающих безопасность их применения и доступность их использования в медицине.

В связи с этим разработка и применение местных отечественных очищенных пектиновых препаратов, специализированных пектиносодержащих продуктов и средств, полученных в результате обработки местного растительного сырья полифункционального назначения, является актуальной и востребованной задачей в области профилактики заболеваемости населения и повышения качества жизни в любой стране.

Выводы

Совместный прием аспирина и энтеросорбентов с высоким содержанием пектина снижает активность перекисного окисления мембран клеток крови ниже контрольного уровня и усиливает антиоксидантный потенциал клеток

Исследование выполнено в рамках исполнения гранта Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан AP 05131542.

Список литературы

1. 05.06-190.3 Новый образец формуляра лекарственных средств ВОЗ: защищая права потребителя и безопасность пациента // РЖ190. Технология органических лекарственных веществ, ветеринарных препаратов и пестицидов. Изд-во: ООО «НТИ-компакт», 2005. № 6. 264 с.

2. Зацепина Е.Е., Сергиенко А.В., Ивашев М.Н. Фармакологический обзор новых средств, обладающих противовоспалительным и противоязвенным действием / Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. Пятигорск, 2005. С. 341–346.

3. Хотимченко Ю.С., Кропотов А.В. Применение энтеросорбентов в медицине // Тихоокеанский медицинский журнал. 1999. № 2. С. 84–89.

4. Совалкин В.И., Бикбавова Г.Р., Третьякова Т.В., Полторака С.В., Сушкова Е.В., Власенко А.А. Биологическая терапия воспалительных заболеваний кишечника // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2010. № 3. С. 83–87.

5. Рахимова О.Ю., Юрков М.Ю., Митрофанова И.П., Пайзуллаева З.К. Воспалительные заболевания кишечника. Руководство по гастроэнтерологии. М., 2010. С. 379–408.

6. Кляритская И.Л., Балабанцева А.П., Шипулин В.П. Эрадикация инфекции *Helicobacter pylori* как эффективная стратегия лечения и профилактики НПВП-гастропатий // Крымский терапевтический журнал. 2013. № 2 (21). С. 49–55.

7. Каратеев А.Е. Нестероидные противовоспалительные препараты в эпоху биологической терапии // Современная ревматология. 2008. Т. 2. № 3. С. 3–8.

8. Драпкина О.М., Корнеева О.Н. Поражения тонкой кишки при применении нестероидных противовоспалительных препаратов и антитромбоцитарной терапии. Подходы к профилактике и лечению // Терапевтический архив. 2016. Т. 88. № 12. С. 133–139.

9. Сидоренко Н.Д. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита при хроническом гастродуодените у детей (обзор литературы) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 2–1. С. 59–61.

10. Ефремова А.В., Стручкова Ф.Е., Николаев В.М. Перекисное окисление липидов у больных хроническими гастритами в зависимости от степени инфицированности *Helicobacter pylori* // Якутский медицинский журнал. 2010. № 2. С. 39–42.

11. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // Биоорган.химия. 2009. Т. 35. № 3. С. 293–310.

12. Бородин Ю.И., Коненков В.И., Пармон В.Н. и др. Биологические свойства сорбентов и перспективы их применения // Успехи современной биологии. 2014. Т. 134. № 3. С. 236–248.

13. Жармагамбетова А.К., Ауезханова А.С., Талгатов Э.Т., Капышева У.Н. Способ получения композита, обладающего адсорбирующей активностью // Патент № 31447, выданный МЮ РК, 2015.

14. Oliveira T.I., Rosa M.F., Cavalcante F.L., Pereira P.H., Moates G.K., Wellner N., Mazzetto S.E., Waldron K.W., Azeredo H.M. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology // Food Chemistry. 2016. Vol. 198. P. 113–118.

15. Чиркина А.А. Современные проблемы биохимии. Методы исследовании: учеб.пособие / Е.В. Барковский [и др.]. Минск: Выш. шк., 2013. 491 с.

16. Смагулова З.Ш., Макарушко С.Г., Ким Т.Д., Остапчук Е.О., Ташенов К.Т. Показатели адсорбционно-транспортной функции эритроцитов при действии ацетилсалициловой кислоты // Доклады НАН РК. 2010. № 6. С. 75–78.

17. Шукурлаев К.Ш., Бекова Н.Б., Нурматова Г.Г. Противовоспалительная активность и побочные действия производных салициловой кислоты// Вестник научных конференций. 2018. № 5–3 (33). С. 211–215.

18. Шаблин Д.В. Экспериментальное обоснование применения пектиновых пленок с иммуномодулятором Аминофталгидразидом для лечения ран (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук: 14.01.17. Нальчик, 2014. 161 с.

19. Боровнева Е.А., Столярова Т.А., Брашко О.Н., Портянко А.С., Корженевская Н.Г., Горгун Ю.В. Хроническое лекарственное поражение печени, индуцированное приемом амоксициллина клавуланата и ибупрофена (случай из клинической практики) // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. 2018. № 1. С. 43–47.

УДК 581.52:550.72

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБОЦЕНОЗОВ ЗОЛОТОНОСНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕСТОБЕ

Канаев А.Т., Баймырзаев К.М., Канаева З.К., Токпаев К.М.

Научно-исследовательский институт проблем биотехнологии Жетысуского государственного университета имени И. Жансугурова, Талдыкорган, e-mail: kuna.1993@mail.ru

Для выполнения исследования нами была предпринята попытка поиска и выделения хемолитотрофных бактерий на месторождении Бестобе для получения активных ассоциаций литотрофных микроорганизмов. Микробиологическое обследование руды месторождений Бестобе позволило определить численность основных групп хемолитотрофных бактерий: *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *Sulfolobus*, *Leptospirillum* и *Acidiplasma sp*. Представители последних трех родов исследовались на данном месторождениий впервые. Установлено, что из-за повышенной упорности руд численность основных микроорганизмов-окислителей *A. ferrooxidans* и *A. thiooxidans* не превышает 10^3 кл/г руды. Наиболее распространены экстремофилы из числа *Sulfolobus*, *Leptospirillum* и *Acidiplasma sp*., численность которых достигала 10^7–10^9 кл/г руды. Поскольку представители родов *Sulfolobus* и *Leptospirillum* постоянно присутствуют в руде в достаточном количестве, то для интенсификации геохимических процессов разложения руды решено было более подробно изучить представителей видов *A. ferrooxidans* и *Acidiplasma sp*., из которых и была получена ассоциативная культура. Прогнозные предложения о развитии объекта исследования – выполнение дальнейших этапов программы позволит получить производственно ценные ассоциативные культуры хемолитотрофных бактерий, которые могут быть с успехом использованы для выщелачивания руды на месторождениях Казахстана. В связи с этим возникает необходимость в продолжении исследований в указанном направлении.

Ключевые слова: месторождения, микроорганизмы, бактерия, руда, золото, химический состав, ацидофил

THE STUDY OF THE MICROBIOCENOSIS GOLD DEPOSITS BESTOBE

Kanaev A.T., Baymyrzaev K.M., Kanaeva Z.K., Tokpaev K.M.

Research Institute of biotechnology problems of Zhetysu State University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, e-mail: kuna.1993@mail.ru

To carry out the study, we have undertaken the search and isolation of chemolithotrophic bacteria in the Bestobe field to obtain active associations of lithotrophic microorganisms. Microbiological examination of ore deposits Bestobe allowed to determine the number of major groups of chemolithotrophic bacteria: Acidithiobacillus ferrooxidans, A. thiooxidans, Sulfolobus, Leptospirillum and Acidiplasma sp. Representatives of the last three genera were studied at this Deposit for the first time. It is established that due to the increased persistence of ores, the number of the main microorganisms-oxidizing agents A. ferrooxidans and A. thiooxidans, does not exceed 103 CL/g of ore. The most common extremophiles are Sulfolobus, Leptospirillum and Acidiplasma sp. the number of which reached 107-109 CL/g of ore. As the representatives of the genera Sulfolobus and Leptospirillum are constantly present in the ore in sufficient quantity, for the intensification of geochemical processes of decomposition of ore, it was decided to explore in more detail representatives of types of A. ferrooxidans and Acidiplasma sp. from which the associative culture was obtained. Forecast proposals for the development of the object of research – the implementation of further stages of the program will provide production and valuable associative cultures of chemolithotrophic bacteria that can be successfully used for leaching ore in the fields of Kazakhstan. In this regard, there is a need to continue research in this direction.

Keywords: deposits, microorganisms, bacteria, ore, gold, chemical composition, acidophilus

Месторождение Бестобе располагается на севере Казахстана в 80 км восточнее станции Аксу. Данное месторождение начало свою работу в 1930-е гг., на данный период глубина шахты достигает 700 м. Сырье, добываемое на этом месторождении, идет на переработку на Бестобинскую, Жолымбетскую и Аксуискую обогатительные фабрики с помощью гравитационно-флотационной схемы с получением золота и серебросодержащих концентратов.

На месторождении Бестобе находится золотоизвлекательная фабрика, использующая метод кучного выщелачивания. Наименьший показатель составляет 71,3 % извлечения золота, достигнут на Бестобинской фабрике. В настоящее время на всех этих месторождениях строятся дополнительные мощности по переработке до 2 млн т в год (на каждом) руды из хвостохранилищ, а также геологоразведочные работы проводятся для повышения сырьевой базы до 262 т золота. После получения результатов компания намерена в период с 2013 по 2016 г. инвестировать 512 млн долларов в строительство трех новых золотоизвлекательных фабрик на территории Аксуской, Бестобинской и Жолымбетской месторождений, мощность переработки которых составляет 4,7 млн т руды в год. Кроме того, планируется строительство новых установок для кучного выщелачивания мощностью по переработке до 2,2 млн т руды в год. За счет нового оборудования производство золота составит на новых фабриках КВ – 500 тысяч унций или 15,5 т в год [1].

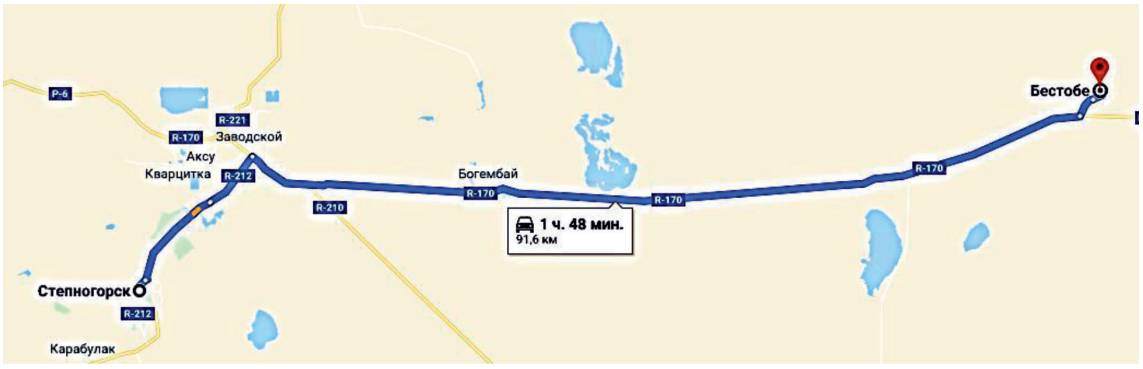


Рис. 1. Географическое расположение золотоносного месторождения Бестобе

Цель исследования: исследование и выделение ацидофильных видов хемолитотрофов для получения активных ассоциаций на золотоносном месторождении Бестобе.

Материалы и методы исследования

Химический состав руды месторождений определяли масс-спектрометрическим методом на атомно-абсорбционном спектрометре AA240 «Varian» с индуктивно-связанной плазмой («Varian Optical Spectroscopy Instruments», Австралия) по ГОСТ 27329-87 [2].

На дифрактометре *D8 Advance (BRUKER)* проводили дифрактограммы средней пробы. Исследование микрофлоры месторождений количественного и качественного состава проводили по установленной методике. Пробы рудных вод при обследованиях отбирали стерильно, в соответствии с имеющимися руководствами [3].

Для учета количественного состава ацидофильных бактерий, содержащихся в 1,0 г руды, использовали метод десятикратных разведений. В гомогенизаторе измельчали навеску субстратного сырья и растирали ее в ступке, готовили исходную взвесь в разведении 1:10. Последующие разведения полученной взвеси готовили из исходного жидкого материала с таким расчетом, чтобы при посеве двух последних разведений в жидкую среду был рост бактерий [4].

Поскольку основной целью работы было получение активных ассоциативных культур для интенсификации процесса выщелачивания благородных металлов из упорных руд указанных месторождений, то список ацидофильных бактерий, играющих важную роль в разрушении минералов, был расширен.

Учет культур *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *A.thiooxidans*в, *Sulfolobus Leptospirillum*, *Acidiplasma sp*. *Acidiplasma sp*. проводили по методике, рекомендованной [5].

Концентрацию ионов двух- и трехвалентного железа определяли методом комплексоного метрического титрования [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Месторождение Бестобе находится в Акмолинской области Казахстана, в подчинении Степногорской городской администрации. Расположено примерно в 83 км к востоку от г. Степногорска.

На рис. 1 приведена схема тектонической позиции золоторудных полей Северного Казахстана [2]. Разработка месторождения была начата в 1930-е гг., на сегодняшний день глубина шахт достигает 700 м. Добытые руды перерабатываются на Аксуской, Бестобинской, Жолымбетской обогатительных фабриках с получением золото-серебросодержащих концентратов и шламов по гравитационно-флотационному методу. На месторождении Бестобе существует одна золотоизвлекательная фабрика. Средний показатель извлечения золота, достигнутый на Бестобинской фабрике, составляет 71,3 %. Переработку руды ведет компания ОАО «Горно-металлургический Концерн – Казахалтын», который является открытым акционерным обществом, зарегистрированным в соответствии с законодательством Республики Казахстан 9 июля 2001 г. в г. Степногорске, где и расположено производство золота. Основной деятельностью компании является добыча золота: производство и эксплуатация золоторудных месторождений Бестобе, Аксу, Кварцитовые Горки, Жолымбет и Байлюсты с обработкой золотосодержащих руд и производство золотосодержащих изделий. В течение последних трех лет объемы производства ОАО «ГМК Казахалтын», по группе месторождений Аксу, Бестобе, Жолымбет составили около 1,0 т золота в год. В настоящее время на всех этих месторождениях строятся дополнительные мощности по переработке до 2 млн т в год (на каждом) руды из хвостохранилищ, а также проводятся геологоразведочные работы для повышения отрабатываемой минерально-сырьевой базы до 262 т золота. После получения результатов компания намерена в период с 2013 по 2016 г. инвестировать 512 млн долларов в строи-

тельство трех новых золотоизвлекательных фабрик на месторождениях Аксу, Бестобе и Жолымбет общей мощностью переработки 4,7 млн т руды в год. Кроме того, планируется строительство установки кучного выщелачивания мощностью по переработке 2,2 млн т руды в год. Производство золота составит на новых фабриках и установках КВ – 500 тысяч унций или 15,5 т в год.

Вещественный состав и физико-химические характеристики руды месторождения Бестобе. Руда месторождения Бестобе относится к арсенопиритной. В минералогическом составе руды этого месторождения имеются свои особенности. Такие общепринятые золотовмещающие минералы, как арсенопирит, пирротин, халькопирит, сфалерит и ковеллин, не являются носителями золота и серебра, так как содержат незначительное количество благородных металлов. Пирит в основном не содержит золота. То же самое можно сказать и о содержании серебра в этих минералах. Подавляющая часть золота и серебра представлена в форме природного сплава электрум ($Au_{0.812}Ag_{0,172}Cu_{0,001}Fe_{0,002}Bi_{0,005}S_{0,007}$). В кристаллической решетке на 812 атомов золота приходится 172 атома серебра. Примеси в сумме занимают 11 позицию на каждую тысячу атомов. Другие халькофильные элементы – медь, железо, теллур, селен – присутствуют в сотых долях процента. Частицы электрума имеют размер от нескольких микрон до 160–180 мкм. Носителем золота также является самородная медь (Cu98;27Fe1,50S0, 05Ag0,01Au0,01Mп0,04Zn0,04Bi0,01).

Биниит (тетраэдрит) – сурьмянистая сульфасоль меди (Cu9,55 Fe0,79Ag0,06Mn 0,001Zn1,10)11.501 содержит до 0,8% серебра и его можно отнести к коллектору серебра. Носителем серебра также являются миаргирит ($AgSbS_2$) и самородная медь.

Присутствие золота в арсенопиритной руде месторождения Бестобе определяется наличием сплава электрум с другими сульфидными минералами. Из нижеприведенных формул минералов, благородные металлы находятся в тесных ассоциациях с несколькими металлами, как с серой и сурьмой. Известно, что сурьма создает специфические трудности при флотации, образуя легкую черную пену, вываливающуюся из флотационных машин, чем весьма затрудняет процесс работы флотации. Такая специфическая упорность руды месторождения Бестобе требует также неординарного подхода к ее переработке, поэтому поиск оригинальных методов выщелачивания представляет научный и практический интерес.

Были изучены основные фазы руды месторождения Бестобе с помощью рентгенофазового анализа (рис. 2, табл. 1).

Таблица 1

Фазовый состав руды месторождения Бестобе

Formula	S-Q
SiO_2-Quartz	37,0
$(K,Na)(Al,Mg,Fe)_2(Si_{3,1}A_{l0,9})O_{10}(OH)_2$	34,2
$MgCa(CO_3)_2$	10,6
$NaAlSi_3O_8$	9,9
$A_{l2}(Si_2O_5)(OH)_4$	5,8
FeS_2	1,9
AlAs	0,6
As	0,1

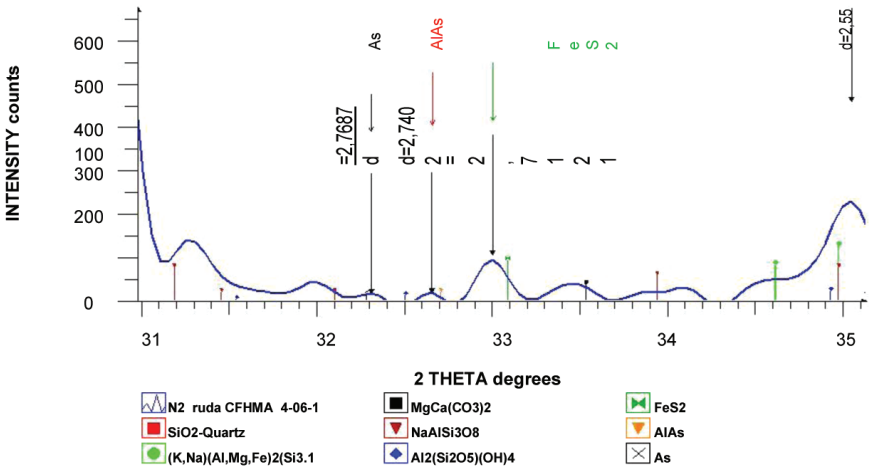


Рис. 2. Дифрактограмма средней пробы месторождения Бестобе

В процессе изучения химического состава было изучено, что максимум содержаний основных элементов – золото составляет около 3,6 г/т. Из числа косвенных химических элементов содержание Ag составляет – 13,0 г/т. Среднее содержание железа – 3,0, медь – 0,002, кобальт – 0,0007; никель – 0,003, мышьяк – 0,9 и сера – 2,4 г/т.

Сульфидные руды: в процессе окисления тионовыми бактериями ведущая роль принадлежит бактерия *A. ferrooxidans*. Была отмечена численность *A. ferrooxidans* в результате микробиологического обследования в образцах карьерных, шахтных вод и в рудном теле 10^5, 10^3 и 10^2 кл/мл соответственно (табл. 2). Тионовые бактерии *A. ferrooxidans* встречались в имеющей слабо-кислую реакцию среде, в данном случае соответствовал pH 5,0–5,5.

Численность *A. thiooxidans* в карьерной воде на изучаемом месторождении варьировала в пределах 10^3 кл/мл. Бактерии в шахтной воде встречались редко и в минимальных количествах – 10^2 кл/мл руды. Наибольшее количество этих бактерий содержали вскрышная глинистая порода, серые песчаники, пепловые туфы и кремнистые образования до 10^3 кл/г. Образцы пород с находками тионовых бактерий имели слабокислую реакцию.

Наиболее распространенными в карьерной, шахтной воде и в руде отобранные из трех точек оказались экстремальные ацидофилы родов *Sulfolobus*, *Leptospirillum* и *Acidiplasma sp*. их численность достигали от 10^3 до 10^7 кл/г/мл руды и/или воды (рис. 3).

Аборигенные культуры, представители хемолитотрофных бактерий, которые нами были выделены и изучены на окислительную способность в жидкой среде Сильвермана и Лундгрена 9К.

В процессе роста культур ежесуточно определялась окислительная способность исходных штаммов, выращиваемых на среде 9 К Сильвермана и Лундгрена комплексометрическим методом. В этом эксперименте исходное содержание окисного железа составило 9,0 г/л.

Как видно из рис. 4, востановление трехвалентного железа осуществлялось интенсивно в первые 3–4 суток культурой *Sulfolobus*. В этот отрезок времени наиболее активно восстановление окисного железа осуществлялось штаммом *Acidiplasma sp.*, наименьшую активность проявила популяция *A. ferrooxidans*, которая занимала нижнее положение. Однако после четырех суток появились изменения. Активность *Leptospirillum ferrooxidans* варианта начала возрастать и на седьмые сутки она стала опережать других штаммов. В итоге окисление закисного железа завершилось на 8 сутки. Активность штаммов *A. ferrooxidans* и *A. thiooxidans* напротив начала падать, особенно низкой была активность штамма *A. ferrooxidans*. Лучшие результаты, по сравнению со штаммом *Sulfolobus*, показал штамм *Leptospirillum ferrooxidans*. Кривая динамики *A. ferrooxidans* окисного железа была сходна по форме с кривой для штамма *A. thiooxidans*.

Таблица 2

Численность хемолитотрофных бактерий в карьерных, шахтных водах и в рудном теле месторождения Бестобе

Месторождение	№ пробы	Численность хемолитотрофных бактерий, кл/г руды				
		A. ferrooxidans	*A. thiooxidans*	*Sulfolobus*	*Leptospirillum*	*Acidiplasma sp.*
Бестобе	1	10^5	10^3	10^6	10^3	10^4
	2	10^3	10^2	10^4	10^5	10^6
	3	10^2	10^3	10^3	10^7	10^3

1 *2* *3*

Рис. 3. Точка отбора проб для исследования.
Примечание: 1 – карьерная вода, 2 – шахтная вода, 3 – рудный материал

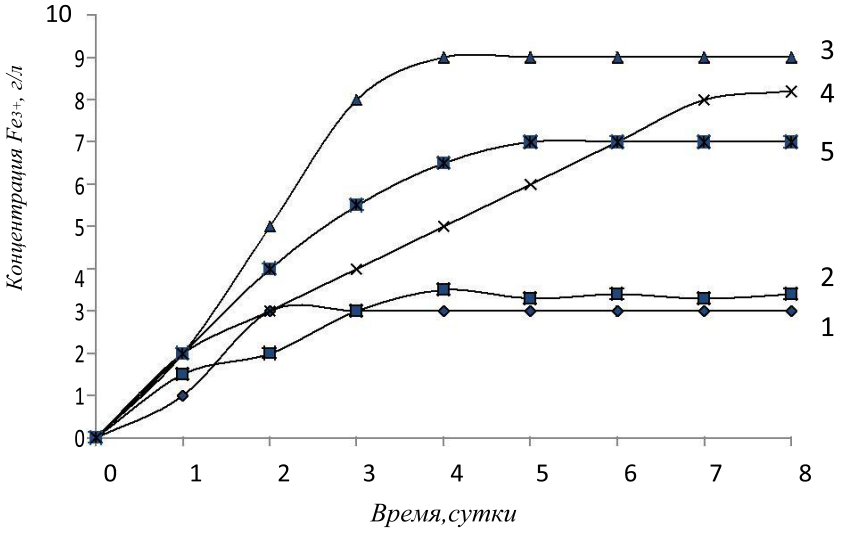


Рис. 4. Численность хемолитотрофных бактерий месторождений Бестобе: Примечание: 1 – A. ferrooxidans, 2 – A. thiooxidans, 3 – Sulfolobus, 4 – Leptospirillum ferrooxidans, 5 – Acidiplasma sp.

Итак, по востановительной способности популяции хемолитотрофов можно было распределить в порядке: *Sulfolobus* → *Leptospirillum ferrooxidans* → *Acidiplasma sp.* → *A. thiooxidans* → *A. ferrooxidans*.

Таким образом, культуры отличаются по скорости востановления Fe^{3+} и по конечному результату и срокам завершения окисления закисного железа можно судить об их активности.

Выводы

В результате полученных данных по численности и активности некоторых групп бактерий можно сделать вывод о низкой деятельности основных возбудителей окислительно-восстановительных процессов на вышеперечисленных месторождениях, за счет этого данные рентгенофазового анализа показывают редкость окисленных фаз в рудах. За счет того, что в рудах присутствует большое количество хемолитотрофных бактерий группы *Leptospirillum* и *Sulfolobus*. В производственных условиях это значительно облегчает получение в достаточных объемах популяций бактерий, длительное совместное культивирование более двух видов бактерий приводит к определенным трудностям и ведет к потере ценных видов бактерий. Для разрушения пирита и арсенопирита идет увеличение интенсивности, основных золотовмещающих минералов, для этого необходимо повысить активность хемолитотрофных бактерий по разрушению вышеперечисленных минералов.

Список литературы

1. Bulaev A.G., Panyushkina A.E., Tsaplina I.A., Kondrat'eva T.F., Belyi, A.V. Physiological and morphological characteristics of acidophilic bacteria Leptospirillum ferriphilum and Acidithiobacillus thiooxidans, members of a Chemolithotrophic microbial consortium. Microbiology (Russian Federation). 2018. № 87 (3). P. 326–338.

2. Kanayev A., Kuat B., Zylikha K., Kuanysh T. The effect of temperature on the duration of the process of biochemical leaching method. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM 2018. (1.4). P. 179–186.

3. Прунтова О.В., Сахно О.Н. Лабораторный практикум по общей микробиологии // Владимирский государственный университет. Владимир, 2005. 76 с.

4. Spasova I.I., Nicolova M.V., Georgiev P.S., Groudev S.N. Bacterial pretreatment of a gold-bearing pyrite/arsenopyrite concentrate for improving the subsequent gold extraction: Proceedings of the 14 Balkan Mineral Processigs Congress (Tuzla, 14–16 June, 2011). 2011. Vol. 2. P. 600–603.

5. Булаев А.Г., Пивоварова Т.А., Меламуд В.С., Цаплина И.А., Журавлева А.Е., Кондратьева Т.Ф. Полиморфизм штаммов *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, доминирующих в процессах высокотемпературного окисления золотомышьякового концентрата // Микробиология. 2011. Т. 80. № 3. С. 320–328.

УДК 599.323.4:611.817.1:612-002.2

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОГЛИОЦИТОВ КОРЫ МОЗЖЕЧКА КРЫСЫ

Сухорукова Е.Г., Юкина Г.Ю.

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, e-mail: pipson@inbox.ru

Работа посвящена изучению структурной организации микроглиоцитов в молекулярном, ганглионарном и зернистом слоях коры мозжечка. Микроглиоциты выявляли с использованием иммуногистохимической реакции на специфический микроглиальный маркер – белок Iba-1. Установлено, что в норме микроглиоциты коры мозжечка имеют различную структурную организацию в разных слоях: для молекулярного и ганглионарного слоев характерно наличие веретеновидной формы мультиполярных микроглиоцитов, имеющих очень малый объем перинуклеарной цитоплазмы и сложно разветвленные отростки, в то время как в зернистом слое выявляются микроглиоциты округло-овальной формы с тремя-четырьмя мало ветвящимися длинными крупно-волнистыми отростками. Также во всех слоях рядом с капиллярами встречаются единичные палочковидной формы малоотростчатые клетки, изогнутые по периметру кровеносного сосуда или вытянутые вдоль него. При этом морфометрический анализ показал, что диаметр тела и длина отростков микроглиоцитов в зернистом слое значимо больше по сравнению с этими же параметрами микроглиоцитов в молекулярном и ганглионарном слоях. Обнаружено, что при экспериментальном воздействии микроглиоциты в молекулярном и ганглионарном слоях, хоть и претерпевают значимые по сравнению с контрольными показателями морфологические преобразования (гипертрофия, ретракция и уменьшение толщины отростков), их число ни в одном из этих слоев значимо не увеличивается. Кроме того, в зернистом слое не наблюдается ни значимых изменений морфологических признаков микроглиоцитов, ни их числа.

Ключевые слова: микроглия, кора мозжечка, общая анестезия, белок Iba-1, иммуногистохимия

MICROGLIAL MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RAT CEREBELLAR CORTEX

Sukhorukova E.G., Yukina G.Yu.

Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, e-mail: pipson@inbox.ru

The work is devoted to the study of the structural organization of microgliocytes in the molecular, ganglionic and granular layers of the cerebellar cortex. Microgliocytes were detected using an immunohistochemical reaction to a specific microglial marker – Iba-1 protein. It has been established that normal microgliocytes of the cerebellar cortex have different structural organization in different layers: the molecular and ganglionic layers are characterized by the presence of a spindle-shaped form of multipolar microgliocytes with a very small volume of perinuclear cytoplasm and complexly branched processes, while in the granular layer is found oval shape with three or four little branching long coarsely wavy processes. Also, in all layers, near the capillaries, there are single rod-shaped cells with little cells, curved along the perimeter of the blood vessel or elongated along it. At the same time, morphometric analysis showed that the diameter of the body and the length of the processes of microgliocytes in the granular layer are significantly larger compared with the same parameters of microgliocytes in the molecular and ganglionic layers. It has been found that with experimental exposure, microgliocytes in the molecular and ganglionic layers, although undergo significant morphological changes (hypertrophy, retraction and reduction in the thickness of the processes) compared to control indicators, do not significantly increase in any of these layers. In addition, no significant changes in the morphological features of microgliocytes or their number are observed in the granular layer.

Keywords: microglia, cerebellar cortex, general anesthesia, Iba-1 protein, immunohistochemistry

Микроглиоциты – это особая разновидность тканевых макрофагов, характерных для органов нервной системы [1]. Научный интерес к изучению различных аспектов организации и функционирования микроглии центральной нервной системы неуклонно возрастает в связи с открытием новых ее функций. Традиционно микроглию принято рассматривать как ключевой элемент воспалительного процесса, развивающегося в нервной ткани (нейровоспаления) в ответ на повреждающие воздействия [2]. Однако в ряде исследований было показано, что функции микроглии охватывают более широкий круг процессов, напрямую не связанных с развитием реакции на повреждение и инициацией воспаления. В частности, установлено, что микроглия осуществляет постоянный мониторинг состояния синаптических структур нейропиля и является одним из главных регуляторов синаптической пластичности [3, 4], а также служит передовым элементом защитной системы ликвороэнцефалического барьера [5]. Считается, что структура этих клеток неразрывно связана с их функциональным состоянием [6], поэтому изучение морфологических характеристик микроглиоцитов при различных патологических воздействиях может способствовать пониманию их патогенеза.

Согласно современным представлениям микроглия подразделяется на три основных

типа: ветвящуюся (рамнифицированную), амебоидную (активированную) и переходную (промежуточную) [7]. При этом, несмотря на многочисленные исследования, посвященные изучению разнообразных свойств и особенностей строения этих клеток в разных отделах головного мозга [8, 9], данные об их структурной организации в мозжечке весьма фрагментарны, а о трансформации микроглии под воздействием такого неблагоприятного фактора, как общий анестетик, – вообще отсутствуют. Вместе с тем мозжечок – центральная структура головного мозга, ответственная за двигательную активность и осуществление когнитивных навыков [10]. Известно, что мозжечок высокочувствителен к повреждающим воздействиям. При всем многообразии повреждающих факторов, токсическое воздействие общих анестетиков занимает особое место, поскольку частота нарушений функций именно мозжечка при общей анестезии чрезвычайно высока [11]. В связи с этим данные о структурных изменениях, происходящих в мозжечке при воздействии общих анестетиков, представляют исключительный интерес.

Цель настоящей работы – морфометрическая оценка структурной организации микроглиоцитов всех слоев коры мозжечка в норме и при токсическом воздействии общего анестетика севофлурана.

Материалы и методы исследования

Работа проведена на крысах-самцах породы Вистар. Животные были поделены на две группы: контрольная («К», n = 8) и экспериментальная («Э», n = 7), в которой крысы подвергались экспозиции общего анестетика севофлурана в течение 6 ч. Все эксперименты *in vivo* выполнены в соответствии с правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (принципы Европейской конвенции, Страсбург, 1986 г., и Хельсинкской декларация Всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными, 1996 г.).

Для индукции анестезии крыс из группы «Э» помещали в индивидуальные боксы, размещённые в общей камере, подключенной к аппарату для ингаляционной анестезии, оборудованному испарителем «Sevorane» (Abbott Laboratories Ltd., Великобритания), и подавали 8 об% севофлурана (Севоран®; Abbott Laboratories Ltd., Великобритания, № серии 6042404) в потоке воздуха (2 л/мин). Для поддержания анестезии использовали 2 об% севофлурана и поток воздуха 1 л/мин.

На 22 сутки после эксперимента крыс декапитировали и извлекали головной мозг. Материал фиксировали в 10% нейтральном формалине на фосфатном буфере (pH 7,4) не менее 24 ч. Для получения сопоставимых результатов образцы от всех животных обрабатывали параллельно и в одинаковых условиях.

После формалиновой фиксации из мозга вырезали мозжечок, для морфологического анализа забирали заднюю долю мозжечка. Используя стандартную гистологическую методику со спиртами возрастающей концентрации, материал заливали в парафиновые блоки. Срезы, перпендикулярные извилинам, толщиной 5 мкм готовили с помощью микротома Accu-Cut SRT 200 (Sakura, Япония). Для обзорного исследования препаратов применяли крезиловый фиолетовый (Bio-Optica, Италия).

Микроглиоциты выявляли иммуногистохимически с использованием первичных поликлональных козьих антител к белку Iba-1 (AbCam, Великобритания, по каталогу – ab107159) в разведении 1:2000; экспозиция 45 мин при комнатной температуре. Для связывания первичных антител применяли набор реагентов R.T.U. VECTASTAIN Universal Quick Kit Catalog № PK-7800 (США). Визуализацию продукта реакции проводили при помощи хромогена DAB+ (Diagnostic BioSystems, Нидерланды). Препараты докрашивали гематоксилином Майера (Bio-Optica, Италия).

На препаратах под световым микроскопом DM-750 (Leica, Германия) с помощью компьютерной программы анализа изображений ImageScope M изучали оба полушария мозжечка. На каждом срезе при окуляре×10 и объективе×40 в 20 полях зрения (размер каждого поля 0,33×0,25 мм) подсчитывали количество ядросодержащих микроглиоцитов в молекулярном и ганглионарном слоях (МС и ГС соответственно) и отдельно в зернистом слое (ЗС). У микроглиоцитов определяли диаметр тела, длину и толщину отростков. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием стандартного пакета программ (Statistica 7.0 Stat.Soft for Windows). Вычисляли среднее арифметическое значение и его стандартную ошибку (M ± m), оценку значимости различий показателей проводили с применением критерия Вилкоксона и U-критерия Манна – Уитни. Значимость различий определяли при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение полученных препаратов из группы К показало, что цитоархитектоника слоёв коры мозжечка не нарушена. Перицеллюлярного и периваскулярного отёка не выявлено. МС представлен мелкими корзинчатыми и звёздчатыми нейронами с перикарионами округлой или полигональной формы, округлыми ядрами с расположенным по центру ядрышком. Они лежат свободно и относительно далеко друг от друга. ГС состоит из одного ряда крупных, грушевидной формы клеток Пуркинье (КП) с большими округлыми ядрами центрально расположенными ядрышками. В ЗС нейроны располагаются в виде плотных тяжей или гнёзд.

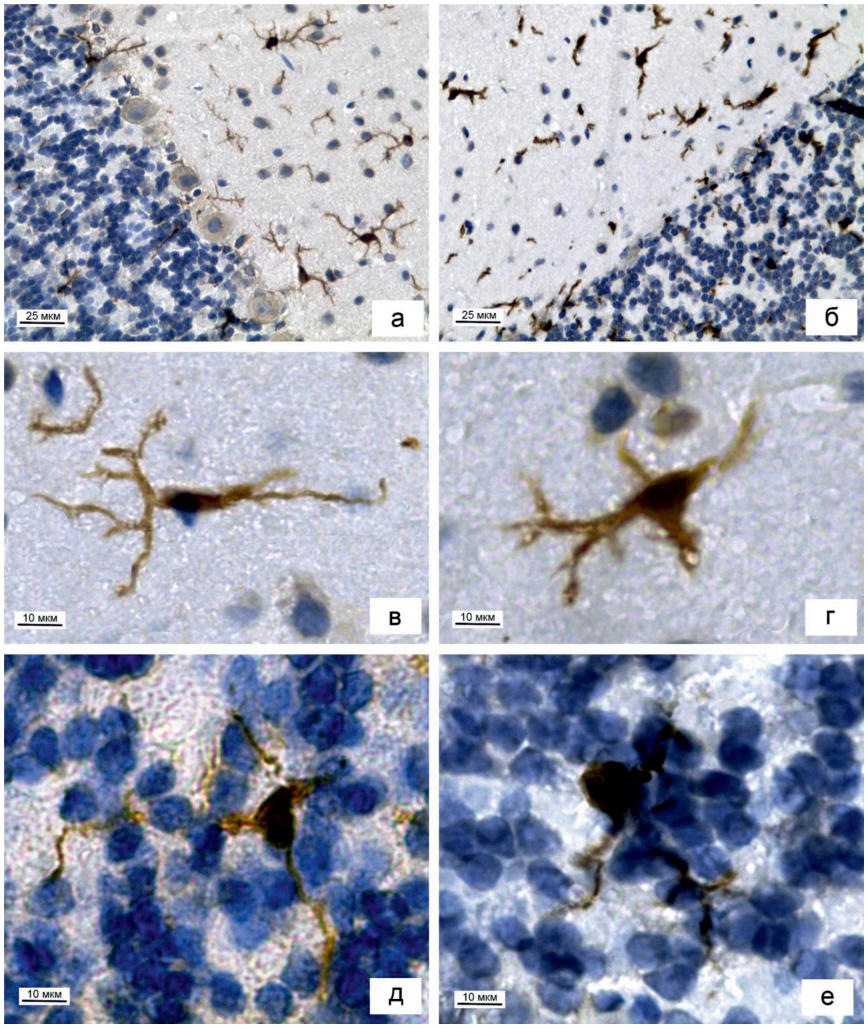
У животных, подвергшихся воздействию анестетика, цитоархитектоника слоёв коры мозжечка сохранена. Определяется периваскулярный отёк. В МС выявляется умеренное число морфологически измененных нейронов: сморщенные нейроны без ядра и нейроны с деформированным гиперхромным ядром. В ГС наблюдается выпадение нейронов, большая часть КП мор-

фологически изменены. Перикарион таких нейронов сморщивается, изменяются тинкториальные свойства: контур становится нечёткий, ядра и цитоплазма имеют трудноразличимые границы. В единичных случаях наблюдается эктопия КП в ЗС, в пределах ГС видны пустоты и просветления вокруг перикарионов. В ЗС коры мозжечка также выявляется небольшое количество морфологически изменённых нейронов, у них отмечается искажение формы ядер и пикноз.

После проведения иммуногистохимической реакции во всех исследованных препаратах были обнаружены Iba-1-позитивные клетки с характерной для микроглиоцитов структурной организацией (рисунок, а). В МС и ГС коры мозжечка преобладали веретеновидной формы мультиполярные микроглиоциты с диаметром тела 7,2 ± 0,3 мкм, имеющие очень малый объем перинуклеарной цитоплазмы и сложно разветвленные отростки длиной 35 ± 2 мкм и толщиной 1,3 ± 0,03 мкм (таблица; рисунок, в). В области разветвления крупных отростков нередко наблюдались характерные для микроглиоцитов «натеки» цитоплазмы. В ЗС коры мозжечка преимущественно выявляются микроглиоциты округло-овальной формы с диаметром тела 10,1 ± 0,4 мкм и тремя-четырьмя мало ветвящимися длинными (47,8 ± 3 мкм) крупно-волнистыми отростками толщиной 1 ± 0,03 мкм (рисунок, д). Диаметр тела и длина отростков микроглиоцитов в ЗС значимо больше по сравнению с этими же параметрами микроглиоцитов в МС и ГС (таблица). Во всех слоях коры мозжечка рядом с капиллярами наблюдались единичные палочковидной формы малоотростчатые клетки, изогнутые по периметру кровеносного сосуда или вытянутые вдоль него. Также в периваскулярной области встречались единичные безотростчатые овальной формы макрофаги (МФ) с интенсивной цитоплазматической реакцией на антиген Iba-1. Помимо ядросодержащих микроглиоцитов все слои коры мозжечка содержат тонкие отростки, перинуклеарные участки которых не попали в плоскость среза.

При экспериментальном воздействии морфологические признаки микроглиоцитов изменяются и претерпевают некоторые преобразования (рисунок, б). Единичные микроглиоциты во всех слоях сохраняют свою форму, однако их большая часть в МС и ГС приобретает округлую или овальную форму, с увеличенной перинуклеарной областью (рисунок, г). Диаметр тела микроглиоцитов у экспериментальных животных составляет 11,2 ± 0,3 мкм, отростки изменённых микроглиоцитов лучше выявляются на срезе, укорачиваются до 18 ± 0,7 мкм и утолщаются до 2 ± 0,05 мкм. Данные морфометрические показатели значимо отличаются от контрольных значений в этих слоях (таблица). Число микроглиоцитов в МС и ГС коры мозжечка несколько возрастает, но статистически незначимо (таблица). В ЗС значимых изменений морфологических показателей микроглиоцитов не наблюдается, число их также значимо не увеличивается (рисунок, е). После воздействия анестетика микроглиоциты с короткими отростками, встречающиеся единично в группе К, визуализировать достаточно сложно, так как практически все микроглиоциты приобретают округло-овальную форму и их отростки укорачиваются.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в слоях коры мозжечка крысы встречаются различные типы микроглиоцитов: в МС и ГС это уплощённые клетки с малым объёмом перинуклеарной цитоплазмы со сложно-разветвленными отростками, в ЗС – клетки округло-овальной формы с крупно-волнистыми мало ветвящимися отростками. Во всех слоях встречаются единичные периваскулярные малоотростчатые клетки и МФ. Данный факт, очевидно, обусловлен структурной организацией слоёв коры мозжечка и функциональной нагрузкой определенных областей мозга, микроглиоциты которых приобретают соответствующий фенотип. В наиболее развитой синаптической зоне коры мозжечка – молекулярном слое – преобладает рамнифицированная микроглия со сложной организацией отростков. В ЗС, где нейроны располагаются в виде плотных тяжей и гнёзд, микроглиоциты имеют мало ветвящиеся, но более длинные отростки, которые огибают тела нейронов, приобретая волнообразный ход. Наличие немногочисленных малоотростчатых периваскулярных микроглиоцитов во всех слоях коры мозжечка может указывать на взаимосвязь их структурной организации с выполнением ими защитных функций на уровне гематоэнцефалического барьера [9]. Помимо клеток с характерными признаками микроглиоцитов, при проведении иммуноцитохимической реакции на белок Iba-1 были выявлены округло-овальные клетки без отростков, располагающиеся периваскулярно. Очевидно, что эти клетки являются сходными с микроглиоцитами по функции макрофагами. Известно, что белок Iba-1 участвует в реорганизации цитоскелета и изменении конфигурации цитоплазматической мембраны – процессах, происходящих при фагоцитозе [12]. В связи с этим закономерным является то, что он экспрессируется не только в микроглиоцитах, но и в макрофагах.



Микроглиоциты в коре мозжечка крысы: а – общий вид коры мозжечка контрольного животного, б – общий вид коры мозжечка после воздействия общего анестетика. Микроглиоцит в молекулярном слое (в) и в зернистом слое (д) коры мозжечка контрольного животного. Микроглиоцит в молекулярном слое (г) и в зернистом слое (е) коры мозжечка после воздействия общего анестетика. Иммуногистохимическая реакция на белок Iba-1 с подкраской гематоксилином

Морфометрические показатели микроглиоцитов в коре мозжечка контрольного животного и после длительной экспозиции севофлурана (6 ч)

Показатели	Контроль		Э (экспозиция севофлурана)	
	Молекулярный и ганглионарный слои	Зернистый слой	Молекулярный и ганглионарный слои	Зернистый слой
Диаметр микроглиоцита (мкм)	7,2 ± 0,3	10,1 ± 0,4** (p = 0,04156)	11,2 ± 0,3* (p = 0,000122)	10,7 ± 0,2
Длина отростков микроглиоцитов (мкм)	35 ± 2	47,8 ± 3** (p = 0,01284)	18 ± 0,7* (p = 0,000079)	42,6 ± 1,8** (p = 0,000002)
Толщина отростков (мкм)	1,3 ± 0,03	1 ± 0,03	2 ± 0,05* (p = 0,00077)	1,2 ± 0,03** (p = 0,000007)
Число микроглиоцитов	5,0 ± 0,1	4,0 ± 0,1	6,0 ± 0,4	4,0 ± 0,4

Примечание. * – показатели статистически значимо отличаются от группы контроля при $p < 0,05$; ** – показатели статистически значимо отличаются от показателей молекулярного и ганглионарного слоёв в пределах группы при $p < 0,05$.

Проведенное исследование показало, что морфологические изменения микроглиоцитов коры мозжечка при воздействии севофлурана зависят от слоя коры, в котором находится микроглиоцит. Токсическое воздействие анестетика ведет к активации микроглиоцитов, проявляющейся в виде подробно описанных в литературе гипертрофии, ретракции и уменьшении толщины отростков этих клеток [13]. Прежде всего, активация микроглиоцитов наблюдается в МС и ГС коры мозжечка, поскольку именно в этих слоях нейроны претерпевают наиболее значимые морфологические изменения, характеризующие клетки как погибшие. При этом, несмотря на то, что морфометрические показатели, характеризующие диаметр тела микроглиоцитов, длину и толщину их отростков в МС и ГС после воздействия анестетика значимо отличаются от контрольных показателей, число их значимо не изменяется (таблица). Известно, что микроглиоциты являются основными иммунными клетками головного мозга, ответственными за развитие нейровоспаления, проявляющегося увеличением количества Iba-1 положительных микроглиоцитов с изменением их формы до амебоидной и вырабатыванием ими провоспалительных цитокинов [14]. Установлено, что чрезмерная активация микроглиоцитов может приводить к патологическим процессам, в частности, к гибели нейронов, являясь одним из патологических механизмов нейродегенеративных заболеваний [15]. В ходе настоящего исследования не было выявлено увеличения числа микроглиоцитов и изменения их формы до амебоидной, что свидетельствует о невысокой степени активации микроглиоцитов, что, в свою очередь, снижает вероятность выработки ими провоспалительных цитокинов. Очевидно, что отсутствие чрезмерной активации микроглиоцитов является положительным фактором, так как вероятность развития нейродеструктивных процессов, связанных с медиаторами нейровоспаления, мала, а значит, нейроны не испытывают дополнительных повреждающих воздействий со стороны микроглии.

Таким образом, изучение структуры и функционального состояния микроглиоцитов в норме и при экспериментальной патологии является необходимым для решения актуальных задач нейробиологии, направленных на расшифровку тонких механизмов развития нейропатий, возрастных изменений головного мозга и прогрессирования нейродегенеративных заболеваний.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания, № госрегистрации АААА-А18-118102590054-0.

Список литературы

1. Harry G.J., Kraft A.D. Microglia in the developing brain: a potential target with lifetime effects. Neurotoxicology. 2012. vol. 33. no. 2. P. 191–206.

2. Graeber M.B., Streit W.J. Microglia: biology and pathology. Acta Neuropathol. 2010. vol. 119. no. 1. P. 89–105.

3. Wake H., Moorhouse A.J., Jinno S., Kohsaka S., Nabekura J. Resting microglia directly monitor the functional state of synapses in vivo and determine the fate of ischemic terminals. J. Neurosci. 2009. vol. 29. no. 13. P. 3974–3980.

4. Tremblay M., Stevens B., Sierra A., Wake H., Bessis A., Nimmerjahn A. The role of microglia in the healthy brain. J. Neurosci. 2011. vol. 31. no. 45. P. 16064–16069.

5. Кирик О.В., Сухорукова Е.Г., Алексеева О.С., Коржевский Д.Э. Субэпендимные микроглиоциты III желудочка головного мозга // Морфология. 2014. Т. 145. № 2. С. 67–69.

6. Thored P., Heldmann U., Gomes-Leal W., Gisler R., Darsalia V., Taneera J., Nygren J.M., Jacobsen S.E., Ekdahl C.T., Kokaia Z., Lindvall O. Long-term accumulation of microglia with proneurogenic phenotype concomitant with persistent neurogenesis in adult subventricular zone after stroke. Glia. 2009. vol. 57. no. 8. P. 835–849.

7. Хожай Л.И., Отеллин В.А. Реактивные изменения микроглии в неокортексе и гиппокампе у крыс после воздействия острой перинатальной гипоксии // Морфология. 2013. Т. 143. № 1. С. 23–27.

8. Коржевский Д.Э., Кирик О.В., Сухорукова Е.Г., Сырцова М.А. Микроглия черного вещества головного мозга человека // Медицинский академический журнал. 2014. Т. 14. № 4. С. 68–72.

9. Алексеева О.С., Гилерович Е.Г., Кирик О.В., Коржевский Д.Э. Структурная и пространственная организация микроглиоцитов молекулярного слоя коры мозжечка кролика // Морфология. 2016. Т. 150. № 4. С. 40–43.

10. Del Rosso L.M., Hoque R. The cerebellum and sleep. Neurol. Clin. 2014. vol. 32. no. 4. P. 893–900.

11. Steinmetz J., Funder K.S., Dahl B.T., Rasmussen L.S. Depth of anaesthesia and post-operative cognitive dysfunction. Acta Anaesthesiol Scand. 2010. vol. 54. no. 2. P. 162–168.

12. Ohsawa K., Imai Y., Sasaki Y., Kohsaka S. Microglia/macrophage-specific protein Iba1 binds to fimbrin and enhances its actin-bundling activity. J. Neurochem. 2004. vol. 88. no. 4. P. 844–856.

13. Streit W.J., Mrak R.E., Griffin W.S.T. Microglia and neuroinflammation: a pathological perspective. J. Neuroinflamation. 2004. vol. 1. no. 1. P. 14.

14. Gonzalez H., Elgueta D., Montoya A., Pacheco R. Neuroimmune regulation of microglial activity involved in neuroinflammation and neurodegenerative diseases. J. Neuroimmunol. 2014. vol. 274. no. 1–2. P. 1–13.

15. Serhan C.N., Chiang N., Van Dyke T.E. Resolving inflammation: dual anti-inflammatory and pro-resolution lipid mediators. Nature Reviews Immunology. 2008. vol. 8. no. 5. P. 349–361.

СТАТЬИ

УДК 616.248-053.2:615

БРОНХИАЛЬНАЯ АСТМА – АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОЙ ПЕДИАТРИИ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ

[1]Бадоева З.А., [1]Туаева И.Б., [2]Байсангурова Л.С., [1]Габараева Л.Н., [1]Икаев З.Э.

[1]ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская академия» Минздрава России, Владикавказ, e-mail: sogma.rso@gmail.com;

[2]ГБУЗ «Республиканская клиническая больница» МЗ РСО-Алания, Владикавказ, e-mail: rkbsekretar@mail.ru

Одной из самых актуальных проблем в педиатрии являются болезни органов дыхания, в частности бронхиальная астма. Уровень зарегистрированной заболеваемости является универсальным показателем, отражающим состояние здоровья детского населения, обратившегося за медицинской помощью в медицинские организации, потенциал ее дальнейшего развития, а также доступность и качество медицинской помощи. Нами анализируются показатели заболеваемости и инвалидности при бронхиальной астме среди детей (0–17 лет) Республики Северная Осетия – Алания, являющейся актуальной проблемой педиатрии на современном этапе и представляющей значительную социальную проблему для данного контингента больных. Показатели заболеваемости и распространенности в статье представлены как в целом по РСО-Алания, так и в ее административных районах. Уровень инвалидности за исследуемый период (2010–2016 гг.) рассматривается в соответствии с возрастными категориями. Результаты исследования свидетельствуют о высоких показателях как общей, так и первичной заболеваемости в Республике Северная Осетия – Алания. Отмеченные высокие уровни заболеваемости бронхиальной астмой имеют тенденцию к снижению. В РСО-Алания зафиксирован рост инвалидности вследствие бронхиальной астмы в 1,7 раза. Полученные результаты могут служить основой для разработки программ профилактики, с целью раннего выявления и своевременного устранения факторов риска возникновения бронхиальной астмы, позволяющие снизить заболеваемость бронхиальной астмой среди населения Республики Северная Осетия – Алания.

Ключевые слова: бронхиальная астма, распространенность, заболеваемость, население, структура, инвалидность, диспансеризация, смертность

BRONCHIAL ASTHMA – MODERN PEDIATRICS ACTUAL PROBLEM OF THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA – ALANIA

[1]Badoeva Z.A., [1]Tuaeva I.B., [2]Baysangurova L.S., [1]Gabaraeva L.N., [1]Ikaev Z.E.

[1]North Ossetian State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Vladikavkaz, e-mail: sogma.rso@gmail.com;

[2]Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, e-mail: rkbsekretar@mail.ru

One of the most important problems in Pediatrics are diseases of the respiratory organs, in particular bronchial asthma. The level of registered morbidity is a universal indicator reflecting the state of health of the child population who has applied for medical care in medical organizations, the potential for its further development, as well as the availability and quality of medical care. We analyze the indicators of morbidity and disability in bronchial asthma among children (0-17 years) of the Republic of North Ossetia-Alan ia, which is an urgent problem of Pediatrics at the present stage and represents a significant social problem for this group of patients. The indicators of morbidity and prevalence in the article are presented as a whole for RNO-Alania, and in its administrative regions. The level of disability for the study period (2010-2016) is considered in accordance with age categories. The results of the research indicate high rates of both General and primary morbidity in the Republic of North Ossetia-Alania. The noted high levels of bronchial asthma have a tendency to decrease. In RNO-Alania there was recorded a disability growth due to bronchial asthma of 1.7 times. The obtained results can serve as a basis for the development of prevention programs for the early detection and timely elimination of risk factors for bronchial asthma, allowing to reduce the incidence of bronchial asthma among the population of the Republic of North Ossetia-Alania.

Keywords: bronchial asthma, prevalence, morbidity, population, structure, disability, medical examination, mortality

Ежегодно в Российской Федерации среди детского населения регистрируются более 25 млн случаев заболеваний органов дыхания. Их удельный вес в структуре первичной заболеваемости детей составляет около 60%. При этом почти 3 тыс. детей становятся инвалидами и 2 тыс. – умирают от болезней органов дыхания. Наиболее распространенной хронической нозологией дыхательной системы является бронхиальная астма. На долю «тяжелой БА» в России приходится 20% (в США – около 5%). В мире за последние 10 лет заболеваемость бронхиальной астмой удвоилась, а в нашей стране – утроилась. Причем растет удельный вес тяжелых форм, в том числе среди молодого населения. С этим связана высокая инвалидность и летальность среди больных бронхиальной астмой [1, 2].

Чаще начало заболевания приходится на детский возраст до 10 лет – 34%, 10–20 лет – 14%, 20–40 лет – 17%, 40–50 лет – 10%, 50–60 лет – 6%, старше – 2%. Первые приступы заболевания могут начаться на первом году жизни. По данным специалистов, в мире от астмы умирают 250 тыс. чел. в год. Ежегодный темп прироста распространенности бронхиальной астмы у детей достигает 20% [3, 4].

Для успешного распространения информации о подходах к лечению астмы была создана Ассамблея GINA, в которую вошли эксперты в области лечения бронхиальной астмы из многих стран. Задачей Ассамблеи стало проведение семинаров с врачами и ведущими специалистами, а также выступления на международных и национальных симпозиумах.

Совершенствование медицинской помощи больным и профилактика бронхиальной астмы невозможны без знания истинной распространенности заболевания, его этиологии и факторов риска [5].

Цель исследования: оценка динамики заболеваемости, распространенности и инвалидности вследствие бронхиальной астмы среди детской популяции в Республике Северная Осетия – Алания за 2010–2016 гг.

Материалы и методы исследования

При проведении работы были изучены и проанализированы следующие данные: отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у детей, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения (ф. № 12); отчет Государственного бюро медико-социальной экспертизы по первичному и повторному освидетельствованию детей с БА в РСО-Алания (ф. № 7д); статистические материалы заболеваемости населения Российской Федерации. Показатели общей и первичной заболеваемости рассчитаны на 100 тыс. детского населения), инвалидности – на 10 тыс. детей от 0–17 лет.

Статистическая обработка материала проводилась на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ для эпидемиологических исследований Epi Info ver. 6.

Результаты исследования и их обсуждение

За семилетний период (2010–2016 гг.) среди детского населения (0–17 лет) Республики Северная Осетия – Алания (РСО-Алания) отмечены высокие уровни общей заболеваемости бронхиальной астмой, при этом показатели имеют тенденцию к снижению. Наибольший уровень (на 100 тыс. соответствующего населения) зафиксирован в 2010 г. (477,7), наименьший – в 2016 г. (359,4) (табл. 1). Снижение характеризуется некоторыми подъемами показателей в отдельные годы (462,6 в 2013 г.; 376,4 в 2015 г.), не достигающими уровня 2010 г., но превышающими аналогичный показатель 2016 г. (в 1,3 и 1,1 раза соответственно). Итак, за исследуемый период (2010–2016 гг.) общая заболеваемость снизилась на 24,8% (с 477,7 в 2010 г. до 359,4 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения) (табл. 1). В г. Владикавказе также идет снижение показателей общей заболеваемости БА на 17% (с 671,9 в 2010 г. до 552,8 в 2016 г., на 100 тыс. детского населения от 0 до 17 лет), однако темпы снижения уровней ниже республиканских, при этом среднее значение (629,5) превышает среднереспубликанский уровень (423,1) в 1,5 раза. Наибольший уровень заболеваемости, превышающий базовый (671,9) зафиксирован в 2013 (729,9), наименьший – в 2015 г. (552,2), несколько ниже значения 2016 г. (522,8) (табл. 1).

Значительный рост общей заболеваемости БА отмечен в одном из районов республики (Дигорском) на 102,8% (с 244,0 в 2010 г. до 494,8 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения). В остальных семи районах зафиксирован отрицательный прирост изучаемого явления. Наибольшее снижение отмечено в Кировском районе – на 86,1% (с 443,6 в 2010 г. до 61,8 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения); на втором месте Моздокский район, где снижение составило 56,3% (160,7 и 70,3 соответственно); третье место принадлежит Правобережному району (579 в 2010 г. и 307,5 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения), снижение достигло – 46,9%. Снижение заболеваемости более медленными темпами отмечено в других четырех районах: Алагирском на 33,4% (с 438,4 в 2010 г. до 291,8 в 2016 г. на 100 тыс. соответствующего населения); Пригородном – на 23,2% (с 255,4 до 196,1 соответственно); Ирафском – на 19,9% (с 409,9 2010 г. до 328,2 2016 г.) и Ардонском – на 11,3% (с 370,5 в 2010 г. до 328,8 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения). При этом показатели имеют высокие значения за исследуемый период с некоторыми отклонениями в отдельные годы. Наравне с этим фиксируются районы с наибольшими средними значениями показателей (на 100 тыс. детского населения): Правобережный (391,3); Ардонский (375,5); Ирафский (335,8); Дигорский (326,0); Алагирский (325,1). В трех районах средние значения несколько ниже: Пригородном (282,2); Кировском (234,8); Моздокском (137,3) (табл. 1).

Анализ показателей первичной заболеваемости в РСО-Алания продемонстрировал рост числа детей больных бронхиальной астмой в четырех сельских районах: Правобе-

режном – на 840,0% (с 8,0 в 2010 г. до 75,2 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения); Дигорском – на +182,7% (с 20,2 до 57,1 соответственно); Ардонском – на 88,4% (с 85,6 в 2011 г. до 161,3 в 2015 г. на 100 тыс. детей от 0–17 лет); Пригородном – на 70,4% (с 31,4 в 2010 г. до 53,5 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения). В других четырех районах отмечен отрицательный прирост заболеваемости на 100 тыс. детей от 0–17 лет): Моздокском – на 45,2% (с 24,1 в 2010 г. до 13,2 в 2016 г.); Алагирском – на 43,4% (35,5 до 20,1 соответственно); Кировском – на –40,6% (с 78,0 в 2010 г. до 46,3 в 2016 г.); Ирафском – на 7,9% (с 25,4 до 23,4 соответственно) (табл. 2). Наравне с этим выделяются районы, средние значения которых превышают среднереспубликанский уровень (52,7); Дигорский (77,6); Ардонский (62,0); Пригородный (52,8). Средние значения других районов ниже среднереспубликанского уровня. В целом по республике выявлен отрицательный прирост первичной заболеваемости на 3,6% (с 56,1 в 2010 г. до 54,1 в 2016 г. на 100 тыс. детского населения), при этом уровни динамического ряда имеют высокие значения. В столичном округе показатели за все годы превышают аналогичные данные РСО-Алания. При этом за исследуемый период заболеваемость снизилась на 18,8% (с 94,9 в 2010 г. до 77,1 в 2016 г. соответственно) (табл. 2).

Итак, результаты исследования свидетельствуют о снижении общей заболеваемости бронхиальной астмой в целом по Республике Северная Осетия – Алания, а также в семи из восьми ее административных районах и приросте заболеваемости в одном из районов (Дигорском +102,8%). При этом показатели все годы имеют высокие значения. Первичная заболеваемость характеризуется также снижением показателей в РСО-Алания и столичном округе, наравне с этим выделяются сельские районы, средние значения которых превышают среднереспубликанский уровень (Дигорский, Ардонский, Пригородный).

Таблица 1

Уровень общей заболеваемости бронхиальной астмой детей 0–17 лет в РСО-Алания за 2010–2016 гг. (на 100 тыс. соответствующего населения)

	ГОДЫ								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Ср. знач.	Темп прироста,%
РСО-Алания	477,7	439,6	421,4	462,6	424,3	376,4	359,4	423,1	–24,8
г. Владикавказ	671,9	627,8	632,2	729,9	639,7	552,2	552,8	629,5	–17,7
Алагирский р-н	438,4	385,7	307,1	264,0	264,6	324,3	291,8	325,1	–33,4
Ардонский р-н	370,5	399,6	333,1	351,2	448,3	397,0	328,8	375,5	–11,3
Дигорский р-н	244,0	343,8	328,9	254,0	463,2	153,5	494,8	326,0	+102,8
Ирафский р-н	409,9	314,4	330,8	305,7	331,7	329,6	328,2	335,8	–19,9
Кировский р-н	443,6	324,3	289,8	275,8	186,0	62,1	61,8	234,8	–86,1
Моздокский р-н	160,7	190,5	151,9	163,4	120,1	104,5	70,3	137,3	–56,3
Правобережный р-н	579,0	478,5	407,4	372,2	263,5	330,7	307,5	391,3	–46,9
Пригородный р-н	255,4	402,5	262,1	251,6	303,8	304,2	196,1	282,2	–23,2

Таблица 2

Динамика первичной заболеваемости бронхиальной астмой детей 0–17 лет в РСО-Алания за 2010–2016 гг. (на 100 тыс. соответствующего населения)

	ГОДЫ								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Ср. знач.	Темп прироста,%
РСО-алания	56,1	48,1	47,4	53,0	53,0	57,1	54,1	52,7	–3,6
г. Владикавказ	94,9	71,7	70,1	81,7	44,2	82,0	77,1	74,5	–18,8
Алагирский р-н	35,5	23,4	39,6	10,2	0,0	101,3	20,1	32,9	–43,4
Ардонский р-н	0,0	85,6	0,0	87,8	99,6	161,3	0,0	62,0	+88,4
Дигорский р-н	20,2	21,5	19,3	97,7	270,2	57,5	57,1	77,6	+182,7
Ирафский р-н	25,4	52,4	94,5	23,5	23,7	0,0	23,4	34,7	–7,9
Кировский р-н	78,0	16,2	0,0	46,0	0,0	0,0	46,3	26,6	–40,6
Моздокский р-н	24,1	9,5	33,2	37,4	18,5	4,5	13,2	20,1	–45,2
Правобережный р-н	8,0	30,4	7,4	51,1	28,5	21,1	75,2	31,7	+840,0
Пригородный р-н	31,4	34,9	47,3	69,4	110,1	22,0	53,5	52,8	+70,4

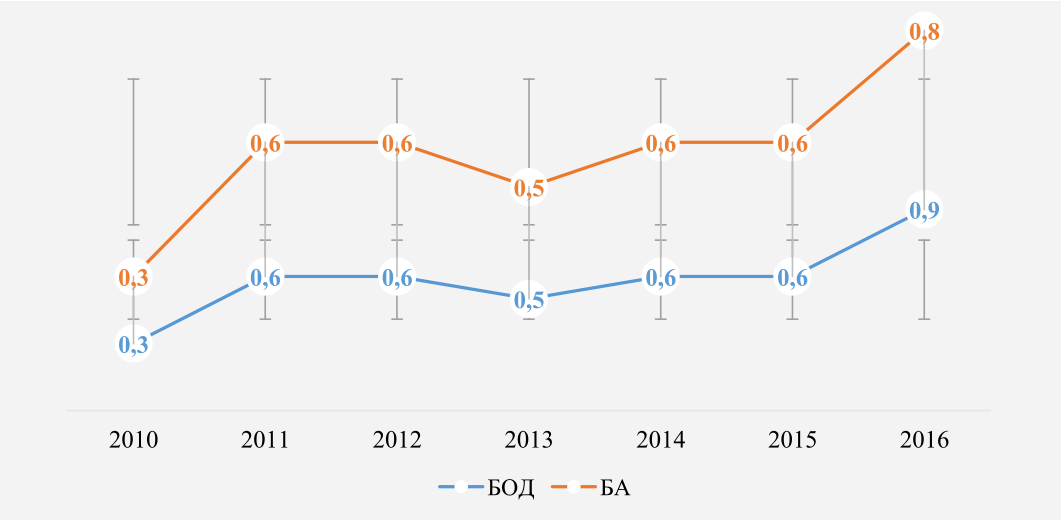


Рис. 1. Уровень первичной инвалидности детского населения вследствие болезней органов дыхания и бронхиальной астмы по РСО-Алания за 2010–2016 гг. (на 10 тыс. детского населения 0–17 лет)

Проблема детской инвалидности вследствие бронхиальной астмы имеет большое социальное значение для общества. Нами проведен анализ данных Главного бюро медико-социальной экспертизы Республики Северная Осетия – Алания. По результатам исследования отмечен отчетливый рост показателей впервые выявленной инвалидности вследствие бронхиальной астмы. Так, в 2010 г. первичная инвалидность составляла 0,3 на 10 тыс. детского населения 0–17 лет и 0,8 в 2016 г. (соответственно), увеличившись в 2,7 раза. Аналогичная картина складывается в показателях инвалидности вследствие болезней органов дыхания, где в динамике отмечен рост данного явления среди детского населения 0–17 лет (с 0,3 в 2010 г. до 0,9 в 2016 г. на 10 тыс. соответствующего населения) (рис. 1).

Итак, в Республике Северная Осетия – Алания отмечен рост показателей первичной инвалидности вследствие болезней органов дыхания в 3,0 раза, при этом практически все дети-инвалиды соответствуют одной нозологической форме по данному классу – бронхиальной астме, увеличившись за исследуемый период в 2,7 раза. Динамика роста имеет волнообразный характер с незначительными колебаниями в отдельные периоды. Наибольший показатель зафиксирован в 2016 г (0,8 на 10 тыс. детей); наименьший – в 2010 г (0,3 соответственно); 0,5 на 10 тыс. детского населения фиксируется в 2013 г. Остальные годы (2011, 2012, 2014, 2015) уровни динамического ряда имеют равные значения (по 0,6 на 10 тыс. детского населения от 0–17 лет) (рис. 1).

Полученные нами результаты превышают данные по Российской Федерации (0,5 на 10 тыс. детского населения) в 1,8 раза, но ниже уровня СКФО (3,1 на 10 тыс. детей 0–17 лет) в 3,4 раза.

Рассмотрены суммарные результаты исследования детского населения за 7 лет (2010–2016 гг.) по возрастным категориям с целью определения их ранговой принадлежности в структуре первичной инвалидности вследствие бронхиальной астмы в Республике Северная Осетия – Алания. Так, данные анализа структуры изучаемого нами явления среди возрастных групп наибольшую долю (58,7%) фиксируют в группе 8–14 лет; второе место занимает возрастной состав 4–7 лет (27,0%); третье – дети старшего возраста от 15–17 лет (9,5%); дети-инвалиды 0–3 лет имеют наименьшую долю среди данной патологии (4,8%) и вышли на четвертое ранговое место (рис. 2).

Результаты проведенного исследования свидетельствуют об актуальности и большой медико-социальной и экономической значимости проблемы первичной инвалидности вследствие бронхиальной астмы в Республике Северная Осетия – Алания.

Общий контингент инвалидов формируется преимущественно повторно признанными инвалидами. Среди детского населения (0–17 лет) в Республике Северная Осетия – Алания повторно признанные инвалидами из-за бронхиальной астмы суммарно за семь лет составили 178 чел. При этом инвалидность чаще регистрируется у мальчиков, чем у девочек. Абсолютное число повторно признанных инвалидами вследствие бронхиальной астмы среди

мальчиков достигло 148 чел., девочек – 30 чел.; среди детей старшей возрастной группы (15–17 лет) составило за данный период 48 чел.: мальчиков – 39, девочек – 9; в возрастном составе 8–14 лет – детей инвалидов 111 чел. из которых 96 мальчиков, 15 девочек и в группе (4–7 лет) дети-инвалиды вследствие бронхиальной астмы составили 17 чел.: мальчиков – 12, девочек – 5); в группе детей от 0–3 лет инвалидность имеют 2 человека, девочек – 1, мальчиков – 1 (табл. 3).

По данным результатов исследования выявлено наибольшее число повторно признанных детей-инвалидов в возрастном составе от 8–14 лет (111 чел.); дети старшего возраста (15–17 лет) составили 48 чел. заняв при этом второе ранговое место; в группе 4–7 лет зафиксировано 17 чел., им принадлежит третье место; 0–3 лет – 2 детей (табл. 3).

За семилетний период (2010–2016 гг.) в возрастной структуре повторно признанных инвалидами вследствие бронхиальной астмы наибольшую долю составили дети в группе 8–14 лет (62,3 %), занявшие первое ранговое место; на втором месте находятся дети старшего возраста (15–17 лет), составившие 27,0 %; третье место принадлежит детям в возрасте 4–7 лет (9,6 %), четвертое место заняли дети в возрастной группе 0–3 лет (1,1 %) (рис. 3).

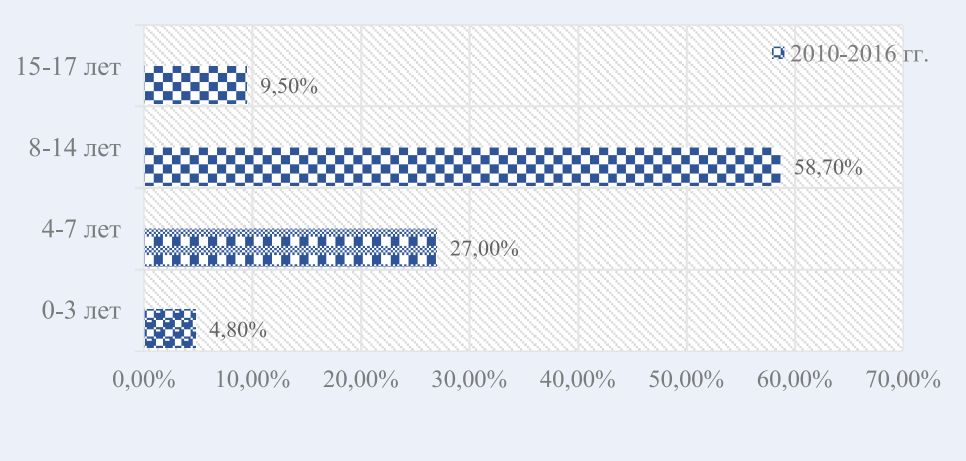


Рис. 2. Структура первичной инвалидности вследствие бронхиальной астмы по возрастным категориям среди детского населения РСО-Алания за 7 лет наблюдения (2010–2016 гг.)

Таблица 3

Абсолютные числа повторной инвалидности вследствие бронхиальной астмы по возрастным категориям среди детского населения РСО-Алания за 2010–2016 гг.

Возрастные группы	пол	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Всего за 7 лет
БА всего	всего	45	28	25	29	19	15	17	178
	м	40	22	24	24	14	11	13	148
	ж	5	6	1	5	5	4	4	30
0–3 лет	всего	0	0	0	0	2	0	0	2
	м	0	0	0	0	1	0	0	1
	ж	0	0	0	0	1	0	0	1
4–7 лет	всего	4	2	0	1	1	5	4	17
	м	3	1	0	1	1	4	2	12
	ж	1	1	0	0	0	1	2	5
8–14 лет	всего	33	19	15	15	11	8	10	111
	м	30	16	15	12	8	6	9	96
	ж	3	3	0	3	3	2	1	15
15–17 лет	всего	8	7	10	13	5	2	3	48
	м	7	5	9	11	4	1	2	39
	ж	1	2	1	2	1	1	1	9

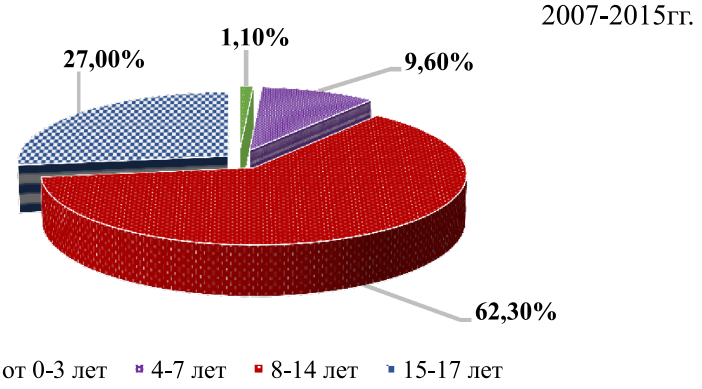


Рис. 3. Структура повторно признанных инвалидами вследствие бронхиальной астмы по возрастным категориям среди детского населения РСО-Алания за 7 лет (2010–2016 гг.)

Заключение

В Республике Северная Осетия – Алания отмечено снижение общей заболеваемости БА в целом по РСО-Алания, а также в семи административных районах (Кировском, Моздокском, Правобережном, Алагирском, Пригородном, Ирафском, Ардонском) и приросте заболеваемости в одном из районов (Дигорском +102,8 %). При этом показатели все годы имеют высокие значения. Первичная заболеваемость характеризуется также снижением показателей в РСО-Алания и столичном округе, наравне с этим выделяются сельские районы средние значения которых превышают среднереспубликанский уровень (Дигорский, Ардонский, Пригородный). Наравне с этим отмечен стабильный рост первичной инвалидности за период (2010–2016 гг.) среди детского населения (0–17 лет) вследствие БА в 2,7 раза. Пик уровня первичной инвалидности (на 10 тыс. соответствующего населения) зафиксирован в 2016 г. (0,8), наименьший показатель – в 2010 г. Период 2011–2015 гг. характеризуется стагнацией инвалидности. В структуре первичной инвалидности по возрастным категориям первое ранговое место за семилетний период принадлежит возрастной группе 8–14 лет и составляет (59,7 %); второе место занимают дети 4–7 лет (25,8 %); третье – дети подросткового возраста (9,7 %). Инвалидность чаще фиксировалась у мальчиков (в 83,1 % случаев), чем у девочек (в 16,9 % случаев). Тенденции инвалидности населения детского возраста вследствие бронхиальной астмы требуют первостепенного внимания государственных структур, определения наиболее приоритетных программных мероприятий, направленных на профилактику и медико-социальную помощь детской популяции с данной патологией.

Список литературы

1. Эпидемиология бронхиальной астмы. Распространенность бронхиальной астмы. [Электронный ресурс]. URL: http://medicalplanet.su/diagnostica/70.html (дата обращения: 15.04.2019).

2. Бадоева З.А., Бериева Л.М., Медоева А.А., Бадоева Л.С. Эпидемиологическая характеристика болезней органов дыхания в Республике Северная Осетия – Алания за 2005–2010 гг. // Сборник научных трудов СООАНВШ РФ. Владикавказ, 2011. № 9.

3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия – Алания в 2015 году». Владикавказ, 2015. [Электронный ресурс]. URL: http://minprirod.ru/Default.aspx?tabid=2288&ArtMID=4424&ArticleID=1297 (дата обращения: 15.04.2019).

4. Геппе Н. А. Актуальность проблемы бронхиальной астмы у детей // Педиатрия. 2012. Т. 91. № 3. С. 76–82.

5. Национальная программа «Бронхиальная астма у детей. Стратегия лечения и профилактика». 5-е изд., перераб. и доп. М.: Оригинал-макет, 2017. 160 с.

УДК 614:616.9-036.22(575.2)

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

[1,2]Гаврилова О.Н., [3]Касымова Р.О., [1]Касымов О.Т.

[1]Научно-производственное объединение «Профилактическая медицина» Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Бишкек, e-mail: olga_gon@inbox.ru;
[2]Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек;
[3]Кыргызско-Российский славянский университет имени Б.Н. Ельцина, Бишкек

В статье представлены результаты внедрения компьютерной программы «Базы данных анализа биологической безопасности лабораторной инфраструктуры и учета заболеваемости», позволяющей проводить автоматизированную оценку состояния биобезопасности и биозащиты лабораторной инфраструктуры, а также ситуацию по нозологическим формам (чума, сибирская язва, бешенство, бруцеллез), представляющих опасность для территории или государства, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Кроме вывода данных по всем параметрам программа осуществляет анализ соответствия данных параметров требованиям биобезопасности. Результат анализа отмечается цветовым маркером для анализируемого параметра. Эта программа предоставит полную информацию о защищенности биологических объектов, ситуацию по особо опасным инфекциям на территории региона Кыргызской Республики, состоянии внутрилабораторной среды, необходимую для принятия управленческих решений в сфере обеспечения биологической безопасности. В основу электронной платформы программы положены принципы и положения, отмеченные в Международном стандарте по управлению лабораторными биорисками (CWA 15793:2011), что служит «стандартом» при разработке требований, предъявляемых при организации лабораторий, который может использоваться с целью осуществления внутреннего контроля качества и безопасности проведения лабораторной деятельности. Это способствует повышению эффективности работы лаборатории, а также может быть использовано аккредитирующими организациями при проверке лабораторий на соответствие требованиям.

Ключевые слова: опасные объекты, биологическая безопасность, компьютерная программа

RESULTS OF IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR ASSESSING BIOSECURITY RISK IN THE KYRGYZ REPUBLIC

[1,2]Gavrilova O.N., [3]Kasymova R.O., [1]Kasymov O.T.

[1]Scientific and Production Centre for Preventive Medicine of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: olga_gon@inbox.ru;
[2]I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek;
[3]B.N. Yeltsin Kyrgyz-Russian Slavonic University, Bishkek

The study is concerned with operational results of the computer program «Databases of the analysis of laboratory infrastructure biosecurity and morbidity recording» which allows automated assessment of biosecurity and biosafety of laboratory infrastructure as well as the situation regarding individual nosologies (plague, anthrax, rabies, brucellosis) presenting danger for a territory or a state in the case of an emergency. Besides putting out data on all parameters, the program analyzes these data against biosecurity requirements. Analysis results are highlighted in color for parameters analyzed. This program will provide full information on security of biologic sites, the situation concerning especially dangerous infections in the territory of the Kyrgyz Republic, the state of the laboratory internal environment, which are needed for decision-making for biosecurity provision. The electronic platform of the program is based on principles and guidelines stated in the International Standard on Laboratory Biorisk Management (CWA 15793:2011), which serves as a reference in developing laboratory requirements for use in the conduct of internal assessment in order to improve laboratory performance and by accrediting bodies in an external assessment of laboratories.

Keywords: dangerous objects, biosecurity, computer program

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) давно признает то, что безопасность, в особенности биологическая, является международной проблемой. Известно, в современном мире биобезопасность представляет новое научное направление, деятельность которого основана на фундаментальных исследованиях и результатах современных достижений научно-технического прогресса с использованием новых технологий и инновационных методов – в иммунологии, биотехнологиях, генетике, молекулярной биологии, эпидемиологии, микробиологии и других современных науках, которые применяются для разработки и внедрения доктрины биобезопасности. Биологическая безопасность, как интегрированная наука аккумулирует теорию и практику системы защиты человека в случае возникновения рисков воздействия биотических факторов, включая и те, которые могут быть применены преднамеренно с целью нанесения ущерба здоровью человека или общества. Таким об-

разом, появилась причина ее интеграции и формирования, как комплексной системы медико-биологических, организационных и инженерно-технических мероприятий и инструментов, для решения задач, связанных с безопасностью общества и государства, от прямого или косвенного влияния через среду обитания, микробиологических агентов и токсинов. При этом практически среда обитания представляет специфическую экологическую систему, обладающую рядом особенностей [1–3].

С понятием «биологическая безопасность» взаимосвязано ключевое понятие «биологическая опасность», научную основу которой определяют принципы классификации относительной опасности микроорганизмов с распределением их по группам риска обусловленных работой на специализированном диагностическом оборудование или практической деятельностью, включая распределения по уровням опасности для отдельных групп лиц или населения в целом. Следует отметить, что согласно имеющимся данным анализа случаев лабораторного инфицирования, включая их исход, а также инфицирования медицинского персонала при работе в эпидемических очагах на высокий уровень биологического риска [2, 3].

Реформирование государственной системы управления Кыргызской Республики во многих отраслях народного хозяйства обострило проблемы в системе здравоохранения и сельского хозяйства. Реорганизация в правительственном регулировании затронула сектор экономики и социум, и некоторые из этих изменений повлияли на закономерность распространения особо опасных инфекций в стране. Таким образом, сложившаяся экономическая ситуация усложняет проведение мер эффективного противодействия биологическим патогенам.

В современной системе эпидемиологического надзора Кыргызстана не уделяется должного внимания формированию системного подхода к проведению эпидемиологического надзора.

Отсутствие основополагающих стандартов эпидемиологического расследования вспышек, низкая эффективность лабораторной базы определили необходимость непрерывного совершенствования профессионализма в системе управления современными базами данных и внедрения модернизированной системы оповещения с учетом действующих международных стандартов. Результаты анализа существующих электронных программ, применяемых в мониторинге за особо опасными инфекциями, выявили, что действующее информационно-аналитическое обеспечение требует модернизации для обмена информацией между ведомствами, осуществляющими надзор за антропозоонозными инфекциями, без которого невозможна деятельность противоэпидемической службы.

Цель исследования: внедрение единой унифицированной информационной системы сбора, хранения, анализа, обработки и передачи информации в целях оценки и управления биорисками, а также стратегического планирования мероприятий по биобезопасности и биозащите.

Материалы и методы исследования

Проведен анализ данных ежегодных отчетов о работе Департамента профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора МЗ КР, Республиканского центра карантинных и особо опасных инфекций и Департамента ветеринарии при Министерстве сельского и водного хозяйства, также проанализированы все нормативные и инструктивные документы по надзору за особо опасными инфекциями. Методология исследования базировалась на методах: эпидемиологическом, историко-описательном, оценке степени риска, которые позволили оценить ситуацию, определить основные риски и сформировать перспективные профилактические и противоэпидемические мероприятия для обеспечения биобезопасности.

Результаты исследования и их обсуждение

На сегодняшний день, учитывая активное развитие и интеграцию информационных технологий, назрела необходимость разработки основополагающих и модернизированных подходов, необходимых для совершенствования существующей систем эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями, а также налаживания информационно-аналитической системы для обеспечения динамичной и эффективной деятельности служб общественного здравоохранения в сфере биобезопасности страны. Это позволит унифицировать стандарты по обеспечению противоэпидемических и профилактических мероприятий, обеспечить полный и непрерывный контроль за уровнем заболеваемости болезнями, представляющими опасность для здоровья человека и животных, которые наносят существенный социально-экономический ущерб, а также снизить уровень их заболеваемости [4, 5].

Применение современной автоматизированной информационной системы позволит разработать единую технологию сбора, обработки, анализа и передачи информации данных между отдельными ведомствами – т.е. позволит сформировать информационные показатели для осуществления социально-гигиенического мониторинга.

Данный подход позволит усовершенствовать процессы управленческих решений, способствующих улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки [2, 3, 5].

В современной эпидемиологии отмечается переориентация противоэпидемической службы с работы по ликвидации возникших эпидемических очагов на работу по предупреждению их возникновения. Поэтому внедрение современной единой автоматизированной системы на основе программно-технического обеспечения позволит использовать широкий спектр инструментов для создания информационного модуля с целью изучения эпидемического процесса и, прежде всего, внедрение модельного эксперимента для более четкого понимания особенностей течения эпидемического процесса и эффективного управления им с учетом сформировавшихся современных условий.

При выборе соответствующего уровня защиты для выполнения микробиологической работы основным является оценка риска. Для того, чтобы определить, требует ли планируемая работа использования лаборатории первого, второго, третьего или четвертого уровней защиты и соответствующих операционных инструкций, важным аспектом является детальная оценка рисков на месте. К мероприятиям по оценке рисков необходимо привлекать комиссию, состоящую из персонала организации, в состав которой входят специалисты компетентные в вопросах контроля биориска, а также (при необходимости) представители из других областей деятельности [3, 4, 6].

В настоящее время в Кыргызской Республике действует более сотни государственных, ведомственных и частных лабораторий, в которых проводятся исследовательские, научные и диагностические работы с патогенами. Кризисные процессы в стране, которые происходили на протяжении последних 10–15 лет, привели к многочисленным проблемам в лабораторной системе как здравоохранения, так и сельского хозяйства. Произошло значительное сокращение кадрового потенциала диагностических и исследовательских лабораторий. Зачастую лаборатории не имеют современных инженерно-технических средств защиты персонала от воздействия патогенов. Физическая защита объектов, где выполняются работы с опасными патогенами, не обеспечивает полную защищенность непреднамеренных потерь или проникновения извне. Отмечается большая текучесть подготовленных квалифицированных специалистов и снизился приток молодых кадров, что не позволяет обеспечить преемственность и качественную подготовку специалистов, особенно в вопросах безопасных лабораторных практик.

В сложившейся ситуации необходим поиск эффективных решений, которые позволили бы выявить все проблемы, связанные с проводимой работой по изучению микроорганизмов, их хранения, транспортировки, рисками для персонала лабораторий и много других факторов, представляющие потенциальную опасность для возникновения случайных или непреднамеренных ситуаций, которые способны нанести вред здоровью населения, ущерб сельскому хозяйству и окружающей среде. Оптимальный выход – разработка и внедрение системы управления лабораторной биобезопасностью [7, 8].

Европейским комитетом по стандартизации (CEN) разработан и введен в действие стандарт по управлению лабораторными биорисками CWA 15793:2011, где представлена «система управления». Внедрение данного стандарта в республике позволит создать и развивать систему управления биорисками. В основе стандарта представлены направления, которые позволят совершенствовать существующую систему контроля работ с биопатогенами, снизить риски и улучшить подготовку персонала к безопасным методам работы, оценивать эффективность проводимых мероприятий по биобезопасности и совершенствовать процессы и действия в организациях, направленных на обеспечение биобезопасности в лабораториях, населения и окружающей среды [8, 9].

На сегодняшний день в Кыргызской Республике, в целях разработки и внедрения полного объёма контроля мероприятий по управлению рисками в биобезопасности и оценки факторов потенциальных угроз, нами была разработана модернизированная автоматизированная система сбора и анализа, данных заболеваемости особо опасными инфекциями человека и животных (база данных).

В ходе выполнения поставленных задач нами были составлены специальные анкеты, которые смогли бы более детально описать материально-техническое состояние лабораторий, обеспеченность кадрами, подготовленность специалистов, задействованных в проведении исследований опасного и потенциально опасного биоматериала, использование единых стандартов и техник при выполнении исследований, обеспеченность основными препаратами, условия хранения патогенов, их транспортировку, утилизацию отходов [10–12].

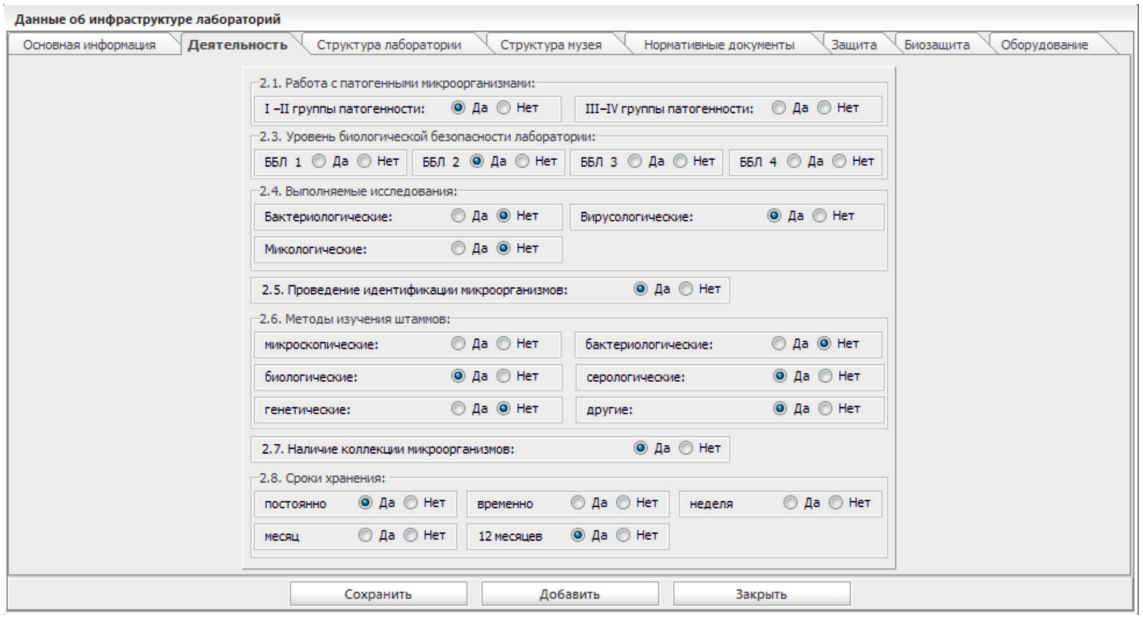


Рис. 1. Форма вопросника инвентаризации лабораторий (деятельность)

Обработанные материалы были внесены в автоматизированный интерфейс программы, на платформе Delphi, оптимизированной с базой ACCESS через инструмент ADO и запросы на языке SQL. Создана матрица с применением визуальных форм и компонентов, способных облегчить ввод данных и минимизировать, а по возможности, ликвидировать ошибки ввода.

Существует функция информационного обмена электронными данными (например, распространение информации из других организаций или областных центров в региональный). Это позволяет проводить адресную рассылку данных, используя любой современный способ обмена электронными данными, включая электронный носитель. База данных содержит систему отчетов, представленную в виде аналитических графиков и отчетов в Excel для лабораторий.

Информационно-аналитическая система учета инфраструктуры лабораторий является аналитической системой учета информации по инвентаризации лабораторий. Данные вводятся в специально разработанную форму вопросника-анкеты сбора данных об инфраструктуре лабораторий, что позволяет составить паспорт лаборатории с анализом ее биобезопасности либо сводную таблицу анализа биобезопасности всех внесенных в базу лабораторий (рис. 1).

В базе имеются специальные вкладки: «Нормативные документы» – определяют организацию работы лаборатории, проведение исследований и использование специальных операционных процедур для безопасной работы при исследовании; «Защита» – использование специальных инженерно-технических систем и оборудования, которое позволяет снизить риск заражения в лаборатории; «Оборудование» – лабораторное оборудование, используемое при организации и проведении диагностического исследования биологического материала.

На вкладках «Структура лаборатории» и «Структура музея» предусмотрен ввод данных о сотрудниках, работающих в лаборатории и музее. Панель ввода данных представляет собой таблицу с несколькими колонками для ввода информации о работающем сотруднике, его образовании, подготовке и знаний специальной работы в области биобезопасности и владении практическими навыками в проведении лабораторной диагностики (рис. 2).

Кроме вывода данных по всем параметрам программа осуществляет анализ соответствия данных параметров требованиям биобезопасности. Результат этого анализа отмечается цветовым маркером для анализируемого параметра:

Да – Параметр соответствует требованиями биобезопасности.

Нет – Параметр не соответствует требованиями биобезопасности.

– Нет данных.

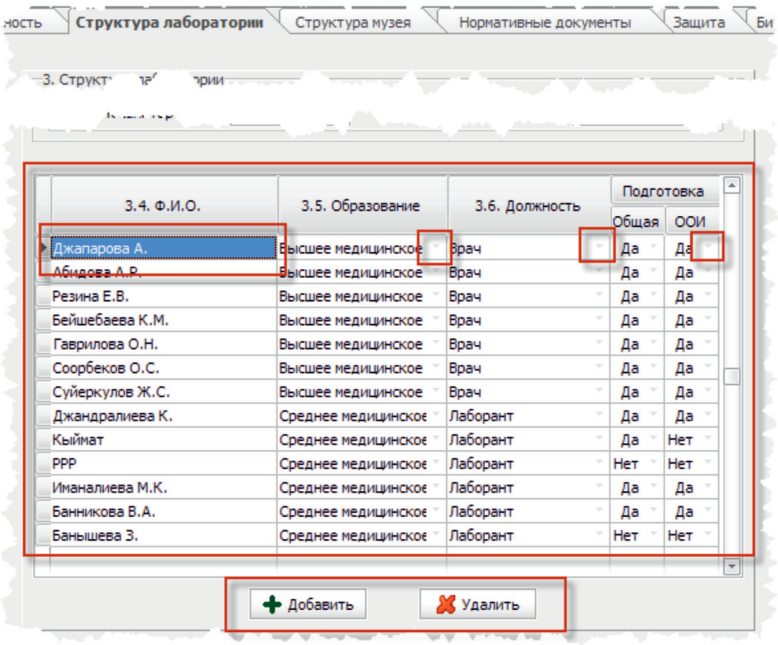


Рис. 2. Форма ввода информации о сотрудниках лаборатории

Анализ и вывод данных полностью соответствует анализу и выводу данных в паспорте одной лаборатории; анализируемые параметры идентичны, используется тот же метод вывода информации и цветовой индикации. По каждой группе параметров высчитывается количество параметров соответствующих требованиям биобезопасности, а внизу таблицы выводится итоговый показатель лаборатории, являющийся суммой параметров каждой группы.

Так, к примеру: если в базе данных отмечено, что в лаборатории имеются средства индивидуальной защиты (СИЗ), то в паспорте для параметра «Наличие СИЗ» будет стоять «Да», если отмечено, что СИЗ отсутствуют, то будет стоять «Нет», если же данных по наличию СИЗ в этой лаборатории нет, то в паспорте будет пустая клетка (рис. 3).

Трудность заключается в том, что некоторые лаборатории относятся к государственным учреждениям, треть принадлежит другим министерствам и ведомствам или является частными лабораториями. Не во всех случаях существует процедура взаимодействия этих ведомств, руководители этих лабораторий не поддерживают системы взаимодействия. В результате политических событий в республике вопросы биологической, физической безопасности, основной документации по инфраструктуре очень меняются.

Элементы биологической защиты

Параметр	Данные
Наличие СИЗ	Да
Наличие ББЗ	Да
Наличие аптечек личной профилактики персонала	Да
Наличие укладок экстренного выезда	Да
Наличие контейнеров для транспортировки материала между лабора	Да
Наличие укладок для экстренной дезинфекции и деконтаминации в с	Да

Обеспеченность лабораторным оборудованием

Параметр	Данные
Лабораторная мебель	Да
Термостаты	Да
Холодильники	Да
Сухожаровые шкафы	Да
Автоклавы	Да
Микроскопы	Да
Центрифуги	Да
Боксы биозащиты	Да
Водяная баня	Нет
Ионометры (pH-метры)	Да
Дистилляторы воды	Да
Бактерицидные лампы	Да
Автоматические дозаторы	Нет
Комплект ИФА-оборудования	Нет
Комплект оборудования для ПЦР-анализа	Нет

Рис. 3. Образец формы паспорта

В ходе проводимой работы была сделана оценка рисков лабораторий различного уровня подчинения. Оценка проводилась с использованием разработанных информационных карт лаборатории, составлены специальные анкеты, которые смогли бы более детально описать. В итоге были разработаны автоматизированные инструменты сбора, анализа и графического представления информации о состоянии биобезопасности лабораторий.

На сегодняшний день лабораторная база санитарно-эпидемиологической службы требует укрепления. Часть имеющегося оборудования морально и технически устарела. Большая часть его эксплуатируется с 1970–1980 гг., то есть более 30 лет.

В регионах в основном функционируют как в системе здравоохранения, так и сельского хозяйства базовые лаборатории, отвечающие требованиям биологической защиты и безопасности III–IV уровня (1–2 класс биологической безопасности по классификации ВОЗ). Лаборатории имеют минимальный набор помещений, где проводятся серологические и бактериологические исследования инфекционного биоматериала, входящего в III–IV группу биологической опасности (1–2 группу опасности по классификации ВОЗ). Проводимые исследования не предполагают накопление патогенов. Персонал, работающий с биопатогенами, соблюдает основные противоэпидемические мероприятия, обеспечивающие его безопасность во время работы. На местах имеется минимальный набор необходимого лабораторного оборудования, которое позволяет создать общую безопасность лаборатории от неблагоприятного воздействия на окружающую среду и население.

Работа с биопатогенами, входящими в I–II группу биологической опасности, выполняется в специализированных лабораториях, которые имеют разрешения Режимной комиссии Министерства здравоохранения Кыргызской Республики. Состояние защищенности таких объектов находится на более высоком уровне. Объекты имеют инженерно-технические системы, предупреждающие проникновение посторонних лиц, работающий персонал подготовлен по соблюдению основных правил работы с опасными патогенами, что снижает профессиональный риск.

Заключение

Разработанная «Автоматизированная информационно-аналитическая система включает выявление, учет, регистрацию случаев заболеваний», состоит из двух структурно-функциональных компонентов: реестр лабораторной инфраструктуры с возможностью анализа биобезопасности и учет заболеваемости. Создание данной системы информационно-аналитического обеспечения по учету информации о случаях заболевания предоставляет возможность в оценке уровня заболеваемости, эпидемиологического наблюдения, контроле и управление эпидситуацией, мониторинговых исследованиях и др.

Информационно-аналитический модуль учета инфраструктуры лабораторий предназначен для учета и анализа материалов о инвентаризации лабораторий и сбора информации об их сотрудниках. На основе внесенных данных может быть составлена структура лаборатории и систематизирована таблица о внесенных в базу лабораториях. По каждой группе параметров высчитывается количество характеристик, соответствующих требованиям биобезопасности.

Разрабатываемая «Автоматизированная информационно-аналитическая система обеспечения» учета заболеваемости как инструмент для проведения мониторинга, оценки рисков, в том числе эпидемиологических рисков, позволит эффективно решать вопросы связанные с биобезопасностью и предоставит информацию для принятия мер с целью определения определенных вмешательств, в частности обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и предупреждения возникновению риска угрозы национальной безопасности.

В целях обеспечения мер по организации биобезопасности и биозащиты в Кыргызстане необходимо:

– продолжить работу в области разработки, реализации и последующем обновлении программ и других нормативных документов, рекомендованных по управлению рисками, обеспечению эпидемиологического контроля, диагностики, внедрение системы контроля безопасноси при исследованиях, транспортировке, утилизации, в том числе в окружающей среде медицинских учреждений;

– усовершенствовать системы контроля биобезопасности и биозащиты в организациях здравоохранения;

– усовершенствовать систему непрерывного обучения и практическая подготовка, а также обмен опытом и знаниями в вопросах биобезопасности, биозащиты с учетом опыта и знаний международных и передовых институтов стран СНГ;

– разработка и эффективное продвижение в стране политики биобезопасности и биозащиты;

– распространение накопленных знаний и опыта проведения для обеспечения безопасной работы с биологическими рисками среди специалистов лабораторной службы, организаций здравоохранения, а также студентов медицинских, биологических вузов.

Список литературы

1. Айкимбаев А.М. Основы биологической безопасности: монография. Алматы, 2010. С. 250.

2. Онищенко Г.Г., Смоленский В.Ю. Концептуальные основы биологической безопасности: Часть I // Вестник РАМН. 2013. № 10. С. 4–13.

3. Онищенко Г.Г., Смоленский В.Ю. Актуальные проблемы биологической безопасности в современных условиях. Ч. 3. Научное обоснование национального нормирования широкого формата биологической безопасности // Вестник РАМН. 2014. № 11–12. С.118–127.

4. Онищенко Г.Г., Пальцев М.А., Зверев В.В., Иванов А.А., Киселев В.И., Нетесов С.В., Северин С.Е., Семенов Б.Ф., Сергиев В.П., Щелкунов С.Н. Биологическая безопасность: монография. М.: Медицина, 2006. 304 с.

5. Основные компоненты для программ профилактики инфекций и инфекционного контроля. Женева: ВОЗ, 2010. 40 с.

6. Некрасова Л.Е., Жолшаринов А.Ж., Мека-Мененко Т.В., Турегелдиева Д.А., Сыздыков М.С. Внедрение системы управления рисками на опасных биологических объектах Казахстана: руководство для практических работников. Алматы, 2012. 231 с.

7. Международный Стандарт по управлению лабораторными биорисками (CWA15793:2011) / Европейский комитет по стандартизации. Брюссель, 2008. 43 с.

8. Laboratory biorisk management: CEN WORKSHOP AGREEMENT (CWA 15793:2011). 46 p. [Electronic resource]. URL: http://www.uab.cat/doc/CWA15793_2011 (date of access: 20.04.2019).

9. Инструмент для оценки качества лабораторий. WHO/HSE/GCR/LYO/2012.2. ВОЗ, 2012. 35 с.

10. Куклев Е.В., Сафронов В.А., Лопатин А.А., Раздорский А.С. Разработка компьютерной программы «Эпидемический потенциал природных очагов чумы Российской Федерации» // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. Вып. 4. С. 78–79.

11. Практическое руководство по биологической безопасности в лабораторных условиях. ВОЗ, Женева, 2014. 188 с.

12. Laboratory biosecurity guidance / Published by authority of the Minister of Health Population and Public Health Branch Centre for Emergency Preparedness and Response. 3rd edition. Ministry of health of Canada, 2004. P. 107. [Electronic resource]. URL: https://www.canada.ca/en/public-health/services/canadian-biosafety-standards-guidelines/laboratory-biosafety-guidelines-3rd-edition-2004.html (date of access: 20.04.2019).

УДК 614.777(575.2)

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

[1]Джолочиева М.К., [1,2]Шаршенова А.А.

[1]Научно-производственное объединение «Профилактическая медицина», Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Бишкек, e-mail: meerimg@mail.ru;

[2]Международная высшая школа медицины Международного университета Кыргызстана, Бишкек

В статье представлены результаты анализа данных анкетирования по применению санитарно-бактериологических методов исследования питьевой воды в лабораториях центров профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора Кыргызской Республики. Дана оценка ситуации по оснащенности санитарно-бактериологических лабораторий оборудованием для исследования качества питьевой воды современным методом мембранной фильтрации (ММФ). В целом в республике из 50 санитарно-бактериологических лабораторий 22 лаборатории (42%) оснащены оборудованием для применения метода мембранной фильтрации, из которых только в 13 лабораториях используют данный метод. Следует отметить, что в 7 (35%) лабораториях из 21, имеющих соответствующее оборудование для применения ММФ, указанный метод не использовался в исследованиях и в одной лаборатории оно находилось в неисправном состоянии. Выявлены основные причины неиспользования ММФ при оценке качества микробиологического анализа питьевой воды: отсутствие в 29 лабораториях (58%) фильтрационных установок; расходных материалов (мембранных фильтров). В территориальном аспекте имеющееся оборудование лабораторий для применения метода мембранной фильтрации распределено неравномерно, из семи областей республики в двух (Чуйская и Баткенская области) оно отсутствует.

Ключевые слова: метод мембранной фильтрации, оценка качества питьевой воды, санитарно-бактериологические лаборатории

THE USE OF MEMBRANE FILTRATION IN ASSESSING THE QUALITY OF DRINKING WATER IN THE KYRGYZ REPUBLIC

[1]Dzholochieva M.K., [1,2]Sharshenova A.A.

[1]Scientific and Production Centre for Preventive Medicine, Ministry of Health Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: meerimg@mail.ru;

[2]International School of Medicine of International University of Kyrgyz Republic, Bishkek

The article presents the results of the analysis of survey data on the use of sanitary and bacteriological methods of drinking water research by the laboratories of disease prevention centers and state sanitary and epidemiological surveillance of the Kyrgyz Republic. The assessment of the situation in the sanitary-bacteriological laboratories of equipment facilities for drinking water quality study by membrane filtration and the use of modern analysis method. In general, out of 50 sanitary-bacteriological laboratories in the republic, 22 laboratories (42%) are equipped with the equipment for applying the membrane filtration method (MFM), of which only 13 laboratories use this method and in one laboratory 1 unit is out of order. At the same time, 7 out of 21 laboratories (35%) that have equipment for using this method do not use it in their research, which indicates the inefficient use of sanitary-bacteriological laboratories of available resources. The main reasons for not using the MFM in assessing the microbiological quality of drinking water were: the lack of filtration plants in 29 laboratories (58%); in laboratories with equipment for MMF there were no consumables (membrane filters). In the territorial aspect, the available laboratory equipment for the use of MMF is unevenly distributed, from 7 regions of the republic to 2 (Chui and Batken oblasts) it is absent.

Keywords: membrane filtration method, drinking water quality assessment, sanitary-bacteriological laboratories

Доступ к безопасной питьевой воде имеет важное значение для здоровья человека. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разрабатывает международные нормы в области качества воды и охраны здоровья человека в виде руководств, которые используются в качестве базы для регулирования и установления стандартов по всему миру. ВОЗ разработало «Руководство по обеспечению качества питьевой воды» (три издания: 1983–1984 гг., 1993–1997 гг. и 2004 г) и в 2017 г. опубликовало новое, четвертое издание Руководства, которое адресовано в первую очередь регулирующим органам систем водоснабжения и здравоохранения, директивным органам в целях оказания помощи в разработке национальных стандартов [1, с. 16].

Директива 98/83/ЕС «О качестве воды, предназначенной для употребления людьми» была разработана и принята для реализации на практике политики Евросоюза относительно соблюдения высоких стандартов качества питьевой воды. Помимо всестороннего контроля за составом питьевой воды в документе делается акцент на обеспечение защиты здоровья людей от воздействия вредных веществ в воде [2].

Социально-экономические условия, сложившиеся в Кыргызской Республике, предъявляют повышенные требования к организации деятельности государственной санитарно-эпидемиологической службы, определяют необходимость поиска возможных направлений повышения эффективности и результативности мероприятий по государственному надзору в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

В отношении нормативного правового акта в области обеспечения качества и безопасности питьевой воды следует отметить, что в 2011 г. принят Закон, в соответствии с Законом КР «Об основах технического регулирования в КР», который является Техническим регламентом и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования [3]. Данный технический регламент гармонизирован с Директивой Совета Европейского союза (98/83/ЕС) «О качестве воды, предназначенной для употребления людьми» и ЕврАзЭС [4]. В странах Европы для исследования питьевой воды наиболее широко используют стандарты, регулирующие качество питьевой воды в соответствии с Директивой ЕС: ISO 19458 «Качество воды – отбор проб для микробиологических анализов» [5]. В соответствии с требованиями Директивы ЕС для анализа проб питьевой воды следует применять метод мембранных фильтров.

Проблема выбора надежных методов оценки качества питьевой воды является одной из актуальных в системе предупредительного санитарно-эпидемиологического надзора. В нормативной базе заложены основы для обеспечения эффективного контроля качества воды, при наличии современных методов контроля и материально-технического обеспечения [6].

Выбор метода, прежде всего, зависит от качества исследуемой воды. При исследовании чистой, хорошо фильтрующейся воды удобнее пользоваться методом мембранных фильтров. При исследовании воды, содержащей коллоидные вещества и посторонние примеси, затрудняющие процесс фильтрования, используют бродильный метод.

В связи с этим следует отметить, что анализ ситуации в части оценки материально-технической базы санитарно-бактериологических лабораторий центров профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора МЗ КР для исследования качества питьевой воды методом мембранной фильтрации не проводился.

Настоящее исследование выполнено в рамках темы НИР «Совершенствование системы информационного мониторинга за безопасностью питьевой воды и продуктов питания» (госрегистрации № 0005491, Департамента науки МОН КР).

Цель работы: проведение анализа ситуации в отношении применения метода мембранной фильтрации для оценки качества питьевой воды в санитарно-бактериологических лабораториях центров профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора Министерства здравоохранения Кыргызской Республики.

Материалы и методы исследования

В Кыргызской Республике в инструкции по санитарно-микробиологическому и санитарно-паразитологическому анализу питьевой воды представлены методы санитарно-микробиологического контроля качества питьевой воды в отношении ее эпидемической безопасности по микробиологическим показателям [7]. В вышеуказанной инструкции метод мембранной фильтрации (ММФ) применяется для контроля качества питьевой воды в системах водоснабжения как нецентрализованных, так и централизованных.

Для изучения ситуации по использованию метода мембранной фильтрации (ММФ) для оценки качества питьевой воды была разработана анкета-опросник. Анкета состояла из следующих разделов: паспортной части (наименование организации, адрес, контактные данные); используемых методов для микробиологического анализа питьевой воды; перечня регламентирующих документов; состояния материально-технической базы (наличие оборудования, их состояния и др.); расходных материалов; питательных сред; тест-культур микроорганизмов; состава кадрового потенциала лабораторий; количества выполняемых анализов и исследований; экономического раздела (стоимость анализа проб/исследований). Анкетирование проведено в 2017 г.

Всего в анкетировании участвовало 50 лечебно-профилактических организаций: санитарно-бактериологических лабораторий (СБЛ), в том числе Департамента профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора (ДПЗ и ГСЭН) Министерства здравоохранения (МЗ) Кыргызской Республики (КР), а также областные и районные ЦПЗГСЭН и Бишкекский ЦГСЭН.

Ввод, обработка и анализ данных опросника были произведены при помощи пакета Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анкетирования о применяемых методах исследования (ММФ и бродильный) для микробиологического анализа питьевой воды в санитарно-бактериологических лабораториях в разрезе областей Кыргызской Республики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Методы исследования, применяемые для микробиологического анализа питьевой воды в санитарно-бактериологической лаборатории в разрезе областей Кыргызской Республики

Наименование областей	Лаборатории, использующие методы для исследования питьевой воды	
	Титрационный метод, всего (%)	ММФ, всего (%)
Чуйская область	9 (100%)	0 (0%)
Иссык-Кульская область	7 (100%)	3 (43%)
Нарынская область	5 (100%)	4 (80%)
Таласская область	4 (100%)	1 (25%)
Ошская область	8 (100%)	2 (25%)
Джалал-Абадская область	11 (100%)	2 (18%)
Баткенская область	5 (100%)	0 (0%)
ДПЗ и ГСЭН	1 (100%)	1 (100%)
Всего, в целом по КР	50 (100%)	13 (26%)

Как видно из табл. 1, для оценки качества питьевой воды по микробиологическим показателям все 50 лабораторий используют титрационный метод, в том числе только 13 лабораторий (26%) применяют также другой метод мембранной фильтрации для исследования питьевой воды. При этом в Чуйской и Баткенской областях в СБЛ метод мембранной фильтрации вообще не используется. В Иссык-Кульской области из семи лабораторий только в трех районных центрах ПЗГСЭН (Тюпский, Ак-Суйский и Джеты-Огузский) районного уровня лабораториях, используют метод мембранной фильтрации, что составило 43% от общего числа лабораторий. В Нарынской области используется мембранный метод для оценки качества питьевой воды из пяти лабораторий в четырех СБЛ (Кочкорский, Ат-Башинский, Ак-Талинский, Жумгальский РЦПЗГСЭН), что составило 80% от общего числа лабораторий области и в целом республики. В Таласской области из четырех имеющихся только одна СБЛ Бакай-Атинского района применяют данный метод – ММФ, что составляет 25% от общего числа СБЛ области. В Ошской области метод мембранной фильтрации используют в двух лабораториях из восьми (это СБЛ Ошского городского ЦПЗГСЭН и Кара-Кулджинского районного ЦПЗГСЭН), что составляет 25% от общего числа СБЛ данной области. В Джалал-Абадской области 2 лаборатории (18%) из 11 СБЛ (это СБЛ Базар-Коргонского ГЦПЗ и ГСЭН и Кара-Кульского РЦПЗиГСЭН) используют метод мембранной фильтрации. Кроме того, оборудование для применения метода мембранной фильтрации имеется также в СБЛ Департамента профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора Министерства здравоохранения Кыргызской Республики.

Оснащение санитарно-бактериологических лабораторий современным и эффективным оборудованием, расходными материалами, реактивами и другими составляющими является исключительно важным при обеспечении качества проводимых исследований.

В табл. 2 приведены сведения о характеристике приборов мембранной фильтрации и об их использовании СБЛ городскими, районными, областными центрами профилактики заболеваний.

Как показано в табл. 2, по всем СБЛ республики имеется в наличии 22 единицы оборудования для проведения исследований методом мембранной фильтрации, из которых в одной лаборатории (4%) оборудование находилось в неисправном состоянии. Большинство имеющихся приборов, мембранной фильтрации (18 ед. из 21 ед.) производства России, марки ПВФ 35 НБ и ПВФ47 Б, укомплектованные центробежным насосом Nocchi jetinox 45/43 M, с годом выпуска от 2005 г. до 2015 г. Для ММФ имеются также 2 прибора производства Франции (фирмы Milipore) и Италии.

Анализ данных показал, что семь лабораторий (в Чуйской области это ГСЭН г. Бишкек и ДПЗ и ГСЭН МЗ КР, в Иссык-Кульской области СБЛ ГЦПЗ и ГСЭН г. Каракол, Тонский СБЛ РЦПЗ и ГСЭН, в Нарынской области Ак-Талинский РЦПЗ и ГСЭН, в Таласской области Манасский, Таласский и Кара-Буринский РЦПЗ и ГСЭН) не применяли вышеуказанный метод при наличии соответствующего оборудования. Например, по полученным данным в Тонской СБЛ РЦПЗ и ГСЭН имеется два прибора вакуумного фильтрования российского производства ПВФ-35НБ в исправном состоянии, и оба не используются. Вместе с тем в Баткенской области ни одна СБЛ не имеет оборудования для мембранной фильтрации.

Таблица 2

Данные об оснащенности СБЛ приборами
для использования мембранной фильтрации воды

Наименование организации здравоохранения	Страна произв.	Модель	Год выпуска	Всего в наличии	Исправных ед. оборудования	Используется
ДПЗиГСЭН	Россия	ПВФ-47Б	2006	1	1	Да
ЦПЗиГСЭН г.Бишкек	Франция	Milipore	2015	1	1	Нет
Тюпский РЦПЗ Игсэн	Россия	ПВФ-35НБ	2014	1	1	Да
Каракольский ГЦПЗиГСЭН	Россия	ПВФ-47Б	2004	1	1	Нет
Ак-Суйский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2014	1	1	Да
Джеты-Огузский РЦПЗиГСЭН	Россия	ПВФ-47Б	2004	1	1	Да
Тонской РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2014	2	2	Нет
Нарынский РЦПЗ и ГСЭН	Италия	РВФ-47	2004	1	1	Да
Кочкорский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2006	2	1	Да
Ат-Башинский РЦПЗиГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2014	1	1	Да
Ак-Талинский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2014	1	1	Нет
Жумгальский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2014	1	1	Да
Бакай-Атинский РЦПЗиГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2006	1	1	Да
Манасский РЦПЗиГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2006	1	1	Нет
Таласский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-47Б	2005	1	1	Нет
Кара-Бууринский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2014	1	1	Нет
Ошский ГЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2013	1	1	Да
Кара-Кулджинский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2006	1	1	Да
Базар-Коргонский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2006	1	1	Да
КараКульский РЦПЗ и ГСЭН	Россия	ПВФ-35НБ	2006	1	1	Да
Итого по КР:				22 ед.	21 ед.	13 исп.

Таким образом, оценка применяемых методов микробиологического анализа питьевой воды в лабораториях ЦПЗ и ГСЭН КР указывает на то, что использование современного метода мембранной фильтрации в большинстве лабораторий ограничивается отсутствием соответствующего оборудования. В то же время семь санитарно-бактериологических лабораторий, имеющих соответствующее оборудование для анализа питьевой воды, не применяют ММФ, в связи с отсутствием расходных материалов (мембранных фильтров), либо из-за отсутствия подготовленных кадров.

Выводы

1. Для проведения микробиологического анализ питьевой воды в Кыргызской Республике практически все санитарно-бактериологические лаборатории используют в основном титрационный метод, в части применения современного метода мембранной фильтрации имеют возможность только 13 лабораторий, что составляет 26% от общего числа.

2. В отношении существующей материально-технической базы для проведения исследования качества питьевой воды методом мембранной фильтрации обеспеченность санитарно-бактериологических лабораторий центров профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора приборами для вакуумного фильтрования воды составляет всего 42% (21 СБЛ из 50), что не позволяет в настоящее время широко использовать данный метод.

3. В 7 (35%) санитарно-бактериологических лабораториях из 21, имеющих соответствующее оборудование для анализа питьевой воды, метод мембранной фильтрации не использовался в исследованиях из-за отсутствия расходных материалов (мембранных фильтров) и подготовленных кадров.

4. В санитарно-бактериологических лабораториях для улучшения мониторинга за качеством и бактериологической безопасностью питьевой воды необходимо укреплять кадровый потенциал и обеспечивать их соответствующим современным лабораторным оборудованием (в том числе фильтрационными установками для мембранной фильтрации) и их расходными материалами.

Список литературы

1. Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4 изд. [Guidelines for drinking-water quality 4th ed.]. Женева: Всемирная Организация Здравоохранения; 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0. IGO 14–16 p.

2. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption [Electronic

resource]. URL: http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/legislation_en.html (дата обращения: 13.04.2019).

3. Закон Кыргызской Республики. Технический регламент «О безопасности питьевой воды» принят Жогорку Кенешем КР 30 мая 2011 г. № 34 [Электронный ресурс]. URL: http://cbd.minjust.gov.kg/act/properties/ru-ru/203278/20 (дата обращения: 13.04.2019).

4. Еремин Г.Б., Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Чернякина Т.С. Особенности регулирования правоотношений в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия в странах содружества ЕврАзЭС // Гигиена и санитария. 2012. № 6. С. 14–15.

5. ISO 19458 International standard «Качество воды – отбор проб для микробиологических анализов», First edition 2006-08-01. 20 p.

6. Змеева Т.А., Малышев В.В., Сбойчаков В.Б. Совершенствование контроля качества воды с использованием мембранных технологий и специфических методов детекции. // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2017. № 1 (57). С. 142–146.

7. Инструкции по санитарно-микробиологическому и санитарно-паразитологическому анализу питьевой воды. Утверждено приказом Минздрава Кыргызской Республики № 154 от 29.03.2012. 41 с.

УДК 616.98-053.2:578.828(574)

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ У ДЕТЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Изтелеуова А.М., Бегайдарова Р.Х., Тимченко Н.А.

Медицинский университет Караганды, Караганда, e-mail: r.h.begaidarova@mail.ru

Эпидемическая ситуация по ВИЧ-инфекции как в мире, так и в Казахстане остается напряженной. По данным ВОЗ эта цифра перевалила уже за 36 млн. Казахстан занимает одно из лидирующих мест среди стран СНГ по регистрации ВИЧ-инфекции. И с сожалением констатируем тот факт, что заболеваемость среди детей также ежегодно растет. В данной работе описаны результаты изучения эпидемиологии ВИЧ-инфекции у детей в Республике Казахстан на современном этапе. Эпидемия характеризуется неравномерным распределением по территории Казахстана. Ежегодно регистрируются случаи ВИЧ-инфекции у детей, причем самая высокая заболеваемость отмечается в Южно-Казахстанской области, г. Алматы, Алматинской, Восточно-Казахстанской и Карагандинской областях. Наибольшее число заболевших детей отмечаются в категориях от 0 до 1 года и от 14 до 19 лет. Это объясняется несколькими причинами: возрастает число инфицированных женщин детородного возраста, высокая цена на контрацептивы в среде молодежи, отсутствие конфиденциальности при консультировании. Наименьшее число заболевших в Мангыстауской, Кызыл-Ординской, Актюбинской, Атырауской и Западно-Казахстанской областях, что, возможно, связано с территориальным расположением, а также в силу национальной ментальности людей, живущих в данных регионах.

Ключевые слова: эпидемиология, ВИЧ-инфекция, дети, распространенность, заболеваемость

EPIDEMIOLOGY OF HIV INFECTION IN CHILDREN IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Izteleuova A.M., Begaydarova R.Kh., Timchenko N.A.

Medical University of Karaganda, Department of Epidemiology and Infectious Diseases, Karaganda, e-mail: r.h.begaidarova@mail.ru

The epidemic situation of HIV infection in both the world and in Kazakhstan remains tense. According to WHO, this figure has already exceeded 36 million. Kazakhstan occupies one of the leading places among the Union of Independent States for the registration of HIV infection.And, with regret, we state the fact that the incidence among children is also growing every year. This paper describes the results of a study of the epidemiology of HIV infection in children in the Republic of Kazakhstan at the present stage. The epidemic is characterized by uneven distribution across the territory of Kazakhstan.Every year, cases of HIV infection in children are recorded, with the highest incidence occurring in the South Kazakhstan region, Almaty, Almaty, East Kazakhstan and Karaganda regions. The largest number of sick children are in categories from 0 to 1 year and from 14 to 19 years.This is due to several reasons: the number of infected women of childbearing age, the high price of contraceptives among young people, the lack of confidentiality in counseling is increasing.The smallest number of cases fell in Mangystau, Kyzyl-Orda, Aktobe, Atyrau and West Kazakhstan regions, which is probably related to the territorial location, as well as due to the national mentality of people living in these regions.

Keywords: epidemiology, HIV, children, prevalence, incidence

ВИЧ-инфекция и СПИД в настоящее время приобретают размеры пандемии и являются одной из ведущих причин смертности среди населения репродуктивного возраста. По данным ВОЗ, в 2017 г. взрослых и детей, живущих с ВИЧ – 36,9 млн. В 2013 г. – 35,3 млн, на 1,6 млн меньше. Из них дети до 14 лет составляют 1,8 млн. В отчете детского фонда ЮНИСЕФ 2018 г. резюмировали, что 3,0 млн детей и подростков живут с ВИЧ, 430000 детей и подростков заразились вирусом в 2017 г., 130000 детей и подростков умерло от причин, связанных со СПИДом [1–3].

На территории постсоветского пространства Казахстан занимает третье место по числу зараженных ВИЧ [4].

Первые случаи заражения ВИЧ у детей были зафиксированы в 1982 г. Это был 12-летний ребенок из Чили, которому было проведено пять переливаний крови после электрических ожогов, два из которых были от доноров с ВИЧ-инфекцией. В 1983 г. зафиксирован первый случай вертикальной передачи ВИЧ от матери к ее паре близнецов [5].

В Казахстане впервые о ВИЧ-инфекции у детей заговорили в 2006 г., когда в Южно-Казахстанской области в больнице произошло заражение 220 детей. На настоящий момент 55 ВИЧ-инфицированных детей перешли в стадию СПИД, 11 детей умерло, одного ребенка усыновили иностранные граждане, один ребенок находится в детском доме.

Цель исследования: провести оценку эпидемической ситуации и выявить особенности распространения ВИЧ-инфекции у детей в Казахстане за 5 лет (2012–2017 гг.) для определения масштабов процесса.

Материалы и методы исследования

Основным источником эпидемиологического анализа служили ежегодные официальные отчетные данные Республиканского центра по профилактике и борьбе со СПИДом. С целью оценки выявления особенностей развития эпидемии ВИЧ-инфекции среди детей, изучены показатели заболеваемости за 2012–2017 г., определены превалирующие пути передачи, возрастная структура. Проведен сравнительный анализ заболеваемости детей ВИЧ-инфекцией по регионам Казахстана, который позволяет выявить неблагополучные территории и определить географические масштабы развития эпидемии.

Результаты исследования и их обсуждение

Вовлечение в эпидемический процесс женщин детородного возраста приводит к неуклонному росту числа детей, рожденных ими [6]. В Казахстане за 12 месяцев 2017 г. родилось 406 живых детей от ВИЧ-инфицированных матерей, антенатальная гибель плода зарегистрирована в 7 случаях [7].

Рост заболеваемости среди детей связан с увеличением ВИЧ-инфицированных беременных женщин, желающих родить ребенка. Почти в 80% случаев женщины, имеющие долгосрочные и постоянные отношения, заражались ВИЧ-инфекцией от своих партнеров. По различным литературным данным, риск передачи ВИЧ-инфекции увеличивается во время вынашивания беременности в 10–15% случаев, при родах в 60–70%, 20–40% без проведения профилактических мероприятий [8, 9].

В 2014 г. Казахским Национальным медицинским университетом им. С.Д. Асфендиярова было проведено исследование по распространению ВИЧ-инфекции среди женщин детородного возраста за период 2006–2012 гг. В процессе работы были получены следующие данные: из 2916 беременностей, зарегистрированных у ВИЧ-инфицированных женщин, закончились родами 1675, абортами – 1089, беременность пролонгировалась и другие исходы – 152. Из 1659 родившихся детей, 1098 сняты с учета по окончанию срока наблюдения и при отрицательных лабораторных данных на ВИЧ. Диагноз выставлен 83 детям. Из всех детей, рожденных от ВИЧ-позитивных матерей, умерло 60 [9].

Среди стран Центральной Азии Казахстан занимает ведущую позицию по числу зарегистрированных случаев заражения ВИЧ. В настоящее время количество зараженных около двадцати тысяч, из них 70 процентов составляет трудоспособное население в возрасте 20–39 лет. На конец 2017 г. в Казахстане зарегистрировано 17958 случаев ВИЧ-инфекции. Показатель распространенности на 100 тысяч населения составил 117,7. Регион с самым высоким уровнем заболеваемости – Северо-Казахстанская область, с показателем 49,2 на 100 тысяч населения (РК – 16,2). Регионы с заболеваемостью выше республиканского показателя: Восточно-Казахстанская область – 22,1; Карагандинская область – 26,6; Павлодарская – 26,8; город Астана – 26,1 и Алматы – 28,2. На парентеральный путь передачи ВИЧ при употреблении внутривенных наркотиков приходится 54%, на половой – 41%. Уровень передачи ВИЧ от матери ребенку снизился в 4 раза (с 7,4% до 1,9%) [10, 11].

По доступным нам источникам, исследования по заболеваемости и смертности ВИЧ-экспонированных детей представлены последний раз в 2014 г. [12]. Исследований за последние 5 лет на территории Казахстана по данной проблеме не проводилось.

Доминирующий путь передачи ВИЧ-инфекции в Казахстане в настоящее время – гетеросексуальный контакт (62%) и парентеральный при употреблении инъекционных наркотиков (29,2%). Рост числа людей, зараженных половым путем, говорит о выходе ВИЧ-инфекции из среды наркопотребителей в общую популяцию. Но не теряют своей актуальности и другие пути передачи ВИЧ, такие как вертикальный (1,1%) и гомосексуальный (4,7%). В 3% случаев путь не определен. Структура распределения ВИЧ-инфекции по путям передачи представлена на рис. 1 [7].

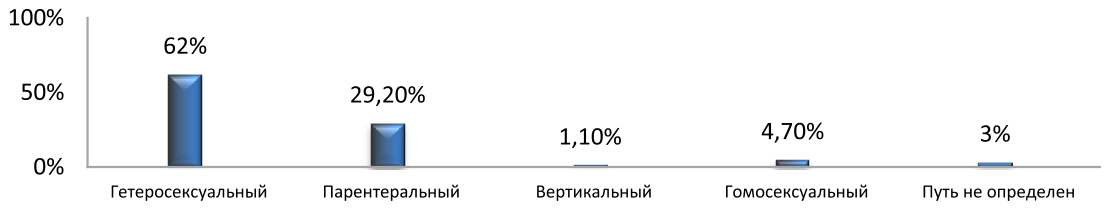


Рис. 1. Пути передачи ВИЧ-инфекции в Казахстане

Таблица 1

Распределение ВИЧ-инфекции по возрастам в Казахстане

Группы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Всего
0–1	21 (31,8%)	21 (31,3%)	11 (17,7%)	10 (18,5%)	17 (23,6%)	23 (30,6%)	103
2–5	7 (10,6%)	7 (10,4%)	8 (12,9%)	11 (20,3%)	5 (6,9%)	7 (9,3%)	45
6–10	1 (1,5%)	7 (10,4%)	7 (11,2%)	5 (9,2%)	2 (2,7%)	3 (4%)	25
11–14	1 (1,5%)	2 (2,9%)	4 (6,4%)	3 (5,5%)	9 (12,5%)	6 (8%)	25
15–19	36 (54,5%)	30 (44,7%)	32 (51,6%)	29 (53,7%)	39 (54,1%)	36 (48%)	202
Итого	66	67	62	54	72	75	

По данным Республиканского центра по борьбе со СПИДом, в Казахстане число зарегистрированных случаев ВИЧ-инфекции среди детей от 0 до 19 лет с 2012 по 2017 г. отмечается рост заболеваемости. В 2012 г. зарегистрировано 66 детей, в 2013 – 67, в 2014 – 62, в 2015 – 54, в 2016 – 72, в 2017 – 75 детей.

Причем увеличение количества инфицированных детей отмечается в группах от 0–1 и с 15–19 лет (табл. 1).

Наиболее показательно это видно на рис. 2.

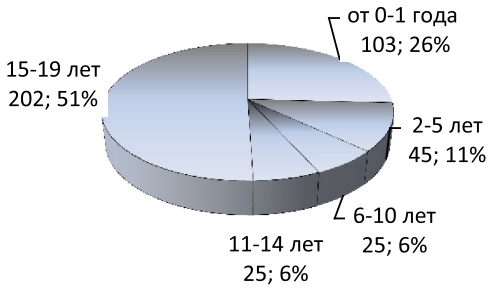


Рис. 2. Заболеваемость детей ВИЧ по возрастам за 2012–2017 гг.

Как видно по рисунку, инфицирование детей происходит во всех возрастных группах, что свидетельствует о том, что ВИЧ-инфекция вышла за рамки групп риска и в настоящее время ею могут заразиться дети разного возраста.

Ежегодно отмечается увеличение количества ВИЧ-инфицированных женщин детородного возраста, и о своем ВИЧ-положительном статусе они порой узнают только во время беременности. Заболеваемость ВИЧ-инфекцией на 1000 беременных женщин по итогам 2017 г. составила 1,8, что демонстрирует увеличение количества ВИЧ-инфицированных беременных женщин в 1,4 раза. Казахстанская Ассоциация по сексуальному и репродуктивному здоровью в 2011 г. провела исследований по изучению отношения к планированию семьи. Ими были выяснены следующие факты: ключевой проблемой ограниченного доступа к контрацептивам является их высокая стоимость. Наряду с высокой ценой на контрацептивы в среде молодежи, так же отмечается отсутствие конфиденциальности при консультировании в выборе метода контрацепции, что также является одним из барьеров. В Казахстане, по данным анализа доступности противозачаточных средств, проведенного международным экспертом ЮНФПА в 2014 г., были обнаружены для доступа большинства населения страны значительные препятствия к средствам контрацепции [13].

Если провести анализ по заболеваемости детей ВИЧ по областям Республики Казахстан за период 2012–2017 гг., то лидирующие позиции занимает Южно-Казахстанская область, г. Алматы, Алматинская, Восточно-Казахстанская и Карагандинская области (рис. 3).

Наименьшее число заболевших детей в Мангыстауской, Кызыл-Ординской, Актюбинской, Атырауской и Западно-Казахстанской областях.

Возможно, что это связано с территориальным расположением, а также в силу национальной ментальности людей, живущих в данных регионах.

Выводы

Характерными особенностями эпидемии ВИЧ-инфекции среди детей в Казахстане являются: наибольшая распространенность заболевания в крупных городах и областях, таких как Южно-Казахстанская область, г. Алматы, Алматинская, Восточно-Казахстанская и Карагандинская области. В группу риска попадают две категории детей: от 0 до 1 года и от 15 до 19 лет. Перинатальный путь передачи снизился в 4 раза.

Рис. 3. Распространение ВИЧ-инфекции по регионам среди детей

Динамика развития ВИЧ-инфекции в Казахстане свидетельствует о необходимости дальнейшей активизации противоэпидемической и профилактической деятельности. Необходимо улучшить качество консультирования подростков, дотестовое консультирование беременных, с целью повышения уровня информированности об ВИЧ-инфекции, приверженности диспансерному наблюдению и лечению. Залогом успеха является достаточная информированность ВИЧ-инфицированных женщин в вопросах определения своего ВИЧ-статуса и мер эффективной профилактики вертикальной передачи инфекции будущему ребенку. Она заключается не только в оказании помощи по планированию семьи и повышении доступности контрацепции, но и в приеме антиретровирусной терапии во время беременности. Необходимо повышать грамотность врачей всех специальностей по современным аспектам ВИЧ/СПИДа с формированием компетенций по консультированию пациентов.

Таким образом, эпидемиологическая ситуация в Казахстане по ВИЧ-инфекции среди детей является достаточно напряженной и требует активации санитарно-просветительной работы по профилактике данного заболевания среди подростков и женщин репродуктивного возраста.

Список литературы

1. Children, HIV and AIDS: The world today and in 2030. UNICEF for every child. [Electronic resource]. URL: https://data.unicef.org/resources/children-hiv-and-aids-2030/ (date of access: 15.04.2019).

2. Estimates of global, regional, and national incidence, prevalence, and mortality of HIV, 1980–2015: the Global Burden of Disease Study 2015. Lancet HIV 2016. 3.e361-387. [Electronic resource]. URL: www.thelancet.com. DOI: 10.1016/S2352-3018(16)30087-X.

3. UNAIDS 2018, reference. Joint United Nations Programme on HIV/AIDS. [Electronic resource]. URL: https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/unaids-data-2018_en.pdf (date of access: 15.04.2019).

4. Официальная статистика по ВИЧ в России (обновляемая, аналитика, графики). [Electronic resource]. URL: https://spid-vich-zppp.ru/statistika/epidemiya-vich-spida-v-rossii-2017.html (date of access: 15.04.2019).

5. Elba Wu., M. Isabel Galaz, Carmen Larrañaga, Ana Chávez, Marcela González, Ana M. Álvarez, Anamaría Peña, Julia Villarroely Eloísa Vizueta Infección por VIH/SIDA enniñosyado lescentes: cohort chilena 1987-2014. Rev Chilena Infectol. 2016. 33 (Supl 1). P. 11–19.

6. Петрова А.Г. Клинико-иммунологические аспекты перинатальной ВИЧ-инфекции у детей – оптимизация диагностики, лечения и реабилитации: дис. ... докт. мед. наук. Красноярск, 2008.

7. Отчет о деятельности службы СПИД за 2017 год в Казахстане. [Электронный ресурс]. URL: http://www.rcaids.kz/ru (дата обращения: 15.04.2019).

8. Новикова О.Н., Швец Е.М. Факторы риска и особенности течения беременности, родов и состояния новорожденного у ВИЧ-инфицированных женщин // Мать и дитя в Кузбассе. 2017. № 3 (70). С. 16–20.

9. Трумова Ж.З. Ситуация по беременным и детям, рожденным от ВИЧ-инфицированных матерей в Казахстане // Вестник КазНМУ. 2014. № 1. С. 36–38.

10. Байсеркин Б.С. «ВИЧ – вчера, сегодня, завтра…». Реализация национальных мер по противодействию эпидемии ВИЧ-инфекции в Республике Казахстан. Отчет о деятельности службы СПИД за 2017 год. Алматы, 2017. 68 с.

11. Ирсимбетова Н.А., Тайжанова М.А., Абдешева Ж.К. Эпидемиологическая ситуация и анализ выявленных случаев ВИЧ-инфекции за 12 месяцев 2017 года по Южно-Казахстанской области // Актуальные вопросы ВИЧ-инфекции: международная научно-практическая конференция (г. Санкт-Петербург, 14–15 мая 2018 г.). СПб., 2018. С. 68–70.

12. Трумова Ж.З. ВИЧ-инфекция в амбулаторно-поликлинической практике: учеб. пособие. Алматы, 2015. С. 121–122.

13. Национальный доклад о достигнутом прогрессе в осуществлении глобальных мер в ответ на СПИД Отчетный период: 2017 год. Республика Казахстан Министерство здравоохранения Республики Казахстан РГП на ПХВ «Республиканский центр по профилактике и борьбе со СПИД». 19 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.unaids.org/sites/default/files/country/documents/KAZ_2018_countryreport.pdf (дата обращения: 15.04.2019).

УДК 615.072:615.12

РАЗРАБОТКА СТАНДАРТНОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ ПРОЦЕДУРЫ «АНАЛИЗ ВОДЫ ДЛЯ ИНЪЕКЦИЙ» В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АПТЕК

Савченко И.А., Корнеева И.Н., Лукша Е.А., Подгурская В.В.

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Омск, e-mail: irina0458@yandex.ru

В статье представлен алгоритм создания стандартной операционной процедуры (СОП) по контролю качества воды для инъекций в условиях производственных аптек. Актуальность разработки СОПов определена внедрением международных отраслевых стандартов в фармацевтической отрасли. Разработанные стандарты должны содержать четкое, детальное, последовательное изложение конкретных действий, которые необходимо выполнить, чтобы достичь ожидаемого результата. Необходима разработка также шаблонов стандартных операционных процедур, на основе которых аптечные организации смогут создать собственные СОПы, учитывая особенности конкретной аптеки. С целью обеспечения единообразия системы документации аптечной организации предложена общая структура стандартной операционной процедуры по контролю качества воды для инъекций в условиях аптечных организаций, осуществляющих производство и контроль качества лекарственных препаратов. Приведены основные этапы СОП в соответствии с действующей нормативной документацией, регламентирующей контроль качества воды для инъекций в условиях производственных аптек, подробно описаны методики проведения испытаний, даны рекомендации по оформлению документа, разработана рабочая инструкция. Представленная стандартная операционная процедура может быть использована производственными аптеками как инструкция по контролю качества воды для инъекций, а также как шаблон для разработки собственных СОПов.

Ключевые слова: стандартная операционная процедура, вода для инъекций, фармакопейная статья, внутриаптечный контроль, производственная аптека

DEVELOPMENT OF A STANDARD OPERATIONAL PROCEDURE «ANALYSIS OF WATER FOR INJECTION» IN THE CONDITIONS OF PRODUCTION PHARMACIES

Savchenko I.A., Korneeva I.N., Luksha E.A., Podgurskaya V.V.

Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: irina0458@yandex.ru

The article presents the algorithm for creating a standard operating procedure (SOP) for monitoring the quality of water for injection in the conditions of production pharmacies. The relevance of developing SOPs is determined by the introduction of international industry standards in the pharmaceutical field. The developed standards should contain a clear, detailed, consistent presentation of specific actions that must be performed in order to achieve the expected result. It is also necessary to develop templates of standard operating procedures, on the basis of which pharmacy organizations will be able to create their own SOPs, taking into account the specifics of a particular pharmacy. In order to ensure the uniformity of the documentation system of the pharmacy organization, we proposed the general structure of the standard operating procedure for the quality of water for injection under the conditions of pharmacy organizations involved in the production and quality control of medicines. The main stages of the SOP are presented in accordance with the current regulatory documentation governing the quality control of water for injection under the conditions of industrial pharmacies, test procedures are described in detail, recommendations are given on the design of the document, and a working instruction has been developed. The presented standard operating procedure can be used by production pharmacies as instructions for controlling the quality of water for injection, as well as a template for developing your own SOPs.

Keywords: standard operating procedure, water for injection, pharmacopoeial monograph, intrahepatic control, production pharmacy

Одним из приоритетных направлений государственной политики в Российской Федерации являются вопросы совершенствования лекарственного обеспечения населения. В рамках выполнения поставленной государством задачи принят ряд документов, направленных на обеспечение населения качественными, эффективными и безопасными лекарственными препаратами. Одним из таких документов являются «Правила надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза», (GMP – Good Manufacturing Practice), утвержденные решением Совета Евразийской Экономической Комиссии от 3 ноября 2016 г. № 77 и введенными в действие на территории РФ с 6 мая 2017 г. Правила GMP устанавливают требования к промышленному производству различных лекарственных форм. Другим документом, направленным на совершенствование лекарственной помощи населению, является Приказ МЗ РФ № 647н от 31.08.2016 г. «Об утверждении Правил надлежащей аптечной практики лекарственных препаратов для медицинского применения», определяющий переход аптек на стандарты GPP (Good Pharmacy Practice) [1, 2].

Правила надлежащих практик основаны не на функциональном, а на процессном подходе. В соответствии с этой концепцией, вся деятельность аптечных организаций рассматривается как набор процессов. Все процессы, происходящие как на промышленных предприятиях, так и в аптеках, должны быть подробно описаны в документах.

Одним из типов регламентирующих документов, требуемых надлежащей производственной и аптечной практиками, являются стандартные операционные процедуры (СОПы) – внутренние нормативные акты, содержащие требования к выполнению определенных операций. СОП можно рассматривать как инструкцию по проведению определенного процесса, в которой подробно представлены полномочия и ответственность каждого сотрудника, стандартизована каждая манипуляция, учтены все риски и меры предосторожности. В то же время стандартные операционные процедуры должны быть написаны в форме, предполагающей обязательность их выполнения.

Принятые в настоящее время Правила GPP не оправдывают в полной мере ожидания фармацевтических работников, занятых экстемпоральным изготовлением лекарственных препаратов в условиях аптек, так как содержат требования главным образом к аптечному ритейлу, практически не затрагивая внутриаптечную производственную деятельность. Требования к качеству лекарственных средств, изготовленных в аптеке, установлены соответствующими нормативными правовыми и методическими документами [3]. Провизор-аналитик в аптеке, выполняя контроль качества изготовленных лекарственных средств (ЛС), должен руководствоваться одновременно целым рядом нормативно-правовых документов, а методики проведения испытаний разрабатывать самостоятельно, руководствуясь действующей Государственной фармакопеей. Все это в значительной степени определяет необходимость создания СОП, являющейся четкой и подробной пошаговой инструкцией, отражающей все виды деятельности сотрудника аптеки, занятого контролем качества изготовленных ЛС.

В производственных аптеках контролю качества воды для инъекций уделяют особое внимание, так как она является основным растворителем при изготовлении большинства парентеральных лекарственных форм. В Государственной фармакопее XIV представлено три фармакопейных статьи, регламентирующих качество различных видов воды для фармацевтических целей. Впервые введена статья на воду для гемодиализа. Фармакопейные статьи, регламентирующие контроль качества различных видов воды, отличаются показателями чистоты. Так, вода для инъекций должна быть апирогенной, а также выдерживать все требования, предъявляемые к воде очищенной.

Цель работы: разработка стандартной операционной процедуры «Анализ воды для инъекций» в условиях производственных аптек.

Материалы и методы исследования

Стандартная операционная процедура «Анализ воды для инъекций» разработана на основе требований фармакопейной статьи ГФ РФ XIV издания 2.2.0019.18 «Вода для инъекций» и в соответствии с действующей нормативно-правовой документацией, регламентирующей деятельность аптек.

Результаты исследования и их обсуждение

Основные разделы стандартной операционной процедуры по контролю качества воды для инъекций можно представить в виде рисунка.

Раздел 1. Общие положения

В первом разделе СОП необходимо указать общие положения документа: цель, область применения, ответственность сторон, дату введения и актуализации. Титульный лист может быть оформлен в виде таблицы. Необходимо дать расшифровку всем сокращениям, используемые в документе.

Цель стандартной операционной процедуры «Анализ воды для инъекций» определена как стандартизация контроля качества воды для инъекций в условиях производственной аптеки. Применять документ обязаны сотрудники аптеки, занятые внутриаптечным контролем качества. На них же возлагается ответственность по соблюдению всех требований этого документа.

Заключительным этапом первого раздела являются подготовительные мероприятия, которые можно разделить на несколько подразделов. Иерархия подразделов определяется тем, что согласно Правилам, утвержденным приказом МЗ РФ № 751н от 26.10.2015, разделу VII, п.130 вода для инъекций ежедневно проверяется на отсутствие хлоридов, сульфатов, солей кальция, солей аммония, восстанавливающих веществ, углерода диоксида в соответствии с требованиями действующей Государственной фармакопеи XIV издания и ФС.2.2.0019.18 «Вода для инъекций» [3].

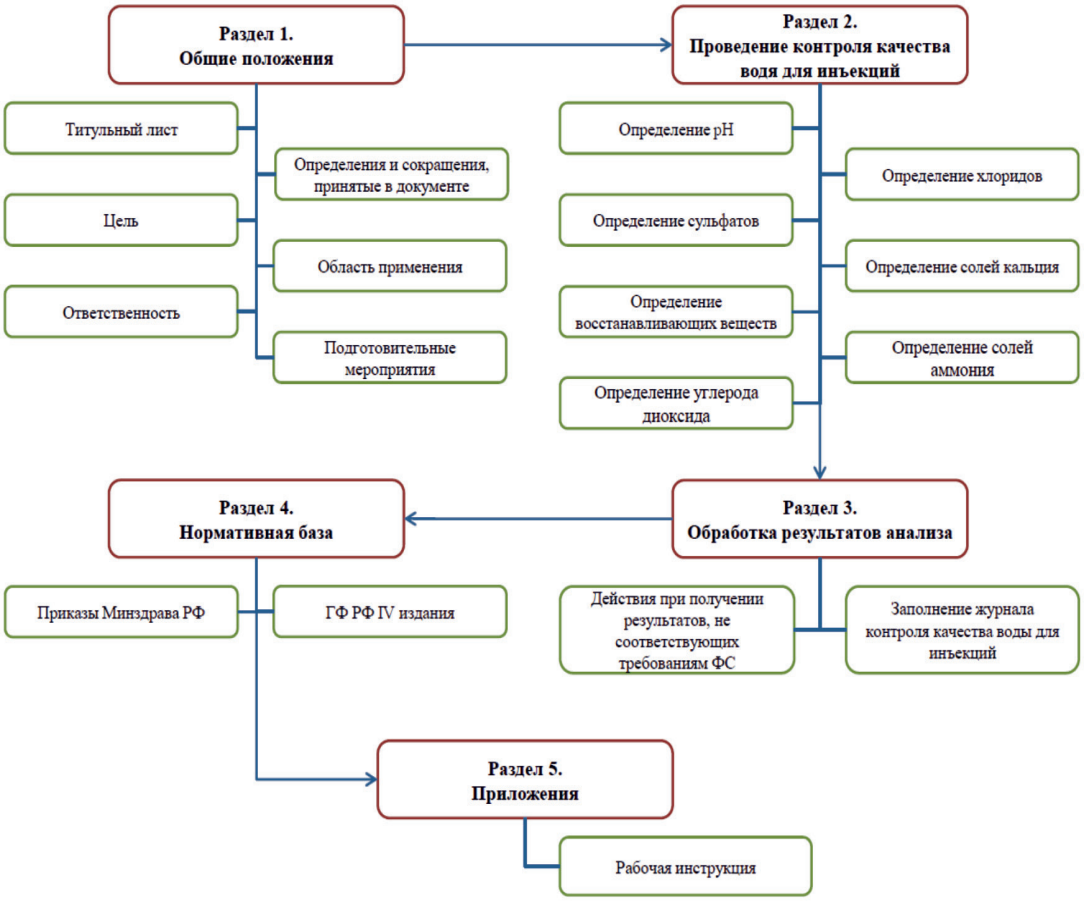
В связи с чем необходимо составить список необходимых реактивов, посуды, приборов, необходимых для контроля качества

этих показателей. При выполнении контроля качества воды для инъекций в производственных аптеках необходимо провести подготовку приборов и оборудования: для определения pH используют иономеры или pH-метры, требования к которым указаны в ГФ XIV [4].

Перечень реактивов, используемых для контроля качества воды для инъекций, а также их количество соответствует перечню реактивов, используемых при анализе воды очищенной в условиях производственных аптек, так как большинство показателей качества совпадают [5].

Перечень лабораторной посуды, используемой при анализе воды для инъекций также аналогичен наименованиям и количеству посуды, необходимой для контроля качества воды очищенной. Но так как в аптеках, кроме хлоридов, сульфатов, солей кальция, контролируют и другие примеси, указанные в нормативной документации, то необходимо список посуды дополнить необходимыми для анализа цилиндрами, бюретками и термостойкими колбами.

Отбор проб воды для инъекций осуществляют согласно требованиям действующей фармакопеи [6, 7]: 200 мл воды для инъекций, необходимой для анализа одной пробы, ежедневно из каждого баллона отбирает сотрудник аптеки, ответственный за контроль качества изготовленных лекарственных форм. Ежеквартально вода для инъекций должна направляться в аккредитованную в установленном порядке испытательную лабораторию (центр) для полного анализа в соответствии с требованиями Государственной фармакопеи и иных, утвержденных в установленном порядке нормативных правовых актов. Отбор проб и их предоставление на анализ в сторонние лаборатории, а также получение результатов анализа осуществляет провизор-аналитик.



Основные разделы стандартной операционной процедуры «Анализ воды для инъекций» в условиях производственных аптек

Раздел 2. Контроль качества воды для инъекций

В данном разделе должен быть пошагово описан порядок выполнения методики. Необходимо учитывать возможность применения данного документа для обучения новых сотрудников, поэтому вся информация этого раздела должна быть описана четко, детально и полно, по возможности исключая необходимость к обращению к дополнительным источникам информации.

Методика определения pH в воде для инъекций

Определение проводят потенциометрически в соответствии с требованиями ОФС.1.2.1.0004.15 «Ионометрия». Подготовку приборов к работе и проведение измерений выполняют так же, как и для воды очищенной [8].

Методика проведения испытания на недопустимые примеси в воде для инъекций [8]

Хлориды, сульфаты и соли кальция – это недопустимые примеси. Процедура обнаружения недопустимых примесей ионов представлена в ОФС ГФ РФ XIV «Испытания на чистоту и допустимые пределы примесей» в пункте 6 раздела «Общие замечания». Однако целесообразно в СОП прописать пошаговые действия провизора-аналитика для осуществления данной манипуляции. Этот раздел СОП можно представить в виде табл. 1.

Восстанавливающие вещества и углерода диоксид – недопустимые специфические примеси, их обнаружение проводят по методикам, приведенным в ФС.2.2.0019.18 «Вода для инъекций». В качестве шаблона СОП для этого раздела можно использовать табл. 2.

Методика проведения испытания на допустимые примеси в воде для инъекций

Соли аммония – допустимая примесь в воде для инъекций. Определение этой примеси проводят, используя стандартный раствор аммония (1 ppm аммоний-иона), и руководствуясь методикой ФС.2.2.0019.18 «Вода для инъекций». Целесообразно этот раздел СОП также представить в виде табл. 3.

Раздел 3. Обработка результатов анализа воды для инъекций

Согласно требованиям приказа МЗ РФ № 751н от 26.10.2015 г. в производственных аптеках ведется журнал регистрации результатов контроля качества воды очищенной, воды для инъекций. По результатам проведенных испытаний воды для инъекций провизор-аналитик заполняет этот журнал.

Таблица 1

Определение недопустимых примесей в воде для инъекций, определяемых по унифицированным методикам

Методика определения	Химизм реакции	Заключение по содержанию примеси
Хлориды (Cl^-), Сульфаты (SO_4^{2-}), Кальций (Ca^{2+})		

Примечание. Методики определения, уравнения химических реакций, а также заключения по содержанию примесей хлоридов, сульфатов и солей кальция представлены в работе [8].

Таблица 2

Определение недопустимых специфических примесей в воде для инъекций

Методика определения	Химизм реакции	Заключение по содержанию примеси
Восстанавливающие вещества		
100 мл воды для инъекций доводят до кипения, прибавляют 0,1 мл 0,02 М раствора калия перманганата и 2 мл серной кислоты разведенной 16%, кипятят в течение 10 мин; розовое окрашивание должно сохраниться	$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightarrow Mn^{2++} 4H_2O$	вода для инъекций соответствует/ не соответствует требованиям по содержанию восстанавливающих веществ
Углерода диоксид		
При взбалтывании воды для инъекций с равным объемом раствора кальция гидроксида (известковой воды) в наполненном доверху и хорошо закрытом сосуде не должно быть помутнения в течение 1 ч	$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$	вода для инъекций соответствует/ не соответствует требованиям по содержанию углерода диоксида [9]

Таблица 3

Определение допустимой примеси аммония в воде для инъекций

Методика определения	Химизм реакции	Заключение по содержанию примеси
Аммоний (NH_4^+) Не более 0,00002% (0,2 ppm)		
20 мл испытуемой воды для инъекций помещают в пробирку, прибавляют 1,0 мл щелочного раствора калия тетрайодмеркурата. Через 5 мин просматривают вдоль вертикальной оси пробирок вниз, окраска раствора по интенсивности не должна превышать окраску стандартного раствора, приготовленного одновременно таким же образом путем прибавления 1,0 мл щелочного раствора калия тетрайодмеркурата к смеси 4 мл стандартного раствора аммония (1 ppm аммоний-иона) и 16 мл воды, свободной от аммиака	$NH_4^+ + 2K_2[HgI_4] + 2KOH =$ $= [NH_2Hg_2I_2]I\downarrow + 5KI + K^+ + 2H_2O$	вода для инъекций соответствует/не соответствует требованиям по содержанию аммония

Примечание. Методика приготовления стандартного раствора аммония (1 ppm аммоний-иона) представлена в Государственной фармакопее.

Таблица 4

Рабочая инструкция по контролю качества воды для инъекций

Определяемый показатель	Методика проведения испытания	Нормативные требования
Восстанавливающие вещества	В термостойкую колбу помещают 100 мл воды для инъекций, доводят до кипения + 0,1 мл 0,02 М раствора калия перманганата и 2 мл серной кислоты разведенной 16%, кипятят в течение 10 мин	Розовое окрашивание должно сохраниться
Углерода диоксид	50 мл воды для инъекций + 50 мл раствора кальция гидроксида (известковой воды) в наполненном доверху и хорошо закрытом сосуде взбалтывают	Не должно быть помутнения в течение 1 ч
Аммоний	Берут две пробирки. В одну из них 20 мл испытуемой воды для инъекций + 1,0 мл щелочного раствора калия тетрайодмеркурата. В другую пробирку 4 мл стандартного раствора аммония + 16 мл воды, свободной от аммиака, + 1,0 мл щелочного раствора калия тетрайодмеркурата. Через 5 минут просматривают вдоль вертикальной оси пробирок вниз	Окраска испытуемого раствора по интенсивности не должна превышать окраску стандартного раствора
Заключение	Заполняют журнал регистрации результатов контроля воды для инъекций	Удовлетворяет/ не удовлетворяет

Примечание. Методики проведения испытаний, нормативные требования для показателей pH, хлориды, сульфаты и соли кальция аналогичны выполняемым испытаниям при контроле качества воды очищенной.

Раздел 4. Нормативная база, используемая при создании СОП

Основными нормативно-правовыми документами, используемыми при контроле качества воды для инъекций в производственных аптеках, являются ГФ РФ XIV и приказы МЗ РФ, регламентирующие контроль качества лекарственных препаратов.

Раздел 5. Приложения к стандартной операционной процедуре «Анализ воды очищенной»

Приложения могут содержать краткие инструкции, находящиеся на рабочем месте (табл. 4), а также приказы, таблицы и другую справочную информацию, необходимую для осуществления контроля качества воды для инъекций.

Заключение

Разработан алгоритм составления СОП для контроля качества воды для инъекций в условиях производственных аптек. Описаны разделы СОП, включая подготовку приборов, реактивов, рассмотрены методики проведения анализа. Представлен дизайн рабочей инструкции по контролю качества воды для инъекций.

Предложенный формат стандартной операционной процедуры для контроля качества воды для инъекций может быть использован аптеками, занятыми изготовлением и контролем качества лекарственных форм, как шаблон при разработке собственных СОПов.

Список литературы

1. Стрелков С.В., Подушкин В.Ю., Котова Н.И. Формирование внутренней нормативной документации аптечной организации согласно основным принципам системы менеджмента качества // Успехи современной науки. 2017. Т. 5. № 1. С. 112–116.

2. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 31.08.2016 № 647н «Об утверждении Правил надлежащей аптечной практики лекарственных препаратов для медицинского применения» [Электронный ресурс]. URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71482810/ (дата обращения: 20.05.2019).

3. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 26.10.2015 г. № 751н «Об утверждении правил изготовления и отпуска лекарственных препаратов для медицинского применения аптечными организациями, индивидуальными предпринимателями, имеющими лицензию на фармацевтическую деятельность» [Электронный ресурс]. URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71285104/ (дата обращения: 20.05.2019).

4. Государственная фармакопея РФ XIV издания. ОФС.1.2.1.0004.15 «Ионометрия». М., 2018. Т. 1. [Электронный ресурс]. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_1/HTML/1/index.html (дата обращения: 20.05.2019).

5. Государственная фармакопея РФ XIV издания. ОФС.1.2.2.2.15 «Испытания на чистоту и допустимые пределы примесей». М., 2018. Т. 1. [Электронный ресурс]. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_1/HTML/1/index.html (дата обращения: 20.05.2019).

6. Государственная Фармакопея РФ XIV издания. ОФС.1.1.0004.15 «Отбор проб». М., 2018. Т. 1. [Электронный ресурс]. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_1/HTML/1/index.html (дата обращения: 20.05.2019).

7. Государственная фармакопея РФ XIV издания. ФС.2.2.0019.18 «Вода для инъекций». М., 2018. Т. 3. [Электронный ресурс]. URL: http://resource.rucml.ru/feml/pharmacopia/14_1/HTML/1/index.html (дата обращения: 20.05.2019).

8. Савченко И.А., Корнеева И.Н., Лукша Е.А., Подгурская В.В. Разработка стандартной операционной процедуры «Анализ воды очищенной в условиях аптечных организаций, осуществляющих изготовление лекарственных препаратов» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 11–2. С. 305–309.

9. Пятигорская Н.В., Самылина И.А., Сапожникова Э.А., Митькина Л.И., Лавренчук Р.А., Багирова В.Л. Вода для инъекций // Фармация. 2010. № 5. С. 3–7.

УДК 616.36-004-036.22(575.2)

ЦИРРОЗ ПЕЧЕНИ И ЕГО РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

[1]Ташполотова А.Ш., [2]Суранбаева Г.С., [3]Мурзакулова А.Б.

[1]Жалал-Абадская областная объединенная клиническая больница, Жалал-Абад, e-mail:gul1967@inbox.ru;

[2]Научно-производственное объединение «Профилактическая медицина» МЗ КР, Республиканский научно-практический центр по контролю вирусных инфекций, Бишкек;

[3] Ошская областная объединенная клиническая больница, Ош

В работе приведены данные анализа показателей заболеваемости и смертности от цирроза печени в Кыргызской Республике и ее регионах. Исследование основывалось на материалах официальной статистической отчетности Департамента профилактики заболеваний и Госсанэпиднадзора МЗ КР и на основании статистических данных центра электронного здравоохранения МЗ КР за период 2008–2017 гг. Анализируя полученные данные о распространенности цирроза печени в республике и ее регионах, можно отметить следующее: в целом по КР показатель за 10-летний период увеличился с 30,6 0/0000 (2008 г.) до с 37,6 0/0000 (2017 г.). Наибольшие изменения показателей наблюдались на юге республики, в Жалал-Абадской области, в 1,9 раз. Большую тревогу вызывает высокий показатель смертности среди трудоспособного населения. Установлена сильная связь между смертностью от цирроза печени и возрастом (r = 0,72). То есть чем старше больной, тем больше вероятность его смерти от цирроза печени. Отмечается также рост числа случаев инвалидности по республике в целом в 1,2 раза и в регионах, в 1,2–1,4 раза. Высокие значения показателей цирроза печени в республике и распространенности заболевания указывают на необходимость этиологической расшифровки в целях уточнения диагноза и проведения своевременных лечебно-профилактических мероприятий.

Ключевые слова: цирроз печени, вирусный гепатит, распространенность, заболеваемость, смертность, инвалидность

CIRRHOSIS OF THE LIVER AND ITS PREVALENCE IN THE KYRGYZ REPUBLIC

[1]Tashpolotova A.Sh., [2]Suranbaeva G.S., [3]Murzakulova A.B.

[1]Jalal-Abad Regional Amalgamated Clinical Hospital, Jalal-Abad, e-mail: gul1967@inbox.ru;

[2]Scientific and Production Centre for Preventive Medicine, Bishkek;

[3]Osh Regional Amalgamated Clinical Hospital, Osh

The paper presents the data of the analysis of morbidity and mortality from liver cirrhosis in the Kyrgyz Republic and its regions. The research was based on the official statistical reports of the Department of Disease Prevention and Epidemiological Surveillance of the Ministry of health of the Kyrgyz Republic as well as on statistical data of the Electronic-Health Center of the Ministry of health of the Kyrgyz Republic for the period 2008-2017. Analyzing the data on the prevalence of liver cirrhosis in the Republic and its regions, we can note the following: in general, the prevalence for the 10-year period increased from 30.6 0/0000 (2008) to 37.6 0/0000 (2017). The greatest changes were observed in the South of the Republic, in the Jalal-Abad region, by 1.9 times. The high mortality rate among the working-age population is of great concern. A strong association between mortality from liver cirrhosis and age was established (r=0.72), i.e. the older the patient, the greater the likelihood of his death from cirrhosis. There is also an increase in the number of cases of disability in the Republic as a whole by 1.2 times and in the regions by 1.2–1.4 times. High values of liver cirrhosis in the country and the prevalence of the disease indicate the need for etiological interpretation in order to clarify the diagnosis and to carry out timely therapeutic and preventive measures.

Keywords: liver cirrhosis, viral hepatitis, prevalence, morbidity, mortality, disability

Наиболее частыми причинами развития цирроза печени являются вирусы гепатита B, C и D. По данным ВОЗ, ежегодно, от цирроза печени умирают более двух миллионов человек. В 40 % случаев цирроз печени является следствием протекания хронических ее болезней.

Вирусные гепатиты B и C приводят к развитию цирроза в 15–26 % случаев. Среди хронических носителей HBsAg цирроз печени по данным динамического клинического наблюдения, формируется в 10 %, а по данным морфологического контроля биоптатов – в 20–60 % случаях [1, 2]. В странах Азии развитие цирроза печени, среди носителей HBsAg, достигает около 2 % в год.

Цирроз печени развивается у 20–25 % больных хроническим ГС, преимущественно у лиц старше 50 лет [3]. Установлена значительная высокая преимущественная частота формирования цирроза печени при ГС, вызванном HCV – генотипом 1b. Согласно наблюдениям других авторов, частота формирования цирроза печени у больных хроническим ГС, вызванным различными генотипами HCV, имеют близкие друг другу значения. Поэтому, учитывая противоречивый характер сведений, этиологический

диагноз требует обязательной индикации специфических маркеров HCV, таких как HCV-РНК, анти- HCV.

Основной особенностью хронического ГD является его высокая преимущественная циррозогенность. Рано выявляется отечно-асцитический синдром. При хроническом ГD, сравнительно с хроническими сывороточными гепатитами иной этиологии, цирроз печени развивается гораздо чаще и в более ранние сроки.

Циррозу печени вирусного происхождения присущи очень высокие темпы прогрессирования, определяющие меньшую продолжительность жизни. При вирусных циррозах, через 5 лет после установления диагноза летальность достигает 70%. Цирроз печени при вирусных гепатитах формируется вследствие возникновения в ней очагов некроза. Кроме того, у пациентов с хроническими гепатитами высока вероятность развития гепатоцеллюлярной карциномы. В США 4 миллиона человек инфицированы вирусом хронического гепатита С. У 80–85% из них в дальнейшем может развиться цирроз печени. Приблизительно у 10–20% больных причину цирроза печени установить не удается [4, 5].

Ежегодно от цирроза печени умирают около 2 млн чел. Цирроз и рак печени оказываются причиной 90–95% случаев летальных исходов от хронических заболеваний печени [6].

В экономически развитых странах цирроз печени входит в число шести наиболее частых причин смерти у пациентов в возрасте от 35 до 60 лет, составляя 14–30 случаев на 100 тыс. населения. Ежегодно в мире умирают до 40 млн человек от цирроза печени и гепатоцеллюлярной карциномы, развившейся на фоне носительства вируса В и С. Среди причин смертности от болезней органов пищеварения, исключая опухоли, цирроз печени занимает первое место. В странах СНГ цирроз печени встречается у 1% населения. Цирроз печени чаще наблюдается у мужчин: при этом соотношение мужчин и женщин составляет в среднем 3:1. Заболевание может развиться во всех возрастных группах, но, чаще всего после 40 лет.

В Кыргызской Республике исследования, посвященные циррозу печени и его распространенности, практически не проводились, данная работа восполняет этот пробел.

Цель исследования: изучение распространенности заболеваемости, смертности и инвалидности от цирроза печени.

Материалы и методы исследования

Анализ показателей заболеваемости и смертности от цирроза печени в Кыргызской Республике и ее регионах основывался на материалах официальной статистической отчетности Департамента профилактики заболеваний и Госсанэпиднадзора МЗ КР и на основании статистических данных центра электронного здравоохранения МЗ КР, за период с 2008–2017 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

За последние нескольких лет, наблюдается рост показателя ущерба от «потенциально потерянных лет жизни» (ГППЖ-65) от хронических поражений печени. По данному показателю в ранге наиболее значимых патологий они стали занимать третье место в КР, после травм и легочной патологии.

В целом по республике в течение последних десяти лет отмечается некоторое увеличение показателей распространенности цирроза печени, которое составило 30,6 ^{0}/0000 в 2008 г. по 37,6 ^{0}/0000. в 2017 г., или 1,3 раза. В связи с вышеизложенным наши исследования были направлены на оценку показателей заболеваемости, инвалидизации и смертности населения, происходящих от осложнений хронического вирусного гепатита, в том числе от цирроза, как на уровне республики в целом, так и в региональном масштабе.

На рис. 1 приведены данные заболеваемости циррозом печени по различным регионам КР.

Отмечено значительное увеличение распространенности цирроза печени на юге Республики (Жалал-Абадская область, 29,7 ^{0}/0000 против до 55,6 ^{0}/0000 или почти в 1,9 раза). В других регионах, за тот же период времени, также отмечается рост распространенности цирроза печени (Иссык-Кульская область – с 26,7 ^{0}/0000 до 36,5 ^{0}/0000, Нарынская область – с 38,4 ^{0}/0000 до 52,4 ^{0}/0000, Таласская область – с 9,2 ^{0}/0000 до 20,2 ^{0}/0000, Бишкек- 38,8 ^{0}/0000 против 29,7 ^{0}/0000 соответственно (рис. 1). Наибольший рост показателя, более чем в 2 раза, зарегистрирован в Таласской области (север КР) в 2017 г. по сравнению с 2008 г. На рис. 2 отражена ситуация по циррозу за счет лиц, с впервые установленным диагнозом и у лиц, давность заболевания у которых превышает период данного наблюдения.

Как видно из рис. 2, в целом по Республике в период 2012–2017 гг. отмечается снижение впервые выявленных случаев цирроза печени. Такое же снижение значений показателя отмечается в Баткенской области (с 9,3 ^{0}/0000 до 4,1 ^{0}/0000), Нарынской (с 10,3 ^{0}/0000 до 7,1 ^{0}/0000), Таласской (с 4 ^{0}/0000 до 3,1 ^{0}/0000) областях, г. Ош (с 7,2 ^{0}/0000 до 4,9 ^{0}/0000) и г. Бишкек (с 7,6 ^{0}/0000 до 4,2 ^{0}/0000) соответственно.

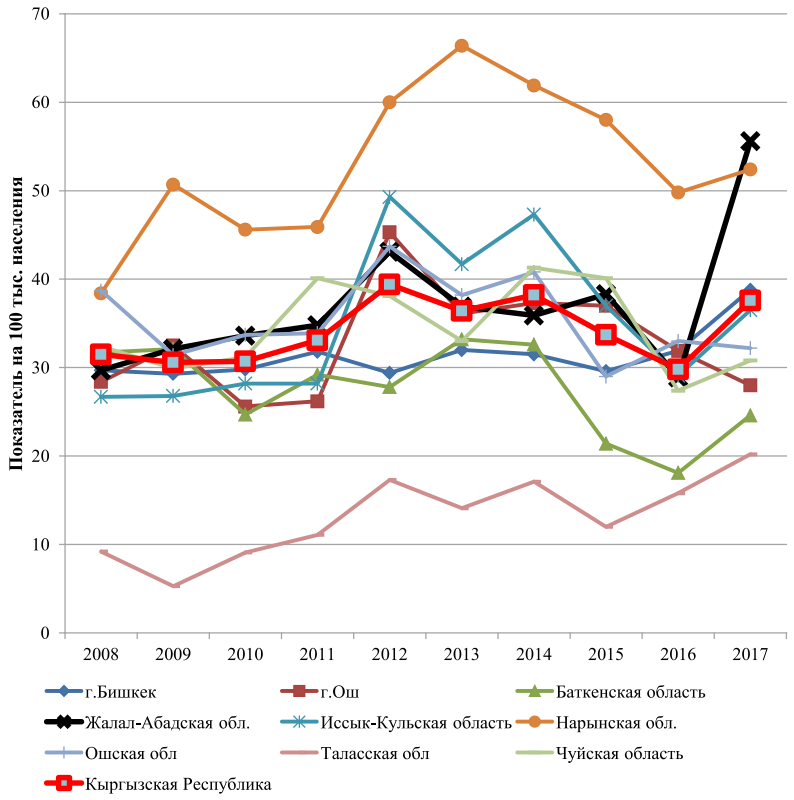


Рис. 1. Циррозы печени среди населения Кыргызской Республики (2008–2017 гг.)

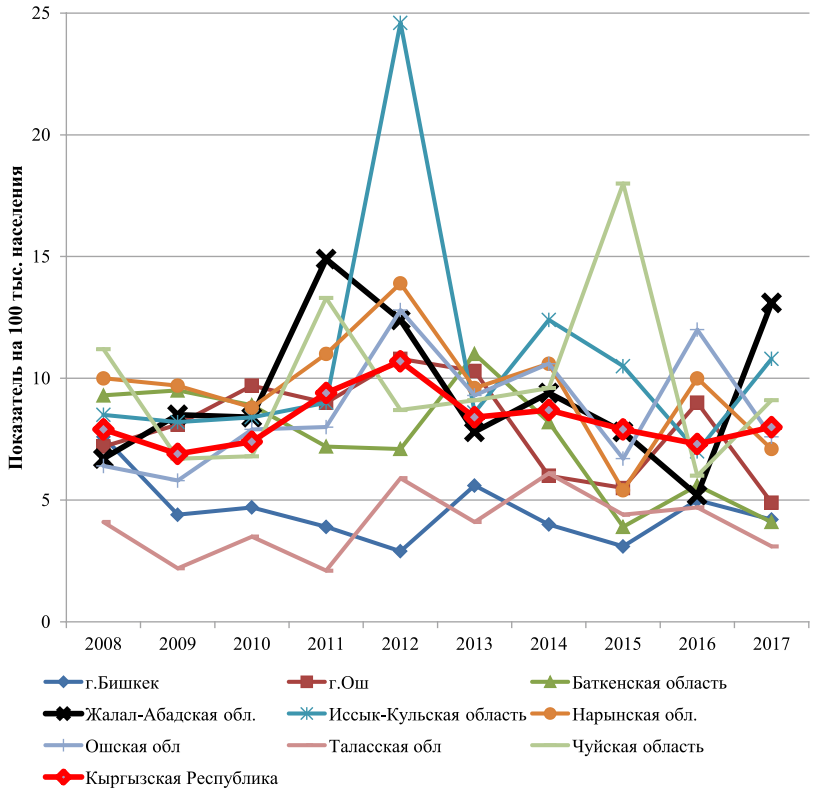


Рис. 2. Заболеваемость населения впервые выявленным циррозом печени, по регионам Кыргызской Республики (2008–2017 гг.)

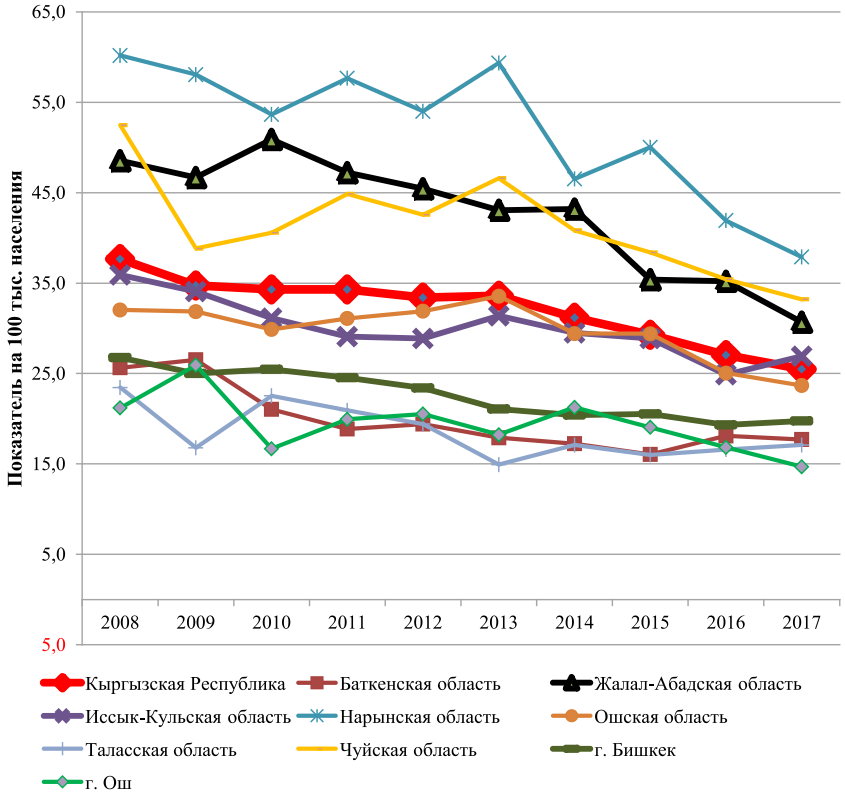


Рис. 3. Смертность от цирроза печени в различных регионах Кыргызской Республики (на 100 тыс. населения) (2008–2017 гг.)

В тот же период наблюдения в Жалал-Абадской, Ошской и Иссык-Кульской областях, наоборот, отмечается рост заболеваемости (6,7 0/0000 против 13,1 0/0000, 6,4 0/0000 против 7,6 0/0000, 8,5 0/0000 против 10,8 0/0000, соответственно).

На рис. 3 приведены данные показателей смертности населения от цирроза печени. Как видно из рис. 3, отмечается снижение показателей смертности от цирроза печени в Кыргызской Республике, которые за период наблюдения уменьшились с 37,7 0/0000 (2008 г.) до 25,5 0/0000 (2017), т.е. в 1,5 раза.

Необходимо отметить, что уменьшение показателей смертности от цирроза печени наблюдается по всем регионам республики за 2008–2017 гг., но следует отметить увеличение показателей смертности от цирроза печени во всех возрастных группах. Наибольшие значения показателя регистрируются в возрастных группах начиная с 55 лет и далее (табл. 1).

Установлено наличие сильной взаимосвязи смертности от цирроза печени и возрастом (r = 0,72). То есть чем старше больной, тем больше вероятность его смерти от цирроза печени.

Вызывает особую тревогу в Кыргызской Республике также высокая степень инвалидизации от цирроза печени. В табл. 2 представлены данные по инвалидности от цирроза печени взрослого населения КР.

Анализ полученных данных за период с 2008 по 2017 г., свидетельствует о том, что отмечается рост показателя инвалидности в Кыргызской Республике, 12,9 0/0000 в 2008 г., до 15,4 0/0000 в 2017 г. или в 1,2 раза.

Высокие значения показателей инвалидности от цирроза печени и их рост отмечаются: в Жалал-Абадской области (с 12,9 0/0000 в 2008 г. до 15,4 0/0000, в 2017 г., или в 1,2 раза) Ошской (с 15,5 0/0000 до 18,5 0/0000, или в 1,19 раз, в тот же период наблюдения), в Иссык – Кульской (с 8,5 0/0000 до 11,9 0/0000, или в 1,4 раза), в Нарынской областях (с 10,7 0/0000 до 13,1 0/0000, или в 1,22 раза. В г. Ош показатель инвалидности увеличился с 17,2 0/0000 до 25,6 0/0000, или в 1,5 раза. А в г. Бишкек показатель возрос с 8,9 0/0000 до 10,8 0/0000, или в 1,21 раза. Таким образом, наибольшее увеличение показателя инвалидности наблюдается в г. Ош.

Таблица 1

Смертность от цирроза печени в различных возрастных группах населения Кыргызской Республики (на 100 тыс. населения)

Годы	0–14	15–24	25–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–59	60–64	65–69	70–74	75–84	ВСЕГО
2008	0,3	4,45	17,7	42,2	62	92,5	112,3	142	137,4	233,4	162,7	208,5	41,7
2009	0,1	4	18,2	39,2	65,8	89,3	98,2	123,4	169,5	165,6	178,6	185,2	34,7
2010	0	2,6	17,3	43,6	60,2	78,2	107	140,1	161,3	149,1	167,1	297,6	34,3
2011	0,1	2,5	17,7	39,3	63,5	75,5	118,1	117,8	147,9	157,8	176,3	184,8	34,3
2012	0,4	3,6	16,2	39,9	60,1	82	98,9	127,8	140,8	131,7	176,7	172	33,4
2013	0,2	2,6	13,4	42,4	61,2	78,8	104,9	135,8	135,1	150,9	132	199,2	33,6
2014	0,4	2,1	14,4	39,9	55,3	69,7	91,4	107,3	135	140,7	182,1	167,5	31,2
2015	0,2	2,7	9,6	34,6	54,6	70,8	86,7	111,3	129,7	137,7	119	143,2	29,3
2016	0,2	1,4	10,3	28,2	52,6	62,7	74	109,9	98,2	126,7	154,9	150,6	27,1
2017	0,3	2,6	9,3	27	42,6	61,8	77,6	89,5	103,9	124,9	134,3	124,2	25,5

Таблица 2

Инвалидность от цирроза печени на 100 тыс. населения в Кыргызской Республике (взрослые)

Кыргызская Республика	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	12,9	12,6	11,9	13,1	13,9	15,3	14,8	14,4	14,9	15,4
Баткенская область	17,9	17,0	18,1	20,4	20,1	20,9	21,0	20,8	16,9	17,3
Жалал-Абадская область	15,8	14,7	15,8	16,5	18,2	20,7	19,7	19,7	20,1	20,4
Иссык-Кульская область	8,5	8,4	10,2	10,1	11,1	11,0	10,4	9,4	7,6	11,9
Нарынская область	10,7	12,4	8,8	11,4	8,6	10,0	10,6	11,6	12,9	13,1
Ошская область	15,5	15,7	13,6	15,8	16,3	18,4	16,2	16,6	17,8	18,5
Таласская область	12,0	10,6	10,4	10,7	11,8	11,6	15,1	10,8	11,5	10,5
Чуйская область	9,1	7,8	5,8	6,6	8,1	9,0	9,7	7,1	9,2	9,0
г. Бишкек	8,9	8,6	8,6	9,4	9,2	9,2	8,7	10,1	11,3	10,8
г. Ош	17,2	20,9	17,1	17,2	21,3	25,8	25,4	22,7	24,7	25,6

Исходя из полученных данных о распространенности цирроза печени в республике и ее регионах, можно отметить следующее: в целом по КР показатель за 10-летний период увеличился с 30,6 ^{0}/0000 (2008 г.) до с 37,6 ^{0}/0000 (2017 г.), или в 1,3 раза.

Наибольшие изменения показателей наблюдались на юге республики, в Жалал-Абадской области, значения возросли в 1,9 раз за десятилетний период.

В тот же период имело место снижение показателей смертности населения от цирроза печени, в 1,5 раза в целом по республике. Высокую тревогу составляет высокий показатель смертности среди трудоспособного населения.

За десятилетний период отмечается рост числа случаев инвалидности в целом по республике в 1,2 раза и в 1,2–1,4 раза по регионам.

Высокие значения показателей цирроза печени в республике, рост инвалидности, распространенность заболевания и смертность трудоспособного населения указывают на необходимость этиологической расшифровки в целях уточнения диагноза и своевременного проведения адекватных лечебно-профилактических мероприятий.

Список литературы

1. Еналеева Д.Ш., Фазылов В.Х., Созинов А.С. Хронические вирусные гепатиты B, C и D. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. С. 42–86.

2. Solium F. Hepatitis B virus resistance to antiviral drugs: where are we going. Liver Int. 2011. vol. 31 (Suppl. 1). P. 111–116.

3. Шифф Ю.Р., Соррел М.Ф., Мэддрей У.С. Болезни печени по Шиффу. Вирусные гепатиты и холестатические заболевания печени (Перевод с английского под редакцией акад. РАМН Ивашкина В.Т., Климовой Е.А., Никитина И.Г., Широковой Е.Н.). М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. С. 164–335.

4. Yurdaydin C. Treatment of chronic delta hepatitis. Semin. Liver. Dis. 2012. vol. 32. P. 237–244.

5. Суранбаева Г.С. Клинико-эпидемиологические особенности хронических вирусных гепатитов в Кыргызской Республике. М., 2011. С. 66–68.

6. Ильченко Л.Ю., Кожанова Т.В., Сарыглар А.А. Гепатоцеллюлярная карцинома в исходе хронической дельта-инфекции: материалы 18-го конгресса «Гепатология сегодня» // Приложение РЖГГК. 2013. Т. 23. № 1. С. 66.

УДК 614.78-053.4:57.021

АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ И ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СМЕШАННОЙ СЛЮНЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Хрипач Л.В., Князева Т.Д., Железняк Е.В., Маковецкая А.К., Коганова З.И., Бударина О.В., Лебедева Н.В., Ингель Ф.И., Демина Н.Н.

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, Москва, e-mail: lkhripach@mail.ru

За последнее десятилетие появилось достаточно много исследований по оценке возможностей неинвазивной клинико-лабораторной диагностики с использованием проб смешанной слюны. Данное гигиеническое исследование было предпринято с целью оценить информативность ряда биохимических и иммунологических показателей слюны как возможных маркеров влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние организма детей дошкольного возраста. Всего было обследовано 112 детей (53 мальчика и 59 девочек) из шести детских садов, расположенных на расстояниях 1,7–5,9 км от комплекса предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции. В бесклеточной слюнной жидкости обследованных детей измеряли интенсивность люминол-зависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ), содержание секреторного IgA (sIgA), интерлейкина-8 (ИЛ-8), мочевой кислоты (МК), активность α-амилазы и лизосомального фермента N-ацетил-β-D-глюкозаминидазы (NAG). Не было найдено достоверных различий изучаемых показателей между мальчиками и девочками объединенной выборки детей (p от 0,18 до 0,93). Наиболее чувствительным маркером загрязнения атмосферного воздуха в данном обследовании оказалась интенсивность ЛЗХЛ слюны детей ($R = –0,572$; $p = 6,4*10^{-11}$), связанная с расстояниями до промплощадки достоверным регрессионным уравнением $y = –0,173*x + 6,982$. Достоверные коэффициенты корреляции с расстояниями между детским садом и промплощадкой были найдены также для активности NAG ($R = – 0,287$; $p = 0,004$) и содержания в слюне ИЛ-8 ($R = –0,280$; $p = 0,003$). Остальные три показателя (активность α-амилазы, содержание sIgA и МК) не имели достоверной связи с уровнями экспозиции детей промышленными выбросами. Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее чувствительными маркерами слюнной жидкости при изучении влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье детей являются показатели, отражающие функциональную активность фагоцитов слюны.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, дети, смешанная слюна, люминол-зависимая хемилюминесценция, секреторный IgA, интерлейкин-8, N-ацетил-β-D-глюкозаминидаза, зависимости «экспозиция – эффект»

ADAPTIVE CHANGES OF BIOCHEMICAL AND IMMUNOLOGICAL MARKERS IN MIXED SALIVA OF PRESCHOOL CHILDREN EXPOSED TO AIR POLLUTANTS

Khripach L.V., Knyazeva T.D., Zheleznyak E.V., Makovetskaya A.K., Koganova Z.I., Budarina O.V., Lebedeva N.V., Ingel F.I., Demina N.N.

Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: lkhripach@mail.ru

Over the last decade there was a lot of research carried out to evaluate the possibilities of clinical diagnostics using saliva samples. This hygienic study was undertaken to compare the information content of some biochemical and immunological parameters of saliva as possible markers of the influence of air pollution on the health of preschool-aged children. A total of 112 children (53 boys and 59 girls) were examined in 6 kindergartens located at distances of 1.7 – 5.9 km from the complex of enterprises for processing of agricultural products. Next markers were measured in cell-free salivary fluid of the children: the intensity of luminol-enchanced chemiluminescence (CL); secretory IgA (sIgA), interleukin-8 (IL-8) and uric acid (UA) contents; α-amylase and lyzosomal N-acethyl-β-D-glucosaminidase activities. No significant differences were found in the studied parameters between boys and girls of the whole children cohort. The intensity of CL was found to be the most sensitive marker of air polution ($R = –0,572$; $p = 6,4*10^{-11}$) and had significant regression equation ($y = –0,173*x + 6,982$) with the distances between kindergardens and industrial area. Significant correlation coefficients with the distances between kindergardens and emission source were found also for NAG activity ($R = – 0,287$; $p = 0,004$) and IL-8 content ($R = –0,280$; $p = 0,003$). The rest three markers (α-amylase activity, sIgA and UA contents) hadn't significant associations with levels of industrial exposition. The data obtained permit to suppose that the most sensitive non-invasive indicators of the influence of air pollution onto children organisms are the markers, concerned with functional activity of salivary phagocytes.

Keywords: outdoor air pollution, children, mixed saliva, luminol-enchanced chemiluminescence, secretory IgA, interleukin-8, N-acethyl-β-D-glucosaminidase, exposition-response relationships

За последнее десятилетие появилось достаточно много исследований по оценке возможностей неинвазивной клинико-лабораторной диагностики с использованием проб свободно вытекающей смешанной слюны. Основное количество таких исследований относится к областям стоматологии, онкологии полости

рта и близлежащих тканей, кардиологии, нейробиологии, психологии и спортивной медицины. Перечень маркеров, определявшихся в слюне отдельными авторами или рядом авторов, достаточно широк и включает иммуноглобулины, цитокины, тканеспецифические антигены, противомикробные и ауто-антитела, половые и стрессорные гормоны, низкомолекулярные метаболиты и ферменты слюны (α-амилаза, липаза, пероксидаза, калликреин и т.д.) [1–3].

В гигиенических исследованиях, особенно при обследовании детского населения, организационные и этические преимущества неинвазивных методов клинико-лабораторной диагностики очевидны. На текущий момент несомненным фаворитом неинвазивных гигиенических обследований населения является содержание в слюне секреторного иммуноглобулина А (sIgA) [3, 4]; кроме того, в них часто используются показатели оксидантного равновесия слюнной жидкости и содержания в ней лизосомальных ферментов [5, 6], поскольку аналогичные инвазивные маркеры входят в систему биохимических показателей при постановке санитарно-токсикологических опытов на животных. Такие распространенные в клинических исследованиях маркеры, как содержание в слюне провоспалительных цитокинов, применяются редко, хотя слюна содержит на удивление высокие концентрации некоторых цитокинов – в частности, содержание интерлейкинов ИЛ-1α и ИЛ-8 в слюнной жидкости на 2 порядка выше их содержания в сыворотке крови [7].

В данной статье представлены результаты неинвазивного гигиенического обследования детей 5–6 лет, посещающих дошкольные детские учреждения на территории небольшого города одного из агропромышленных регионов России. В городе находится несколько предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и производству соответствующей тары, сосредоточенных в основном на промплощадке, примыкающей к городской территории с северной стороны. Это обеспечивает достаточно простую модель распределения выбросов в атмосферный воздух, в которой в качестве оценок экспозиции детей можно в первом приближении использовать расстояния между соответствующим детским садом и промплощадкой.

Для проведения исследования были выбраны следующие маркеры, определявшиеся в бесклеточной слюнной жидкости детей: показатели местного иммунитета – содержание в слюне sIgA и интерлейкина-8 (ИЛ-8); показатели окислительного стресса – интенсивность люминол-зависимой хемилюминесценции слюны (ЛЗХЛ) и содержание в ней мочевой кислоты (МК, катаболического антиоксиданта); активность лизосомального фермента N-ацетил-β-D-глюкозаминидазы (NAG, маркер функциональной активности нейтрофилов слюны); активность α-амилазы слюны (один из маркеров психологического стресса [8]). Последний маркер был включен в систему показателей из-за того, что часть выбросов изучавшихся предприятий представлена веществами, обладающими достаточно выраженным запахом, с наличием соответствующих жалоб населения.

Цель исследования: на основании анализа зависимостей «экспозиция – эффект» оценить информативность используемых биохимических и иммунологических показателей смешанной слюны как маркеров влияния загрязнения атмосферного воздуха на состояние организма детей дошкольного возраста.

Материалы и методы исследования

Для оценки экспозиции детей загрязнениями атмосферного воздуха использовались расстояния между соответствующим детским садом и промплощадкой, полученные с помощью электронных карт Google Maps. Всего было обследовано 112 детей (53 мальчика и 59 девочек) из шести детских садов, расположенных на расстояниях 1,7–5,9 км от источника выбросов. На проведение обследования каждого ребенка имеется информированное согласие его родителей.

В пробах свободновытекающей смешанной слюны обследованных детей, после отделения взвешенных клеток центрифугированием, измеряли содержание sIgA, ИЛ-8, мочевой кислоты и активность α-амилазы с помощью тест-наборов ЗАО Вектор-Бест (каталожные номера А-8668, А-8762, В-8098 и В-8059 соответственно). Интенсивность ЛЗХЛ слюны определяли в среде инкубации, содержавшей 140 мМ Na-фосфатного буфера, 50 мкМ натриевой соли люминола, 50 мкл/мл слюны и 59 мМ перекиси водорода; результаты выражали в виде десятичных логарифмов светосуммы сигнала за первую минуту после добавления перекиси водорода [9]. Активность NAG определяли по скорости отщепления *n*-нитрофенола от модельного субстрата 4-нитрофенил-N-ацетил-β-D-глюкозаминида (Sigma N9376) в 0,1 М цитратном буфере, pH 4,2 [10].

Математический анализ полученных данных проводили с помощью компьютерной программы Statistica for Windows v. 7.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Практически все маркеры, кроме нормализованных логарифмической трансформацией значений интенсивности ЛЗХЛ слюны [9], имели распределения, отличаю-

щиеся от нормального по критериям Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка – скошенные влево (α-амилаза, sIgA, ИЛ-8) или более острые, с коэффициентами эксцесса 5,7 (NAG) и 19,7 (МК). Поэтому среднегрупповые значения изучаемых показателей представлены в таблице в виде медиан и межквартильных размахов, а математическая обработка данных проводилась с использованием непараметрических методов – теста Манна – Уитни для оценки достоверности межгрупповых различий и рангового корреляционного анализа Спирмена.

Не было найдено достоверных различий изучаемых показателей между мальчиками и девочками объединенной выборки детей (p от 0,18 до 0,93), в связи с чем в дальнейшем анализе переменная «пол ребенка» не учитывалась. Как показано в таблице, наиболее чувствительным маркером загрязнения атмосферного воздуха в данном обследовании оказалась интенсивность ЛЗХЛ слюны детей ($R = –0,572$; $p = 6,4*10^{-11}$), связанная с уровнями экспозиции достоверным регрессионным уравнением $y = –0,173*x + 6,982$ (рис. 1).

Более низкие, но достоверные коэффициенты корреляции с расстоянием между детским садом и промплощадкой были найдены для активности NAG ($R = –0,287$; $p = 0,004$) и содержания в слюне ИЛ-8 ($R = –0,280$; $p = 0,003$); в последнем случае – несмотря на нарушение монотонности изменения среднегрупповых значений в ближайшей к промплощадке точке А (рис. 2), где снижение медианы сочеталось с увеличением положения верхнего квартиля. Остальные три показателя (активность α-амилазы, содержание sIgA и МК) в данном обследовании не имели достоверной связи с расстоянием между детским садом и промплощадкой.

Таким образом, по мере приближения места проживания ребенка к промплощадке наблюдались достоверные изменения тех показателей, которые имеют отношение к функциональной активности фагоцитов слюны. В частности, интенсивность ЛЗХЛ слюны, индуцированной перекисью водорода, в основном определяется суммарной активностью пероксидаз, секретируемых примерно поровну клетками слюнных желез (лактопероксидаза) и взвешенными в слюне нейтрофилами (миелопероксидаза) [11, 12]. Источником лизосомальных ферментов в бесклеточной фракции слюны также являются активированные нейтрофилы [13]. ИЛ-8 вырабатывается клетками слизистой оболочки полости рта и подлежащей соединительной ткани (эпителиоцитами, эндотелиоцитами и макрофагами), но является химическим сигналом (хемоаттрактантом) для выхода из кровеносных сосудов и локального накопления нейтрофилов. Следовательно, полученные нами данные означают, что увеличение локальной концентрации и/или функциональной активности взвешенных в слюне нейтрофилов является одним из самых ранних признаков реакции организма детей на загрязнение атмосферного воздуха, опережающим изменения со стороны секреторного иммунитета.

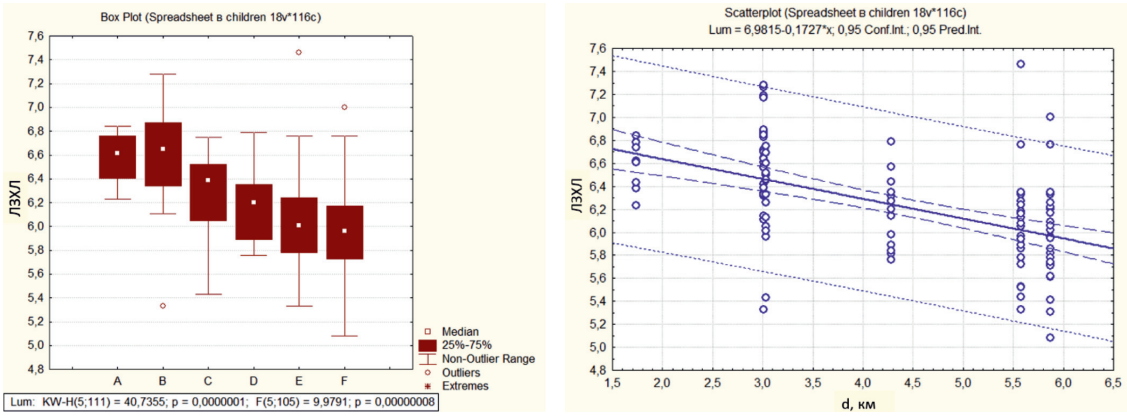


*Рис. 1. Зависимость интенсивности ЛЗХЛ слюны детей от расстояния между детским садом и промплощадкой. Слева: среднегрупповые значения, отсортированные в порядке увеличения расстояния до промплощадки (достоверности различий см. в таблице). Справа: достоверная регрессионная связь между индивидуальными значениями ЛЗХЛ слюны детей (n = 112) и расстояниями между детским садом и промплощадкой (y = – 0,173*x + 6,982; R = –0,524; p = 0,000000004)*

Влияние расстояния от источника выбросов на изучавшиеся биохимические и иммунологические показатели в пробах смешанной слюны обследованных детей

Д/сады	d, км	n, чел.	Среднегрупповые значения показателей #					
			sIgA, мкг/мл	ИЛ-8, пг/мл	ЛЗХЛ, lg имп/мин	МК, мкМ	NAG, Ед/мл	α-амилаза, Ед/л
A	1,74 (ЮЗ)	8	92 [20; 246]	286 [142; 1150]	6,62 [6,40; 6,76] p = 0,00007*	95 [71; 113]	12,9 [8,0; 16,6] p = 0,025*	25800 [22450; 29350]
B	3,01 (ЮЗ)	24	130 [93; 209]	534 [136; 904] p = 0,005 *	6,65 [6,34; 6,87] p = $4{,}3 \times 10^{-7}$ *	82 [47; 123]	8,9 [6,6; 12,2] p = 0,045*	43800 [17500; 64000]
C	3,03 (ЮВ)	14	116 [78; 234]	420 [206; 800] p = 0,02 *	6,39 [6,05; 6,52] p = 0,007 *	80 [60; 136]	9,4 [7,5; 15,9] p = 0,049 *	34850 [29400; 52700]
D	4,28 (ЮВ)	13	100 [47; 138]	364 [102; 564]	6,20 [5,89; 6,35]	85 [72; 106]	8,2 [5,6; 13,3]	43400 [28300; 64100]
E	5,58 (ЮЗ)	25	100 [72; 146]	238 [127; 618]	6,01 [5,78; 6,24]	128 [96; 175]	8,0 [5,6; 12,2]	30500 [16200; 47100]
F	5,87 (ЮВ)	28	113 [65; 183]	215 [118; 448]	5,99 [5,73; 6,19]	100 [65; 158]	5,6 [3,3; 10,8]	38900 [13900; 88100]
Полная выборка			Коэффициенты корреляции Спирмена ##					
A–F	1,74–5,87	112	R = –0,056; p = 0,56	R = –0,280; p = 0,003 *	R = –0,572; p = $6{,}4 \times 10^{-11}$ *	R = 0,177; p = 0,062	R = –0,287; p = 0,004 *	R = 0,016; P = 0,87

Примечания: # приведены в виде Me [Q1;Q3], где Me – медиана, Q1 и Q3 – нижний и верхний квартили; достоверность межгрупповых различий с наиболее удаленным от промплощадки детским садом (F) определяли двусторонним тестом Манна – Уитни. ## между индивидуальными значениями изучавшихся показателей в полной выборке детей (n = 112) и расстояниями до промплощадки.

Обозначения: (A – F) – условные обозначения детских садов; d – расстояние между детским садом и промплощадкой (в скобках направление от источника выбросов); n – количество обследованных детей.

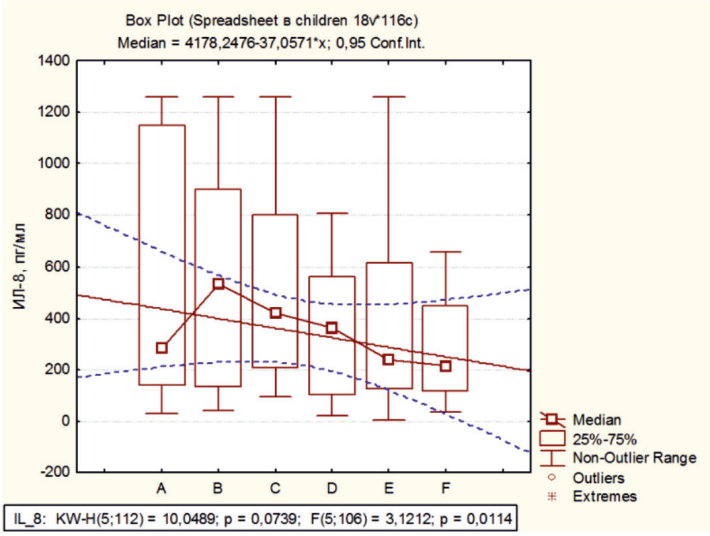


Рис. 2. Содержание ИЛ-8 (пг/мл) в слюне детей из шести обследованных детских садов, отсортированных в порядке увеличения расстояния до промплощадки (см. табл.)

В этой связи интересно, что часть использованных в данном обследовании маркеров – а именно содержание в слюне sIgA, активность NAG и интенсивность ЛЗХЛ слюны – мы применяли ранее при обследовании московских детей того же возраста, посещавших дошкольные детские учреждения в пяти районах Москвы с разной нагрузкой автомагистралей [14, 15]. Для всех вышеперечисленных показателей, определявшихся в слюне московских детей, были выявлены достоверные корреляционные связи с уровнями загрязнения атмосферного воздуха, в том числе и для содержания в слюне sIgA ($R = -0{,}243$; $p = 9*10^{-9}$; $n = 547$). Таким образом, два показателя, отражающих функциональную активность фагоцитов слюны (интенсивность ЛЗХЛ слюны и активность NAG) обладали воспроизводимыми маркерными качествами по способности отражать уровень загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом или агропромышленными предприятиями. Реакция со стороны гуморального иммунитета, по-видимому, не является ранней или зависит от химического состава загрязнений атмосферного воздуха и сопутствующих факторов.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее чувствительными маркерами слюнной жидкости при изучении влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье детей являются показатели, отражающие функциональную активность взвешенных в слюне фагоцитов.

Список литературы

1. Roi A., Rusu L.C., Roi C.I., Luca R.E., Boia S., Munteanu R.I. A new approach for the diagnosis of systemic and oral diseases based on salivary biomolecules. Disease Markers. 2019. № 4. P. 1–11.

2. Пальцев М.А., Сараев Г.Б., Бунин В.А., Белушкина Н.Н., Поправка Е.С., Линькова Н.С., Козлов К.Л., Седова Е.В., Мурсалов С.У., Кветной И.М. Слюна как биологический объект для неинвазивной молекулярной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний // Молекулярная медицина. 2018. № 16 (5). С. 3–8.

3. Duramad P., Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2011. № 8 (5). P. 1388–1401.

4. Бударина О.В., Мольков Ю.Н., Пономарева О.Ю., Ульянова А.В. Иммунологические методы оценки здоровья при воздействии загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2014. № 93 (2). С. 31–33.

5. Акайзина А.Э. Информативность интегральных показателей свободнорадикального окисления и летучих жирных кислот слюны для оценки воздействия загрязняющих веществ питьевой воды на здоровье детей // Окружающая среда и здоровье. Гигиена и экология урбанизированных территорий: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых и специалистов. 2016. С. 12–17.

6. Коленчукова О.А., Долгушина Е.Н., Рюпина А.А., Кратасюк В.А., Медведева Н.Н. Антиоксидантный статус как маркер здоровья студентов в период интенсивной умственнной нагрузки // Гигиена и санитария. 2018. № 97 (4). С. 332–336.

7. Byrne M.L., O'Brien-Simpson N.M., Reynolds E.C., Walsh K.A., Laughton K., Waloszek J. M., Woods M.J., Trinder J., Allen N. Acute phase protein and cytokine levels in serum and saliva: a comparison of detectable levels and correlations in a depressed and healthy adolescent sample. Brain, Behavior and Immunity. 2013. № 34. P. 164–175.

8. Tananska V.T. Salivary α-amylase and chromogranin A in anxiety-related research. Folia Medica. 2014. № 56 (4). P. 233–236.

9. Хрипач Л.В. Применение свободнорадикальных методов для оценки влияния полихлорированных диоксинов

и фуранов на состояние здоровья населения // Гигиена и санитария. 2002. № 2. С. 72–76.

10. Punithavathi V.R., Prince P.S. Pretreatment with a combination of quercetin and α-tocopherol ameliorates adenosine triphosphatases and lysosomal enzymes in myocardial infarcted rats. Life Sciences. 2010. № 86. P. 178–184.

11. Thomas E.L., Jefferson M.M., Joyner R.E., Cook G.S., King C.C. Leukocyte myeloperoxidase and salivary lactoperoxidase: identification and quantitation in human mixed saliva. Journal of Dental Research. 1994. № 73 (2). P. 544–555.

12. Acquier A.B., De Couto Pita A.K., Busch L., Sanchez G.A. Parameters of oxidative stress in saliva from patients with aggressive and chronic periodontitis. Redox Report. 2017. № 22 (3). P. 119–126.

13. Ramamurthy J., Jayakumar N.D., Varghese S. Comparison of salivary beta-glucuronidase activity in chronic periodontitis patients with and without Diabetes Mellitus. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2014. № 8 (6). ZC19-ZC21.

14. Хрипач Л.В. Оксидантный статус организма и его роль в чувствительности генома к повреждающим факторам окружающей среды: дис. ... докт. биол. наук. Москва, 2003. 303 с.

15. Беляева Н.Н., Мухамбетова Л.Х., Петрова И.В., Хрипач Л.В., Шамарин А.А., Юрченко В.В., Журков В.С. Медико-биологические критерии оценки влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2003. № 6. С. 77–79.

УДК 614:616(470.41)

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РЯДА ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ГОРОДЕ НИЖНЕКАМСКЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Шамитова Е.Н., Шахова А.Ю., Мартьянова А.А.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: shamitva@mail.ru

Сохранение и укрепление здоровья человека – первоочередная задача человечества. Сегодня, на фоне неблагоприятной экологической обстановки, экономической и социальной нестабильности, данная проблема стоит особенно остро, поэтому является актуальной среди людей всех возрастов. Здоровье населения обусловлено комплексным воздействием факторов, определяющихся образом жизни человека, состоянием среды его обитания (атмосферного воздуха, воды, почвы, уровня благосостояния общества), наследственностью, а также состоянием здравоохранения. Значимая роль принадлежит социально-экономическим (условия труда, жилищные условия, материальное благосостояние) и социально-биологическим (возраст родителей, пол) факторам. Причем одни факторы позитивно влияют на состояние здоровья населения, а другие, наоборот, оказывают на организм человека отрицательное воздействие. В связи с этим большое значение в оценке функционального состояния здоровья населения представляют среднегодовые показатели заболеваемости и смертности населения. Анализируя эти данные, можно получить довольно достоверную информацию о состоянии здоровья людей. Кроме того, заболеваемость является наиболее доступным и широко используемым показателем в деятельности врачей различных специальностей, работающих как в амбулаторно-поликлинических, так и в стационарных учреждениях, независимо от формы собственности учреждения.

Ключевые слова: заболеваемость, показатель, смертность, современное здравоохранение, фактор, продолжительность жизни

THE COMBINED EFFECT OF SEVERAL FACTORS ON THE INCIDENCE OF POPULATION IN THE CITY OF NIZHNEKAMSK OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Shamitova E.N., Shakhova A.Yu., Martyanova A.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «I.N. Chuvash State University Ulyanova», Cheboksary, e-mail: shamitva@mail.ru

The preservation and promotion of human health is a priority for humanity. Today, against the background of unfavorable environmental conditions, economic and social instability, this problem is particularly acute, so it is relevant among people of all ages. The health of the population is due to the complex influence of factors that determine the way of life, the state of its environment (air, water, soil, the level of welfare of society), heredity, as well as the state of health. A significant role is played by socio-economic (working conditions, housing conditions, material well-being) and socio-biological (age of parents, sex) factors. Moreover, some factors have a positive impact on the health of the population, while others, on the contrary, have a negative impact on the human body. In this regard, the average annual morbidity and mortality rates are of great importance in assessing the functional state of health of the population. By analyzing these data, you can get quite reliable information about the state of health of people. In addition, the incidence is the most accessible and widely used indicator in the activities of doctors of various specialties, working both in outpatient and inpatient institutions, regardless of the form of ownership of the institution.

Keywords: morbidity, indicator, mortality, modern health care, factor, life expectancy

К основным направлениям современного здравоохранения следует отнести удовлетворение потребности населения в получении высококвалифицированной медицинской помощи и улучшение состояния здоровья населения, являющегося потребителем медицинских услуг. Доказано, что наследственность, образ жизни, а также качество окружающей среды являются определяющими факторами состояния здоровья человека. Влияние окружающей среды на организм многогранно. Как показывают наблюдения, загрязнение природы сказывается на самочувствии многих людей и связано с распространением различных заболеваний. В последнее время активно изучается влияние неблагоприятного состояния атмосферы на организм человека. Причем воздействие известных загрязнителей на здоровье в рамках профессиональной деятельности изучено в достаточной степени (направления по профессиональным болезням, токсикологии), а масштабы и степень тяжести последствий постоянного воздействия на человека антропогенных загрязнителей в местах его проживания находятся сейчас в стадии активного изучения [1]. Совокупное влияние на здоровье населения составляют образ жизни (50%), среда обитания (20%), на-

следственность (20%) и качество здравоохранения (10%).

Цель исследования: выявить комплексное воздействие ряда факторов на заболеваемость населения

Материалы и методы исследования

В статье приведены данные по изучению влияния экологических, наследственных и социальных факторов на общую заболеваемость городского населения. Были изучены в динамике показатели первичной заболеваемости, распространенности и смертности – общие, повозрастные. Для изучения материалов уже за прошедший период применялся ретроспективный метод, в основе которого использовались статистические учетные материалы.

Результаты исследования и их обсуждение

Заболеваемость является важнейшим критерием оценки здоровья населения, по которому можно судить о качестве работы медицинского персонала, лечебных учреждений и системы здравоохранения в целом. Точные сведения о характере заболеваемости необходимы для планирования видов медицинской помощи.

При анализе заболеваемости нужно учитывать комплекс факторов различной природы: уровень обращаемости граждан, квалификации персонала. Необходимо отметить, что, по результатам социологического опроса, отдельным группам населения доступ к медицинским услугам затруднен из-за таких барьеров, как время ожидания, проблемы с качеством и затраты [2].

Среднегодовые показатели заболеваемости играют важную роль в оценке состояния здоровья населения. Это объясняется рядом причин. Во-первых, приняв во внимание уровень заболеваемости среди возрастных и профессиональных групп, можно определить наиболее важные социальные группы населения, которые требуют пристального внимания со стороны медицинских организаций с целью укрепления здоровья. Во-вторых, благодаря данным о заболеваемости можно решать такие важные вопросы, как подготовка квалифицированных медицинских работников, обеспечение населения стационарными койками, а также оснащенности лечебных учреждений необходимой диагностической аппаратурой.

Необходимо так же учитывать, что лечение и предупреждение различных заболеваний позволяет снизить уровень смертности среди населения и направить денежные средства на решения других задач, которые стоят перед здравоохранением. Динамика смертности в Российской Федерации, по сравнению с другими странами, остается достаточно высокой. Благодаря выявлению распространенных болезней в настоящее время можно прогнозировать среднюю продолжительность жизни. К тому же можно способствовать ее росту, проводя мероприятия медицинского и социального характера.

Болезни органов дыхания, которые связаны с патологией верхних дыхательных путей, занимают первое место в структуре заболеваемости как в отдельных регионах, так и в России в целом. Их уровень колеблется до 72% [3].

Медико-экологические исследования, проводимые в Российской Федерации, показывают связь между увеличением количества различных заболеваний и антропогенных загрязнителей в природе.

Значительная часть населения урбанизированных местностей безусловно подвержена влиянию экологических факторов. Экологическая обстановка, сложившаяся на территориях республик, краев и областей, а также особенности проблем окружающей среды в каждом из субъектов России зависят от многих критериев. Во-первых, от специфики местных климатических условий, во-вторых, от характера и степени воздействия промышленности, транспорта, сельского и коммунального хозяйства на природную среду [4].

Такая ситуация наблюдается и в г. Нижнекамске Республики Татарстан. Основная проблема загрязнения города – высокое содержание в атмосферном воздухе фенола и формальдегида. Согласно отчету Министерства природных ресурсов и экологии РФ (2013), степень загрязнения воздуха в городе находится на очень высоком уровне. По сведениям гос. статистики, на Нижнекамский район приходится значительный объем выбросов из промышленных предприятий. Загрязняющие вещества в огромном количестве (61,78 тыс. т) выбрасываются в атмосферу [5].

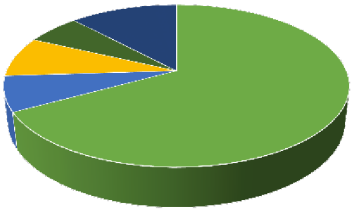
В 2014 г. валовый выброс загрязняющих веществ от стационарных источников Нижнекамска составил около 56 тыс. т. Выбросы накапливаются в организме человека в виде тяжелых металлов и вызывают болезни органов дыхания, сердечно-сосудистой и нервной систем.

Также стоит отметить, что и неблагоприятные жилищные условия оказывают значительное влияние на распространенность заболеваний среди разных возрастов. К резкому ухудшению здоровья может привести воздействие нескольких, пусть слабых, но одновременно действующих факторов.

Для оценки состояния здоровья людей важную роль играют показатели инвалид-

ности, которые также являются исходом заболевания. Анализируя причины инвалидности (рисунок), можно выделить наиболее распространенные патологии. В Российской Федерации часто встречаются следующие заболевания:

– болезни системы кровообращения;
– злокачественные новообразования;
– болезни нервной системы и органов чувств;
– несчастные случаи, отравления и травмы;
– психические расстройства [6].



Причины инвалидности в Российской Федерации (на 10000 населения)

По анализу динамики уровня инвалидности среди населения за последние 3 года можно судить о снижении инвалидности по болезням сердечно-сосудистой и нервной систем, органов дыхания и органов чувств. Это связано с появлением эффективных препаратов, внедрением высокотехнологичных методов лечения и повышением приверженности пациентов к лечению.

Следовательно, учитывая те заболевания, которые приводят к инвалидности населения или являются причиной его смерти, можно объективно описать состояние здоровья населения и принять меры для профилактики возникновения перечисленных выше заболеваний, тем самым сокращая показатели инвалидности и смертности.

Одним из немаловажных факторов возникновения болезней являются вредные привычки, а именно потребление алкоголя. Исторически алкоголь оказывал большое влияние на здоровье в России. Кроме того, общее состояние здоровья населения России считается плохим по западноевропейским стандартам, и у россиян средняя продолжительность жизни низкая: ожидаемая продолжительность жизни в 2012 г. составила 63 года для мужчин и 75 лет для женщин. Было доказано, что алкоголь является наиболее важным фактором, обусловливающим низкую продолжительность жизни мужчин. Действительно, когда потребление алкоголя заметно упало в результате горбачевских реформ, уровень смертности снизился на 11,4 %, показывая тем самым негативное влияние потребления алкоголя на здоровье населения России [7].

Россия и другие страны Восточной Европы потребляют больше алкоголя, чем любые другие страны мира. Кроме того, россияне употребляют алкоголь сравнительно наиболее вредным образом, а именно – нерегулярное употребление алкоголя в больших количествах, в основном вне приема пищи и связанное с интоксикацией.

Одной из глобальных проблем современного здравоохранения является курение. Ежегодно эта вредная привычка является причиной 5 млн смертей. После проведения научных исследований эксперты МАИР пришли к выводу о том, что курение сигарет, сигар и трубки является онкогенным для человека. Оно приводит к развитию всевозможных видов рака: легкого, различных отделов полости рта. Не исключается злокачественное поражение печени, почки, шейки матки и толстой кишки.

По результатам исследований, в группе повышенного риска рака легкого находятся жены курящих мужей, мужья курящих жен и лица, подверженных пассивному курению (например, бармены).

Для человеческого организма бездымный табак так же является канцерогенным. В его состав входят разнообразные табак содержащие продукты, которые имеют широкое распространение в странах Азии и Южной Америки. Эта пагубная привычка в Европе встречается редко. Исключение составляют скандинавские страны, в которых процент населения, употребляющего некурительные табаки местного производства, довольно высок. В Европейском союзе и России продажа некурительных табаков вовсе запрещена.

Большинство исследований, в которых изучается взаимосвязь между физическими нагрузками и здоровьем, свидетельствуют о том, что физическая активность и участие в различных видах досуга оказывает положительное влияние на продолжительность жизни населения. Исследование, продолжавшееся 28 лет с участием 13 000 пожилых людей, показало, что тот, кто занимался физической активностью (даже 30 мин в день), имел на 15–35 % более низкий риск смертности, чем те, кто не занимался спортом совсем [8]. В ходе эксперимента физическая нагрузка была классифициро-

вана следующим образом: общественная деятельность (посещение семьи и друзей, занятия спортом) и продуктивная деятельность (волонтерская работа, работа по дому, работа в саду и работа во дворе). Результаты, полученные среди группы людей из 1246 человек (средний возраст: 75 лет), наблюдавшихся в течение 12 лет, показали, что у тех, кто участвовал в двух или менее мероприятиях, риск смертности был в два раза выше, чем у тех, кто участвовал в шести или более мероприятиях [9].

Существует несколько предполагаемых механизмов, благодаря которым физическая активность может снизить риск заболеваемости, а значит, и смертности. Могут быть задействованы как физиологические, так и психосоциальные пути одновременно. Например, физическая культура связана с благоприятными изменениями в метаболизме, включая снижение массы тела и концентрации инсулина, глюкозы и липидов в крови. Улучшенный метаболизм снижает распространенность ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний. Другие предлагаемые механизмы включают снижение смертности населения от рака. Снижение смертности от рака может быть связано с уменьшением запасов жира, увеличением расхода энергии, изменениями уровней половых гормонов, улучшением иммунной функции, снижением уровня инсулина и инсулиноподобных факторов роста [10].

Заключение

Таким образом, проведя анализ данных статистики заболеваемости населения, можно получить достаточно достоверную информацию о состоянии здоровья населения. На основе множества исследований можно сделать вывод о том, что здоровья человека определяется воздействием многочисленных факторов. Причем это воздействие очень часто оказывается комплексным.

Сложившаяся ситуация в сфере здравоохранения требует современного взгляда на информационную деятельность, переоценки и пересмотра всех стадий ее осуществления и особенно конечного результата.

«Хочешь изменить мир – начни с себя!» – гласит всем известная пословица. Действительно, каждый из нас в первую очередь должен позаботиться о себе. Здоровье – это, пожалуй, единственное, что есть у человека с рождения и ответственность за него человек целиком и полностью несет сам.

Вредные факторы, влияющие на здоровье человека можно уменьшить, если внимательно относиться к своему организму, отказаться от вредных привычек, наладить рацион питания, заниматься спортом. Здоровые люди могут вовремя подстраиваться под социальные, биологические, химические факторы. Человек – единственный организм на планете, который имеет возможность адаптировать окружающую среду под себя. Будьте здоровы!

Список литературы

1. Макоско А.А., Матешева А.В. О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // Инновации. 2012. № 10 (168). С. 98–105.

2. Жусупбекова М.К., Сейлханов А.А. Экологические проблемы и здоровье человека // Успехи современного естествознания. 2015. № 1–3. С. 447–449.

3. Трифонова Н.Ю., Алексеева Г.С., Касапов К.И. Повышение качества медицинской помощи в рамках Целевых программ в области здравоохранения // Клинический опыт двадцатки. 2013. № 1. С. 44–47.

4. Макоско А.А., Матешева А.В. О тенденциях распространенности экологически обусловленных заболеваний вследствие техногенного загрязнения атмосферы // Инновации. 2012. № 10 (168). С. 98–105.

5. Макусев О.Н., Дмитриева О.В. О медико-экологических проблемах г. Нижнекамска // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 4. С. 257–261.

6. Ласский И.А. Заболеваемость населения как ведущий критерий в оценке здоровья населения // Клинический опыт двадцатки. 2015. № 2 (26). С. 81–87.

7. Немцов А.В. Потери вреда от алкоголя в России в 1980-х и 1990-х годах // Зависимость. 2002. № 97. С. 1413–1425.

8. Paganini-HillA, Kawas CH, Corrada MM: Activities and mortality in the elderly: the Leisure World Cohort Study. J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 2011;66:559-567.

9. Samitz G, Egger M, Zwahlen M: Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. Int. J. Epidemiol. 2011. V. 40. P. 1382–1400.

10. Заридзе Д.Г. Профилактика рака. Руководство для врачей. М.: ИМАПРЕСС, 2009. 224 с.

11. Ахмадиев Г.М. Экология урбанизированных территорий России и Татарстана: учеб. пособие. Казань, 2015. 96 с.

ОБЗОРЫ

УДК 616.32/.35-007.271-053.3

ВРОЖДЕННЫЕ АТРЕЗИИ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА У НОВОРОЖДЕННЫХ

Борисевич М.А., Кумейко И.Д., Изенов А.М., Киреев Д.Е., Альшев М.А., Жунис М.Б., Мамадиева Д.Б., Мадет Ф.Е.

НАО «Медицинский университет Караганды», Караганда, e-mail: irishakumeyko@mail.ru

По литературным данным врожденные пороки развития (ВПР) являются наиболее часто встречаемой патологией у детей периода новорожденности и младенчества и остаются основной причиной заболеваемости, инвалидности и смертности в данной возрастной группе. Врожденные пороки желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в мире и в Республике Казахстан занимают третье место по частоте встречаемости среди всех ВПР. Частота встречаемости ВПР не имеет тенденции к снижению. При этом диагностика ВПР ЖКТ возможна уже в антенатальном периоде, достоверность ее зависит от применения высокоспециализированных экспертных диагностических аппаратов, уровня квалификации специалистов, а также вида порока и его сочетания с врожденными пороками других органов и систем. Ранняя диагностика, а следовательно, и раннее начало специализированной помощи, как неонатальной, так и хирургической в перинатальных центрах, исключая транспортировку, оказывают прямое влияние на прогноз выживаемости детей с ВПР ЖКТ. Настоящая работа представляет собой обзор литературных данных по частоте встречаемости, различных методах своевременной диагностики атрезий ЖКТ, специализированной хирургической помощи и неонатального ухода в данной группе детей и прогнозе.

Ключевые слова: врожденные пороки желудочно-кишечного тракта, атрезия, новорождённые, диагностика, прогноз

CONGENITAL GASTROINTESTINAL ATRESIA IN NEWBORNS

Borisevich M.A., Kumeiko I.D., Izenov A.M., Kireev D.E., Alshev M.A., Zhunis M.B., Mamadieva D.B., Madet F.E.

NAO Karaganda Medical University, Karaganda, e-mail: irishakumeyko@mail.ru

The literature indicates that congenital malformations (CM) are among the most common pathologies of newborns and children in the first year of life and remain the main cause of morbidity, disability and mortality in this age group. Congenital malformations of the gastrointestinal tract (GIT) in the world and in the Republic of Kazakhstan occupy the third place in the frequency of occurrence among all congenital malformations. The frequency of occurrence of congenital malformations has no tendency to decrease. In this case, the diagnosis of concomitant gastrointestinal tract is possible in the antenatal period, the accuracy of which depends on the use of highly specialized expert diagnostic devices, the level of qualification of specialists, as well as the type of defect and its combination with congenital defects of other organs and systems. Early diagnosis and consequently, the early start of specialized care, both neonatal and surgical in the perinatal centers, excluding transportation, have a direct impact on the prognosis of children survival with concomitant malformations of the gastrointestinal tract. This paper presents a review of literature data on the frequency of occurrence, various methods for timely diagnosis of gastrointestinal atresia, specialized surgical care and neonatal care for this group of children and prognosis.

Keywords: congenital malformations of the gastrointestinal tract, artesia, newborns, diagnosis, prognosis

Врожденные пороки развития (ВПР) – это структурные или функциональные отклонения от нормы, которые проявляются в период внутриутробного развития и могут быть выявлены до рождения, во время рождения или на более поздних этапах жизни [1].

По оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) ВПР являются наиболее часто встречаемой патологии у детей периода новорожденности и младенчества и остаются основной причиной заболеваемости, инвалидности и смертности в данной возрастной группе [1]. В мире рождается более 5,5% детей с ВПР, летальность, при этом, составляет около 30–40% [2]. При этом среди причин неонатальной смертности ВПР составляет 7% [3]. В Республике Казахстан за последние годы ВПР занимает лидирующее место среди причин младенческой смертности, составляя 22,6–22,8% и не имеет тенденции к снижению, а в Карагандинской области 35,4–30,8%, занимает второе место после перинатальных причин [2, 4, 5].

При этом в общей структуре врожденных пороков доля патологии желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) составляет от 21,7% до 25% от всех пороков и занимает третье место. В странах Европы ВПР ЖКТ встречаются с частотой 13–26,4 на 1000 живорожденных, число летальных исходов среди новорожденных детей с диагнозом ВПР ЖКТ входит в размах от 25% до 57% [6].

Цель работы: обзор литературных данных о частоте, структуре, причинах, диа-

гностике и выживаемости наиболее часто встречаемой врожденной патологии ЖКТ – атрезии ЖКТ.

Причины возникновения ВПР ЖКТ полностью не исследованы. В зависимости от этиологиологических факторов, повлекших за собой развитие порока, условно выделяют наследственные, экзогенные и мультифакториальные ВПР: хромосомные нарушения 5%, мутации отдельных генов 2–3%, факторы внешней среды 1–2%, полигенно-мультифакториальные 90%. Но более чем в 70% случаев ВПР причины их развития остаются неизвестными [7, 8]. Однако имеются исследования, доказывающие, что в развитии врожденных пороков развития новорожденного большую роль играет антенатальный период и возникающие в данном периоде различные факторы. К ним можно отнести различные осложнения беременности, острые заболевания матери, возникшие в течение беременности, а также применение в лечении антибактериальной и гормональной терапии во время беременности. Детальный анализ различных научных исследований за последнее двадцатилетие, преимущественно в Соединенных Штатах Америки, отразил значительную частоту появления на свет детей с аноректальными пороками от родителей, зависящих от никотина и употребляющих алкоголь, матерей страдающих ожирением и сахарным диабетом (в том числе гестационным) [9]. В числе наиболее значимых внешних факторов, оказывающих большое влияние на возникновение ВПР, выделяют возрастной аспект, а именно: возраст родителей старше 35 лет; большой перерыв между первой и повторной беременностями у матерей старшего возраста; рождение первого ребенка у пожилых родителей. Важное место в формировании ВПР имеют условия и характер труда родителей, а именно наличие профессиональных вредностей. Особое значение этот факт имеет в случаях, когда негативные условия труда имеются у обоих родителей [10].

Патогенез ВПР ЖКТ связан с нарушением образования отверстий пищеварительной трубки в периоде от 4-й до 8-й недели внутриутробного развития, так как вначале эта трубка заканчивается слепо с обоих концов. Имеет значение и задержка реканализации, так как на 8-й неделе внутриутробной жизни растущий эпителий полностью закрывает просвет кишечной трубки, который в дальнейшем восстанавливается при формировании слизистой оболочки [11].

В классификации врожденных пороков пищеварительной системы можно выделить пороки развития брюшной стенки и врожденные пороки непосредственно органов ЖКТ. Однако наиболее встречаемой патологией в структуре врожденных пороков ЖКТ являются атрезии того или иного участка пищеварительной системы.

В частности, атрезия пищевода (АП) составляет примерно 30% всех случаев атрезий пищеварительного тракта [12]. Врожденные аномалии пищевода встречаются 1 раз на 3000–5000 рождений [13, 14]. По результатам различных научных и клинических исследований АП встречается в среднем с частотой 2,0–4,0 на 10 000 рождений, или 1 случай на 2500–4500 рождений [15, 16]. При этом зачастую в 50–70% случаев АП входит в структуры множественных пороков развития (МВПР) [17], и лишь в единичных случаях встречается изолированно. Клинические варианты врожденных пороков развития пищевода согласно классификации Кларк 1999 [18]:

1. АП с дистальным трахеопищеводным свищом, составляет около 86% всех случаев порока.
2. Изолированная АП без свища, встречается в 7% всех случаев.
3. Трахеопищеводный свищ без атрезии, или Н-тип, составляет 4%.
4. АП с проксимальным трахеопищеводным свищом. Это редкая форма порока, составляющая примерно 2% всей группы АП.
5. АП с проксимальным и дистальным трахеопищеводными свищами, не превышает 1%.

В международной классификации болезней 10 пересмотра выделяют только лишь следующие формы АП:

1. Врожденная АП без свища.
2. Врожденная АП с трахеопищеводым свищом.

В 5–7% случаев АП сопровождается хромосомными аномалиями (трисомия 18, 13 и 21) [17]. В 10–30% случаев АП является одним из клинических проявлений VATER- или VACTERL-ассоциации [12], где своеобразие сочетаний аномалий развития обозначены по начальным латинским буквам следующих пороков [17]:

V – пороки позвоночника;
A – пороки заднего прохода;
C – кардиальные пороки;
T – трахеопищеводный свищ;
E – атрезия пищевода;
R – дефекты лучевой кости;
L – пороки конечностей.

Существующие сведения свидетельствуют о том, что частота встречаемости данного порока пищевода остается сравнительно стабильной в течение долгого времени в разных странах [12]. На международном уровне самая высокая частота этого

заболевания зарегистрирована в Финляндии, где АТ встречается в одном случае на 2500 рождений [19]. В мировой статистике соотношение встречаемости порока у мальчиков и девочек составляет 1,26:1,0. Среди всех новорожденных с атрезией пищевода она отмечается у 21 % недоношенных детей и у 19 % маловесных [20], в 30–40 % случаев дети с АП имеют задержку внутриутробного развития [21].

Частота встречаемости атрезии двенадцатиперстной кишки (ДПК) составляет в среднем один случай на 10 000 живорожденных [22]. На выявленных ВПР ЖКТ, 2/3 случаев атрезии ДПК являются составной частью множественных пороков развития, в том числе VACTERL ассоциация [23, 24]. В 79 % случаев имеются сопутствующие пороки: например, трисомия 21, пороки сердца, кольцевидная поджелудочная железа, АП, незавершенный поворот кишечника (мальротация), атрезия других отделов ЖКТ, атрезия ануса [25, 26].

Однако атрезия толстого кишечника встречается реже, в одном случае на 20 000 живорожденных детей [27, 28].

Атрезия ануса и прямой кишки является довольно изученным пороком, а также поддается ранней диагностике. По статистическим данным из различных литературных источников, встречается с частотой от 1:1500 до 1:5000 новорожденных [24, 29]. Практически в 80 % случаев атрезия ануса и прямой кишки сочетается в другими врожденными аномалиями, такими как пороки развития мочеполовой системы, сердца, желудочно-кишечного тракта и позвоночника, особенно его каудального отдела. Атрезия ануса и прямой кишки входит в состав VACTER- и VACTERL-ассоциаций [23, 24, 30], а также может встречаться как системный ВПР, сочетаясь с атрезией пищевода [25].

Диагностика ВПР ЖКТ возможна уже с антенатального периода – с 12–23 недели гестации [17]. Основным диагностическим методом антенатальной диагностики пороков развития является ультразвуковое исследование (УЗИ) [31], которое позволяет с первых недель обнаружить ВПР. В Российской Федерации (РФ) УЗИ с целью перенатальной диагностики пороков развития проводится на трех уровнях: 1 уровень – общее акушерское УЗИ. Цель: определение «нормы» или «отклонения от нормы»; 2 уровень – специализированное перинатальное УЗИ, с целью определения наличия или отсутствия нарушений в развитии плода, при подозрении на таковые при первом УЗИ исследовании; 3 уровень – экспертное перинатальное УЗИ, целью которого является постановка окончательного диагноза и, как следствие, определение дальнейшей тактики ведения беременности и родов [31]. Согласно Национально-клиническому протоколу «Ведение физиологической беременности» в РК обязательной является постановка на учет по беременности в срок до 12 недель и на каждый триместр беременности, согласно скринингу, предусматривается УЗИ плода для выявления антенатальной патологии. При выявлении некорректируемых и, как следствие, несовместимых с жизнью ВПР решается вопрос о прерывании беременности [31]. В мировой практике применяется геномное/генетическое тестирование с использованием фетальных клеток, как один из обязательных методов антенатальной диагностики ВПР [32].

При проведении антенатальной УЗИ-диагностики пороков развития пищеварительного тракта зачастую можно столкнуться с некоторыми трудностями [33], хотя практически каждый из пороков имеет специфические перинатальные эхографические признаки, многие из них остаются только косвенными. Например, диагностическая ценность УЗИ АП составляет 25–56 %. Ультразвуковая диагностика АП базируется на основании многоводия, связанного со снижением оборота околоплодных вод по пищеварительной система плода, вследствие непроходимости пищевода; отсутствия эхографического изображения желудка или его маленьких размеров [19] при проведении динамического УЗИ наблюдении начиная с 14–16 недели гестации [30]. Неонатальная диагностика АП проста и может быть проведена еще до начала развития клинической картины: при попытке введения назогастрального зонда на расстоянии 10–12 см возникает сопротивление для дальнейшего прохождения зонда [26], данный метод не является рутинным и применяется только при наличии подозрения на АП. Более модифицированным методом диагностики АП считается проба Элефанта, когда при быстром введении через зонд воздуха, он с характерным шумом выходит обратно через нос и рот [8, 32]. Также подтвердить диагноз можно выставить по яркой клинической картине – это наличие пенистых слизистых выделений изо рта и носа новорожденного, появляющиеся с первых часов. Эпизоды ухудшения состояния ребенка при наличии АП будут чётко связаны с кормлением, в связи с тем, что молоко вытекает через нос и рот. При отсутствии правильной тактики в ведении ребенка с АП, данное состояние неизбежно приведет к развитию аспирационной пневмонии [8, 32] и как следствие, целому ряду дальнейших осложнений.

Основным антенатальным эхографическим маркером атрезии ДПК является акустический феномен «double – bubble» (двойной пузырь), соответствующий увеличению желудка в сочетании с расширением постпилорического и престенотического участков ДПК [24, 34]. Частым сопровождением пороков развития ДПК является многоводие, и чаще он встречается при поражениях проксимальных отделов кишки. Пропустить или не увидеть эти признаки просто, так как второе УЗИ делается в сроке 18–20 недель, а пренатальный диагноз чаще ставится в срок 24 недель. Но на последнем УЗИ, в 32–34 недели, данная патология визуализируется четко и ясно, и это помогает в дальнейшей тактике ведения родов (определение уровня родильных и перинатальных центров). Наиболее ранним и постоянным клиническим проявлением атрезии ДПК является рвота [26, 35]. Рвотные массы могут содержать желчь, а также могут быть без нее в зависимости от уровня непроходимости ДПК. Если непроходимость локализуется выше фатерового соска, то рвотные массы будут без примеси желчи, при этом будет отходить меконий, так как он образуется из продуктов переработки желчи, которая выделяется в данном случае в «отводящую» кишку. Если же проходимость ДПК затруднена ниже фатерового соска, то в рвотных массах можно увидеть примеси желчи, а из прямой кишки будет отходить только лишь прозрачная слизь [36]. Характерна прогрессивная потеря массы тела, со вторых суток становятся четко выраженными признаки обезвоживания. Живот вздут, увеличен в проксимальных отделах [30, 35], за счет растянутого желудка и ДПК. После обильной рвоты вздутие в надчревной области уменьшается [35]. У всех детей с атрезией ДПК рано появляется и быстро прогрессирует иктеричность кожных покровов, причина данного состояния заключается в снижении экскреции билирубина со стулом [34].

Ультразвуковая диагностика нарушений проходимости тонкого кишечника становится возможной после 25–28 недель беременности. Основной диагностический признак данной патологии – это наличие множественных кистозных образований, расположенных в верхних и средних отделах брюшной полости приблизительно одинакового диаметра. Петли кишечника, расположенные ниже, выглядят незаполненными и четко не дифференцируются [36]. Многоводие, по данным различных авторов, встречается в 30–70% случаев [22]. Клинически атрезия тонкого отдела кишечника проявляется задержкой мекония, кишечной непроходимостью с рвотой желчью и вздутием живота [14, 25].

Ультразвуковые признаки обструкции толстой кишки проявляются преимущественно после 30 недель беременности. Последнее связано с достаточно хорошей абсорбцией жидкости слизистой оболочкой кишечника. При ультразвуковом исследовании выявляются расширенные петли толстого кишечника до 2,0–3,0 см с наличием в их просвете мелкодисперсной взвеси и отсутствие гаустр [23], усилена перистальтика [37]. Многоводие не наблюдается [23]. При атрезии нижних отделов кишечника преобладают симптомы низкой кишечной непроходимости. Ребенок рождается с вздутым животом, из желудка выделяется застойное содержимое, вместо мекония из прямой кишки отходит светлая слизь [34]. При проведении очистительной клизмы получают только слепки неокрашенной слизи [37]. В связи с перерастяжением петель кишечника отмечается беспокойство ребенка, болевой синдром, усиливающийся при пальпации [37]. При пальцевом ректальном исследовании в случае атрезии толстой и сигмовидной кишки может быть выявлено запустение ампулы прямой кишки [34].

Антенатальная диагностика атрезии ануса и прямой кишки представляет большие трудности и диагностируется в 10–20% случаев, преимущественно только с 28 недели беременности [22]. На УЗИ аноректальная атрезия определяется как округлое или слегка овальное эхогенное образование с четкими контурами и утолщенной стенкой, расположенное в дистальных отделах брюшной полости. Кишечник обычно заполнен мелкодисперстным подвижным содержимым. Петли толстого кишечника в большинстве случаев имеют нормальное эхографическое строение. Количество околоплодных вод в пределах нормы [23]. Атрезия ануса диагностируется обычно во время первого осмотра новорожденного [30], где обращает на себя внимание отсутствие ануса, именно поэтому диагноз должен быть выставлен уже после первичного осмотра новорожденного врачом неонатологом. Трудности могут возникнуть при изолированной атрезии прямой кишки, когда анус сформирован нормально [9]. Важный диагностический критерий атрезии аноректальной области – отсутствие отхождения мекония, возможно увеличение живота за счет раздутых петель кишечника [38]. При наличии свища в мочевую систему отмечается визуальное изменение мочи. При атрезии ануса с ректопромежностным и ректовестибулярным свищом при осмотре можно обнаружить промежностный

или вестибулярный свищ, отхождение кала и газов затруднено, однако меконий отходит через свищ [14, 38].

В некоторых случаях рекомендуют рассмотреть применение магнитно-резонансной томографии плода, чтобы подтвердить ВПР ЖКТ и оценить дополнительные структурные аномалии [32].

Уже в неонатальном периоде наибольшую информативность в инструментальной диагностике ВПР ЖКТ составляет рентгенологическое исследование, которое при различных пороках проводится различными методиками. Рентгенологическое исследование необходимо начинать с обзорной рентгенограммы в вертикальном положении ребенка, желательно в прямой и боковой проекции, а только затем переходить к другим методам, в том числе и к контрастированию [31].

При диагностике АП бесконтрастным методом считается рентгенография, с введением рентгенконтрастного катетера, конец которого отчетливо виден в слепом отрезке пищевода [17], отмечается компрессия и отклонение трахеи [32]. Выявление газового пузыря в желудке и пневмотоза кишечника свидетельствует о наличии АП с дистальным ТПС [34]. При бессвищевых формах газ в желудке отсутствует [17]. При проведении контрастной рентгенографии категорически противопоказано применение бариевой взвеси [31], в данном случае непосредственно в зонд вводится водорастворимое контрастное вещество. При наличии АП четко виден слепой конец пищевода, а при наличии трахео-пищеводных свищей наблюдается затекание контраста в трахею [17].

Рентген-диагностика атрезии ДПК начинается с обзорной рентгенографии в прямой и боковой проекциях [33]. На рентгенографии так же, как и при антенатальной УЗИ диагностике, обнаруживается два газовых пузыря с уровнем жидкости в верхнем этаже и отсутствие воздуха в остальных отделах кишечника [25, 26, 34, 35]. Такая рентгенологическая картина абсолютно достоверна и не требует проведения дополнительных методов исследований, в том числе и с использованием контраста [31, 34]. До проведения обзорной рентгенографии у детей с подозрением на атрезию ДПК не следует зондировать желудок и делать клизму, так как это может снизить информативность рентгенологической картины [31, 34].

При атрезии тонкого кишечника на обзорной рентгенограмме повышенное наполнение петель тонкой кишки, множественные уровни жидкости, затемнение нижней половины брюшной полости, при ирригоскопии кишечник сужен, гаустрация выраженная [37]. Проводится обзорная рентгенография брюшной полости в переднезадней проекции лежа на спине, а также в боковой проекции слева, где определяются уровни жидкости слева и справа в зависимости от уровня обструкции [25].

При атрезии толстого кишечника на обзорной рентгенограмме брюшной полости в вертикальном положении можно выявить повышенное газонаполнение петель кишечника, дилятированные петли, иногда наличие уровней жидкости [37].

Для установления диагноза атрезии аноректальной области необходимо провести специализированное рентгенологическое исследование – рентгенографию по Вангестину. Техника данного метода заключается в том, что исследование проводится в положении вниз головой, наложив контрастную метку на место отсевающего ануса. Рентгенография проводится через 12–18 ч после рождения, после заполнения прямой кишки воздухом. На рентгенограмме обнаруживается область, не заполненная газами кишечника. По расстоянию между слепым концом кишки (газовый пузырь) и условной меткой на промежности судят о высоте атрезии [38]. Если наложена калостома, следует провести рентгенологическое исследование с контрастным веществом дистального отдела кишечника для установления уровня, на котором оканчивается прямая кишка, а также наличия или отсутствия свища [26].

Благодаря своевременной диагностике порока развития, оказании помощи в высокоспециализированном медицинском учреждении в более ранние сроки, раннее взятие беременных на диспансерный учет, использование УЗИ экспертного класса, использование других современных методов антенатальной диагностики ВПР, такого как генетический анализ, развитию организации хирургической помощи выживаемость новорожденных с ВПР ЖКТ имеет тенденцию к повышению за последние 30 лет [23, 39, 40]. При необходимости, учитывая высокую летальность при определенных пороках развития, необходимо решение вопроса о прерывании беременности [40].

Большое влияние на выживаемость оказывает форма ВПР ЖКТ и его сочетанность с другими пороками развития. Например, при изолированной форме атрезии пищевода выживаемость составляет 78–95 % [39]. Прогноз при атрезии ДПК напрямую зависит от характера поражения, его сочетанности с другими пороками, а также со своевременностью диагностики. Процент выживаемости детей после хирургического вмешательства при атрезии ДПК лежит

в размахе от 42 до 86 % [22]. Выживаемость детей при атрезии тонкого кишечника в последние годы составляет 84–96 % [40]. Выживаемость новорожденных при атрезии толстого кишечника варьирует от 39 до 100 % [23]. Ранняя диагностика и достижения в области неонатальной анестезии, хирургической техники, лечения сопутствующих аномалий и интенсивной терапии улучшили прогноз. В мировой практике, несмотря на увеличение числа пациентов с тяжелыми врожденными аномалиями, уровень выживаемости достиг 95 % [13].

Традиционно прогноз для детей с ВПР ЖКТ основывался на весе при рождении и наличии сопутствующей патологии, но благодаря достижениям в тактике ухода за новорожденными масса тела при рождении менее влияет на выживаемость, даже если она является очень низкой [13]. Таким образом, остается актуальной антенатальная профилактика развития ВПР ЖКТ, заблаговременное планирование беременности. При ведении беременности, в пренатальный период, стоит уделять значительное внимание соматическому и акушерскому анамнезу матери, необходимо своевременно оценить степень риска развития ВПР ЖКТ. Ввиду недостаточной выявляемости и своевременной ранней диагностике ВПР ЖКТ на ранних этапах развития, согласно приказу о регионализации перинатальной помощи РК от 21 декабря 2007 г. № 746, необходимо направлять определенный контингент беременных женщин, с наличием риска развития ВПР, в соответствующие организации, обеспеченные УЗИ аппаратами экспертного класса и высококвалифицированными специалистами [41]. С последующим решением о тактике ведения беременности, с возможной элиминацией и\или коррекцией беременности.

Выводы

1. Частота ВПР ЖКТ не имеет тенденции к снижению во многих странах мира.
2. Причины возникновения ВПР ЖКТ остаются малоизвестными.
3. Антенатальная диагностика ВПР ЖКТ возможна благодаря УЗИ-диагностике, достоверность же зависит от порока, а также от качества УЗИ аппарата (экспертное УЗИ) и опыта специалиста.
4. ВПР ЖКТ с первых дней жизни ребенка оказывает прямое влияние на тяжесть состояния новорожденного и требуют своевременной диагностики в родильном доме, квалифицированной неонатальной стабилизации состояния и выхаживания в предоперационный период, грамотной хирургической помощи в период хирургического вмешательства и дальнейшего постоперационного восстановления ребенка.
5. Своевременная антенатальная и неонатальная диагностика ВПР ЖКТ и, как следствие, грамотная тактика ухода за новорожденным и ранняя квалифицированная хирургическая помощь в условиях специализированного медицинского учреждения напрямую влияет на выживаемость новорожденных.
6. На прогноз уровня жизни, инвалидности и выживаемости детей с пороками ЖКТ оказывает влияние форма порока и его сочетанность с другими ВПР.

Авторы выражают благодарность научному руководителю, доценту, кандидату медицинских наук, профессору КГМУ К.А. Кенжебаевой как наставнику, обеспечивающему всяческую поддержку в работе.

Список литературы

1. Информационный бюллетень № 370 Апрель 2015 // ВОЗ Пороки развития. URL: http://www.who.int (дата обращения: 21.03.2019).

2. Кенжебаева К.А., Кабиева С.М., Жумаканова К.С., Галиева Г.К., Жангабулова Р.М. Факторы риска развития врожденных пороков сердца у новорожденных в ряде областей Республики Казахстан // Медицина и экология. 2018. № 2. С. 49.

3. Казакбаева А.Т., Кенжебекова Н.Л., Ержанова Н.А., Сыздыкова Ж.Е. Врожденные пороки центральной нервной системы как медицинская и социальная проблема в Карагандинской области // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 2; URL: http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18182 (дата обращения: 21.03.2019).

4. Кизатова С.Т., Тусупбекова М.М., Дюсембаева Н.И. Перинатальные аспекты в структуре младенческой смертности по Карагандинской области // Педиатрия и детская хирургия. 2016. № 3. С. 92–93.

5. Правительственная рабочая группа и Межведомственная группа ООН по расчету показателей детской смертности // Отчет г. Астана, Казахстан от 22–25 июня 2013. 23 с.

6. Байгулов М.Ш. Обоснование и разработка методики оценки организации хирургической помощи детям с врожденных пороков развития ЖКТ: дис. ... докт. мед. наук. Астана, 2011. 38 с.

7. Аппасова М.И., Чой С.В., Чагай С.М., Касымова А.С. Частота и структура врожденных пороков развития у детей города Алматы // Наука о человеке: материалы X конгресса молодых ученых и специалистов / Под ред. Л.М. Огородовой, Л.В. Капилевича. Томск: СибГМУ, 2009. 166 с.

8. Чувакова Т.К. Эффективные технологии ухода и медицинской помощи новорожденным детям: учеб. пособие. Астана, 2015. С. 279–281.

9. Аверин В.И., Ионов А.Л., Караваева С.А., Комиссаров И.А., Котин А.Н., Мокрушина О.Г., Морозов Д.А., Николаев В.В., Новожилов В.А., Поддубный И.В., Смирнов А.Н., Пименова Е.С., Окулов Е.А. Аноректальные мальформации у детей (федеральные клинические рекомендации) // Детская хирургия. 2015. Т. 19. № 4. С. 29–35.

10. Кириллова И.А. Врожденные пороки развития, вызывающие непроходимость желудочно-кишечного тракта: дис. ... канд. мед. наук. Ленинград, 1978. 114 с.

11. Исмаилова Ю .С., Бекишева А.Н., Анаятова Б.Ж., Умбеталиев С.Г., Гончарова А.В. Нозология врожденных пороков развития органов пищеварения по данным ПАО № 5 (детская прозектура) городского патологоанатомичкского бюро. Алматы: КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова, 2011 [Электронный ресурс]. URL: https://kaznmu.kz/rus/wpcontent/uploads/2011/12/ (дата обращения: 21.05.2019).

12. Выдрыч Ю.В., Демикова Н.С., Филюшкин Ю.Н., Машков А.Е., Калиненкова С.Г., Асанов А.Ю. Эпидемиологическая и клинико-генетическая характеристика атрезии пищевода (обзор литературы) // Неонатология: новости, мнения, обучение. 2015. № 4 (10). С. 60–67.

13. Robert K. Minkes, MD, PhD Medical Director of Pediatric Surgical Services, Golisano Children's Hospital of Southwest Florida; Lee Physicians Group Congenital Anomalies of Esophagus. Updated: Mar 23, 2018.

14. Ерекешов А.А. Тактика ведения новорожденных с неотложной врожденной хирургической патологией: учеб. пособие. Астана, 2008. С. 17.

15. Sfeir R., Michaud L., Salleron J., Gottrand F. Epidemiology of esophageal atresia. Dis Esophagus. 2013. vol. 26. P. 354–355.

16. Seo J., Kim Do Y., Kim A.R., Kim D.Y. et al. An 18-year experience of tracheoesophageal fistula and esophageal atresia. Korean J. Pediatr. 2010. vol. 53. P. 705–710.

17. Клинический протокол диагностики и лечения Министерства здравоохранения Республики Казахстан от «05» мая 2014 г. № 6 «Пороки развития пищевода у новорожденных» [Электронный ресурс]. URL: https://diseases.medelement.com/disease/%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%8F-%D0%BF%D0%B8%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0-%D1%83-%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85/13957 (дата обращения: 21.03.2019).

18. Clark D.C. Esophageal atresia and tracheoesophageal fistula. Am Fam Physician. 1999. V. 59. P. 910–916, 919–920.

19. Amulya K., Saxena M.D., PhD Consultant Pediatric Surgeon, Department of Pediatric Surgery, Chelsea Children's Hospital, Chelsea and Westminster Healthcare NHS Fdn Trust, Imperial College London, UK. Esophageal Atresia With or Without Tracheoesophageal Fistula. 2017.

20. Edward J. Hannon, Jennifer Billington, Edward M. Kiely, Agostino Pierro, Lewis Spitz, Kate Cross1, Joseph I. Curry1, Paolo De Coppi1. Oesophageal atresia is correctable and survivable in infants less than 1 kg Accepted. 24 November 2015 / Published online: 18 April 2016.

21. Баиров Г.А. Срочная хирургия детей. Руководство для врачей. СПб.: Питер, 1997. 462 с.

22. Пренатальная эхография / Под ред. М.В. Медведев. 1-е изд. М.: Реальное Время, 2005. 560 с.

23. Демидов В.Н., Машинец Н.В. Возможности ультразвуковой диагностики пороков развития желудочно-кишечного тракта плода. (Ч. 2, Пороки развития кишечника) // Акушерство и гинекология. 2013. № 8. С. 92–96.

24. Тараканов В.А. Возможности хирургического лечения множественных врожденных пороков развития желудочно-кишечного тракта у новорожденных // Кубанский научный медицинский вестник 2012. № 6. С. 135.

25. Рооз Р. Неонатология. Практические рекомендации: пер. с нем. М.: Мед. лит., 2011. 592 с.

26. Гомелла Т.Л, Каннигама М.Д.. Эяля Ф.Г. Неонатология в 2 т. Т. 2: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 864 с.

27. Гусева О.И. Ультразвуковая диагностика врожденных пороков развития желудочно-кишечного тракта: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Нижний Новгород, 2006. 44 с.

28. Лазюк Г.И., Кириллова И.А. Пороки развития органов пищеварения. В кн.: Лазюк Г.И., ред. Тератология человека. М.: Медицина, 1979. С. 182–208.

29. Блинов А.Ю., Медведев М.В. Атрезия ануса. Пора поставить точку // Пренатальная диагностика. 2014. № 1. С. 24–29.

30. Ричард А. Полин, Алан Р. Спитцер. Секреты неонатологии и перинатологии // Пер с англ / Под общей ред. Академика РАМН, проф. Н.Н. Володина. М.: Издательство БИНОМ, 2011. С. 295.

31. Шабалов Н.П. Неонатология: учебное пособие В 2 т. Т. 2. 3-е издание. М.: МЕДпресс-информ, 2004. С. 411.

32. Daryl A Scott, Esophageal Atresia/Tracheoesophageal Fistula Overview. GeneReviews, 2009 URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK5192/ (date of access: 21.03.2019).

33. Manoj Saha. Alimentary Tract Atresias associated with Anorectal Malformations: 10 Years' Experience. Journal of Neonatal Surgery. 2016. DOI: 10.21699/jns.v5i4.449.

34. Шабалов Н.П. Детская гастроэнтерология: руководство для врачей. 2-е изд.: МЕДпресс-информ, 2013. 760 с.

35. Национальный клинический протокол диагностики и лечения Министерства здравоохранения Республики Казахстан №6 от «05» мая 2014 года «Врожденная высокая кишечная непроходимость у новорожденных» [Электронный ресурс] URL: https://diseases.medelement.com/disease/%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%B2%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C-%D1%83-%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85/13958 (дата обращения: 21.03.2019).

36. Климанский Р.П. Оптимизация лечения новорожденных с пороками развития желудочно-кишечного тракта, ассоциированными с персистирующими внутриклеточными возбудителями: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.09. Клеман, 2017. 170 с.

37. Национальный клинический протокол Министерства здравоохранения Республики Казахстан № 33 «28» ноября 2017 года [Электронный ресурс]. URL: «Низкая кишечная непроходимость» https://diseases.medelement.com/disease/%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C-2017/15646 (дата обращения: 21.03.2019).

38. Национальный клинический протокол Министерства здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от «30» ноября 2015 года№ 18 «Врожденные пороки развития аноректальной области со свищом и без свища». [Электронный ресурс] URL: https://diseases.medelement.com/disease/%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%8F-%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9-%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%8B-%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%8F-%D0%B0%D0%BD%D1%83%D1%81%D0%B0-%D1%81%D0%BE-%D1%81%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B5%D0%BC-%D0%B8-%D0%B1%D0%B5%D0%B7-%D1%81%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0/14341 (дата обращения: 21.03.2019).

39. Кулешов Н.П., Макаров О.В., Макарова В.П. и др. Диагностика и профилактика врожденной патологии // Рос. мед.журн. 2001. № 1. С. 28–33.

40. Kumaran N., Shankar K.R., Lloyd D.A., Losty P.D. Trends in the management and outcome of jejuno-ileal atresia. Eur. J. Pediatr. Surg. 2002. P. 163.

41. Искакова А.К., Макжан А.Т., Корниенко Ю.Ю., Мельдеханова Г.К., Плешкова О.А., Ильяссова А.А., Мукушева С.Т. К проблеме факторов риска развития врожденных пороков сердца // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5. С. 104–107.

УДК 616.36-002

ФОСФОЛИПИДНЫЙ СПЕКТР КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН ПРИ ВИРУСНЫХ ГЕПАТИТАХ

Мусаев А.Т., Амрин С.Т., Шабанова А.А., Шакаралиев А.А., Алиев К.Г., Сатбаева А.С., Тримова А.Т., Онгарбаева А.Б., Смадил Н.С., Че А.С.

АО «Национальный медицинский университет», Алматы, e-mail: musaev.dr@mail.ru

Анализ литературных данных показал, что липиды составляют основу всех биологических мембран. В различных клетках процент содержания липидов может варьировать от 30 до 65 %. Функции фосфолипидов особенно ярко видны в гепатологии. Печень играет центральную роль в метаболизме липидов, и основные метаболические процессы проходят на этом уровне – производство, транспортировка и хранение липопротеинов, катаболизм различных липидов, выделение холестерина и фосфолипидов и пр. Мембраны гепатоцитов на 65 % состоят из фосфолипидов. Работа внешних (клеточных) и внутренних (субклеточных) мембранных систем зависит от целостности их фосфолипидных структур. Все метаболические процессы в клетках печени происходят с участием этих мембранных систем. Жизненный цикл вирусов гепатита В и С тесно связан с метаболизмом липидов. В настоящее время считается, что основным местом репликации вируса является печень, где имеются комплексы репликации вирусной РНК и липидные капли в качестве сайтов для сборки вирионов. Выявлено, что фосфолипиды имеют большое значение в диагностике вышеприведенных заболеваний. Существует потенциальная возможность применения показателей фосфолипидного спектра для ранней диагностики вирусных гепатитов В и С, их клинических фаз и осложнений у взрослых и детей, оценки степени тяжести воспалительного процесса, дифференциальной диагностики между ВГВ и ВГС, подбора подходящей терапии и контроля ее эффективности.

Ключевые слова: печень, гепатиты, фосфолипиды, клеточная мембрана, воспаление, антиоксиданты

PHOSPHOLIPID SPECTRUM OF CELL MEMBRANES IN VIRAL HEPATITIS

Musaev A.T., Amrin S.T., Shabanova A.A., Shakaraliev A.A., Aliev K.G., Satbaeva A.S., Trimova A.T., Ongarbaeva A.B., Smadil N.S., Che A.S.

JSC «National Medical University», Almaty, e-mail: musaev.dr@mail.ru

The analysis of literature data showed that lipids form the basis of all biological membranes. In different cells, the percentage of lipids can vary from 30 to 65 %. The functions of phospholipids are especially clearly seen in hepatology. The liver plays a central role in lipid metabolism, and the main metabolic processes take place at this level – the production, transportation and storage of lipoproteins, the catabolism of various lipids, the release of cholesterol and phospholipids, etc. Phospholipids occupy 65 % of the hepatocyte cell membrane. The work of the external (cellular) and internal (subcellular) membrane systems depends on the integrity of their phospholipid structures. All metabolic processes in the liver cells occur with the participation of these membrane systems. The life cycle of hepatitis B and C viruses is closely related to lipid metabolism. Currently, it is believed that the main viral replication site is the liver, where viral RNA replication complexes and lipid droplets are available as sites for virion assembly. It is revealed that phospholipids play a great role in the diagnosis of inflammatory liver diseases.. There is a potential possibility of using the phospholipid spectrum indicators for early diagnosis of HBV, HCV, their clinical phases and complications in adults and children, assessment of the severity of the inflammatory process, differential diagnosis between HBV and HCV, selection of suitable therapy and control of its effectiveness.

Keywords: liver, hepatitis, phospholipids, cell membrane, inflammation, antioxidants

Актуальность проблемы заключается в том, что всякое заболевание, приводящее к дисфункции печени, в итоге отражается на состоянии жирового метаболизма. Липиды занимают важное место в жизнедеятельности орагнизма, являясь одним из важнейших компонентов любой клетки. Известно, что печень, выполняя множество жизненно важных функций, также играет немаловажную роль в основных метаболических процессах, а именно – производство, транспортировка и хранение липопротеинов, катаболизм различных липидов, выделение холестерина и фосфолипидов и пр. [1]. Соответственно, в случае патологических процессов, затрагивающих печень, происходит изменение соотношения фосфолипидного спектра мембран клеток. Фосфолипиды (ФЛ) являются основным элементом липидов биомембран, количество их варьирует в пределах 40–90 % от общего количества липидов [2].

Цель исследования: изучение фосфолипидного спектра клеточных мембран при вирусных гепатитах на основании данных анализа доступной литературы.

Основное свойство ФЛ – дифильность [2]. Основные функции ФЛ: являются важнейшими составляющими мембраны клетки; биоэффекторами, регулирующими внутриклеточные и межклеточные процессы; выполняют энергетическую функцию, стабилизируют холестерин [3, 4]. Доля фосфолипидов в стенке клеток составляет 30–55 % [5].

Соотношение отдельных классов ФЛ в клетках поперечно-полосатых мышц варьируется в разных условиях жизнедеятельности миоцита и организма в целом. Таким образом, при длительных физических нагрузках в скелетных мышцах крыс содержание отдельных ФЛ изменяется, причем у разных типов мышц это изменение происходит по-разному. Имеются данные о росте содержания сфингомиелина (СМ) в мембранах некоторых клеток при старении [2]. Синтезируются они в стенке кишечника и в печени, но только клетки печени способны выделить их в кровь. При нарушении процесса синтеза фосфолипидов в печени, в ней накапливаются триацилглицериды и развивается жировая инфильтрация печени. Содержание липидов в таких случаях нередко достигает 40–50% вместо 5% в норме [6].

Основным патогенетическим фактором изменения состава фосфолипидного спектра является перекисное окисление липидов (ПОЛ) [7]. Данный процесс приводит к качественному и количественному изменению их липидного состава, что в свою очередь вызывает дисфункции трансмембранного ионного обмена. Из этого следует нарушение баланса электролитов внутри клетки, нарушение возбудимости, а также дисфункции некоторых рецепторов клетки. Дополнительные негативные эффекты ПОЛ: нарушение гомеостаза не только клетки, но и всего организма; развитием иммунно опосредованных реакций; кумуляции медиаторов воспаления, вследствие чего может произойти апоптоз/некроз клеток. Продолжительная усиленная активность ПОЛ формирует сроки реконвалесценции пациентов с острым гепатитом В. Высокая активность ПОЛ во время инфекционного заболевания усугубляет его течение за счет участия в развитии основных патогенетических звеньях [8, 9].

Жизненный цикл вирусов гепатита В и С тесно связан с метаболизмом липидов [10, 11]. На данный момент известно, что основным местом репликации вируса является печень, где имеются комплексы репликации вирусной РНК и липидные капли в качестве сайтов для сборки вирионов [12, 13]. По данным В.Г. Булыгина показатели липидного спектра клеток печени у детей с 3-й стадией хронизации вирусного гепатита В отличаются от аналогичных параметров при 2-й стадии хронизации этого заболевания, в частности, снижением соотношения холестерин (ХС)/ФЛ, что проявляется в более выраженном снижении функциональных способностей клеток печени [14]. Помимо гепатоцитов нарушается структура и функция клеточной стенки эритроцитов и лимфоцитов. Вследствие недостатка супероксиддисмутазы происходит массивное перекисное окисление легкоокисляемых фосфолипидов, таких как фосфатидилэтаноламинов, фосфатидилхолинов [7]. Характеристика фосфолипидного спектра при остром вирусном гепатите В и хроническом гепатите С выглядит следующим образом. Возрастает доля кардиолипинов, моноинозитидфосфатидов лизофосфатидилхолинов, фосфатидилсеринов среди общих фосфолипидов. Снижается доля сфингомиелинов, фосфатидилхолинов, фосфатидилэтаноламинов и среди общих фосфолипидов. Происходит уменьшение соотношения кислых и нейтральных фосфолипидов. В то же время было обнаружено, что массивное ПОЛ, накопление его продуктов и изменение фосфолипидного спектра наиболее значительно выражены в случае вирусного гепатита В (ВГВ) в сочетании с жировым гепатозом, нежели при хроническом гепатите ХГ [7]. Другие исследователи, изучая пациентов, страдающих гепатитом В и находящихся в реконвалесцентном периоде, обнаружили, что у пациентов с легкой формой гепатита В значительных изменений в фосфолипидном спектре эритроцитарных мембран не наблюдается. Показатели ПОЛ также не отличались от контрольной группы. При среднетяжелом течении в 1–2-е месяцы было выявлено снижение концентрации общих фосфолипидов (ОФЛ), и увеличение относительного содержания СМ. К 3–6-му месяцам содержание ОФЛ восстанавливалось, но в то же время повышался уровень фосфатидилэтаноамина. В 9–12-е месяцы наблюдалось повышение уровня СМ. Выявлены интенсификация ПОЛ с истощением системы антиоксидантной защиты в 1–2-й месяцы периода выздоровления ,и ее восстановление к 3–6-му месяцам [15]. У пациентов с тяжелой формой заболевания наблюдались самые сильные изменения в фосфолипидном спектре, такие как: снижение ОФЛ в 1–2-м месяцах с постепенным восстановлением к 9–12-м месяцам; Увеличение содержания ЛФХ, СМ, фосфатидной кислоты (ФК) в начале реконвалесцентного периода с постепенным восстановлением к 9–12-му месяцам; уменьшение содержания фосфатидилхолина (ФХ) в 1–2 месяцы с последующим восстановлением к 9–12-му месяцам [15].

По данным С.А. Куриловича и других авторов при хроническом гепатите различной этиологии изменение фосфолипидного состава клеточной стенки эритроцита влияет на его электрические и вязкоупругие свойства. Таким образом, при хронических

гепатитах наблюдались следующие патологические изменения в мембранах эритроцитов: снижение уровня общих фосфолипидов и увеличение соотношения ХС/ФЛ; уменьшение доли фосфатидилсерина (ФС), ФХ, фосфатидилэтаноламина (ФЭ) и СМ а также происходит увеличение содержания фракции лизофосфолипидов (ЛФЛ) [16].

Особенности фосфолипидного спектра клеточных стенок лимфоцитов при остром вирусном гепатите В были связаны с иммунопатологическими процессами, с чем связано более высокое содержании суммарных ЛФЛ и СМ, с одной стороны, и более низкое содержание ФХ и ФЭ, с другой [17].

Также в одном из исследований содержание общих липидов и фосфолипидов в сыворотке крови больных с ОВГВ различных форм тяжести с «классическим протеканием» в разгаре болезни повышалось с утяжелением картины ОВГВ, достигая очень больших величин у больных тяжелой неосложненной формой ОВГВ (соответственно в 1,9 и 2,2 раза выше, чем в контрольной группе). У пациентов, у которых наблюдалась энцефалопатия, наоборот, эти показатели снижались (соответственно в 1,8 и 4,6 раза по сравнению с тяжелой формой болезни). Выраженное уменьшение содержания липидов и особенно легкоокисляемых фосфолипидов при коматогенных формах ОВГВ может быть связано как с усиленным их расходованием в реакциях пероксидного окисления, так и с усиленным их гидролизом фосфолипазами [18].

У больных ОВГВ относительное содержание обобщенных ЛФЛ было ниже, чем у здоровых лиц, на 6,2 % и на 10,3 % ниже, чем у пациентов с токсическим гепатитом ($p < 0,001$), при сопоставлении относительного содержания фракций фосфолипидов сыворотки крови [17].

Вирус гепатита С является основным этиологическим агентом хронических заболеваний печени, цирроза и гепатоцеллюлярной карциномы [19]. Результаты исследований показывают, что HCV-инфекция снижает отношение нейтральных липидов к мембранным. Хотя количество нейтральных липидов и морфология липидных капель осталось неизменным, мембранные липиды, особенно ХС и ФЛ, накапливаются в микросомальной фракции в клетках, инфицированных HCV. К тому же в клетках, инфицированных HCV, было более высокое относительное количество ФХ и триглицеридов с более длинными жировыми ацильными цепями и повышенное использование жирных кислот С18, особенно олеиновой кислоты (18:1) [20]. Также известно, вирус гепатита С сильно зависит от метаболизма липидов, чтобы инфицировать новые клетки и реплицировать. Следовательно, изменения в содержании липидов гепатоцитов могут влиять на репликацию генома HCV, в данном случае наблюдалось снижение отношения ФХ/ФЭ. Снижение этого соотношения фосфолипидов влияет на целостность эндоплазматической ретикулярной мембраны, где происходит репликация HCV. Кроме того, HCV-полимераза NS5B содержит участок связывания сфинголипидов, а ингибитор биосинтеза сфинголипидов был обнаружен в процессе блокирования репликации HCV. Кроме того, ассоциация ХС и сфинголипидов с вирусом гепатита С (ВГС) необходима для внедрения вирусных клеток, созревания вируса и размножения [21].

По результатам одного из исследований уровни 12 сфинголипидов были значительно ниже у пациентов с HCV, чем у здоровых людей ($p < 0,05$), тогда как уровни 11 сфинголипидов были значительно выше у пациентов с HCV, чем при здоровом контроле ($p < 0,05$). Таким образом, различия в уровнях сфинголипидов в плазме были двунаправленными.

Уровни 15 ФХ и 3 ФЭ были значительно ниже у пациентов с вирусным гепатитом С, чем у здоровых контролей, тогда как уровни четырех ФХ и одного ФЭ были значительно выше у пациентов с HCV, чем у группы контроля. Кроме того, уровни ФХ и ФХ были значительно ниже у пациентов с тяжелым внутрипеченочным воспалением (IG2 и IG34), чем у пациентов с легким внутрипеченочным воспалением (IG01), что указывает на то, что они потенциально могут быть использованы как маркеры для оценки уровня воспаления [22].

При более подробном изучении фосфолипидного спектра инфицированных HCV клеток печени наблюдались наиболее выраженные изменения для ФХ, имеющего наибольший прирост для ФХ [36: 2] и ФХ [36: 1]. Но содержание ФЭ [36: 3], ФЭ [36: 4], ФЭ [38: 3] и ФХЭ [38: 4] было снижено при HCV-инфекции, в то время как ФЭ [36: 2], ФЭ [36: 1], ФЭ [38: 2], ФЭ [38: 1] увеличились в изобилии. Напротив, для СМ наибольшие относительные изменения обнаружены для СМ [34: 2; 0] и СМ [34: 1; 0], тогда как виды с более длинными алифатическими цепями были меньше всего изменены. При сравнении состава жирных кислот ФХ, ФЭ, ФИ и ФС, было обнаружено поразительное увеличение численности видов фосфолипидов, включающих ЖК типов [18: 0], и [18: 1]. Липидомический анализ в данном случае показал сильное увеличение липидов мембран, в частности ХС и ФХ, в клетках,

инфицированных HCV, тогда как уровни нейтральных липидов остались неизменными. Этот результат, вероятнее всего, отражает высокий спрос на мембранные липиды для формирования мембранной сети самого вируса гепатита С. По данным этого источника аналогично синтез сфинголипидов имеют важное значение для репликации HCV. В то время, несмотря на то, что ранее при острой инфекции были описаны случаи снижения уровня СМ, авторы обнаружили явное увеличение СМ [34: 1; 0] и СМ [42: 2; 0] и СМ [42: 1; 0]. Cer [18: 1/24: 0; 0] является наиболее распространенным видом церамидов. Его содержание сильно возросло в клетках, инфицированных HCV, в микросомальных фракциях, но не в митохондриях или липидных капельках, что указывает на определенную функцию в образовании мембранной сети клеток. Когда были проанализированы относительные количества в каждом липидном классе, было выявлено поразительное предпочтение более длинных жирных ацильных цепей в ФХ и ФС в инфицированных HCV клетках в отличие от других классах фосфолипидов. Также липидомический анализ показал увеличение количества фосфолипидов, содержащих [18: 0] или [18: 1], жирные ацильные цепи. Важность [18: 1] имеет были описаны ранее, в качестве активации пальмитиновой кислоты и десатурации стеариновой кислоты, необходимых для функционирования мембранной сети и впоследствии для репликации HCV. В целом результаты этого исследования продемонстрировали сложное ремоделирование метаболизма липидов клеток хозяина, которое было индуцировано HCV-инфекцией для усиления репликации вируса и продуцирования потомства [23].

По данным В.Г. Булыгина у детей выявлена разница показателей липидного спектра мембран гепатоцитов с 3-й стадией хронизации вирусного гепатита С от аналогичных параметров при 2-й стадией хронизации этого заболевания, в частности повышенным соотношением ХС/ФЛ, что определяет увеличение микровязкости и снижение проницаемости клеточных мембран (следовательно, и лучшую защиту от перекисного окисления липидов) [24]. Также было установлено, что истощение от HCV или гидролиз связанного с вирионом СМ приводит к потере инфекционности. Таким образом, ингибиторы биосинтетического пути сфинголипидов эффективно блокируют образование вирионов. Эти наблюдения показывают, что агенты, способные модифицировать ассоциированное с вирионом содержание липидов, могут функционировать как противовирусные препараты, предотвращая и / или блокируя инфекцию и продукцию HCV [25].

Существует способ практического применения показателей фосфолипидного спектра в диагностике воспалительных заболеваний печени [26]. Фосфолипидный состав клеточной стенки эритроцита также может служить дополнительным чувствительным критерием повреждения мембран при вирусном гепатите (хроническом или остром) [7]. Информацию об изменении фосфолипидного спектра мембран эритроцитов можно получить с помощью диэлектрофореза в неоднородном переменном электрическом поле который дает нам информацию о вязкоэластических и электрических параметрах эритроцитов [16]. Сравнительные данные фосфолипидного спектра при воспалительных заболеваниях печени показали, что по данным ряда источников снижение содержания фосфолипидов также определяется при тяжелых формах острого гепатита [3, 27].

По результатам исследований, в которых авторы занимались исследованием фосфолипидного спектра как при гепатите С и гепатите В, было установлено, что при сравнении группы пациентов с ХВГ С и ХВГ В и группы здоровых лиц было выявлено снижение показателей в группах с ХВГ. Не было выявлено никаких различий уровня сывороточных ФЛ в зависимости от этиологии вирусного гепатита. При сравнении сывороточной концентрации ФЛ у мужчин и женщин, различных возрастных групп пациентов, у пациентов с различными генотипами HCV, у пациентов с различными штаммами HBV также не было выявлено отличий. Также в данном случае было обнаружено, что концентрация ФЛ в сыворотке крови по сравнению с показателями до лечения была значительно увеличена после курса комбинированной противовирусной тереапии (ПВТ), что могло быть объяснено тем, что активность воспаления и деструкция клеточных мембран гепатоцитов сильно снизилась. Повышение содержания ФЛ в крови наблюдалось и при положительном ответе на комбинированную ПВТ, и при терапевтической неудаче. Однако на фоне курса ПВТ не наблюдалось полного восстановления показателей содержания ФЛ [28].

По данным Khedr A. и других авторов, класс ФИ может использоваться в качестве биомаркеров для дифференциации между HCV и HBV, поскольку 6 ФИ были значительно различны в сыворотках, изученных у пациентов с этими двумя заболеваниями [29] по данным В.Ф. Учайкина при легких формах содержание триглицеридов, ФЛ, моно-, диглицеридов, свободного хо-

лестерина и общих липидов увеличивается в среднем на 50%, а при среднетяжелых и тяжелых формах более чем в 2 раза [30].

Эссенциальные фосфолипиды (EPL) влияют на мембранные зависимые клеточные функции и проявляют антиоксидантную, противовоспалительную, противогрибковую, апоптоз-модулирующую, регенеративную, восстанавливающую мембрану и защитную функции [31]. Показанием к назначению EPL при заболеваниях печени являются: снижение общего уровня фосфолипидов мембраны эритроцитов, а также изменения их соотношения [16]. Исследования по применению EPL у больных с заболеваниями печени показали положительную динамику в клинической картине, а также лабораторно-инструментальных показателях. Соответствующие побочные эффекты, связанные с приемом EPL, не наблюдались [32, 33]. По данным В.А. Саркисян использование препарата «Эссенциале» обоснованно в случае острого гепатита в сочетании с жировым гепатозом [7]. В случае хронического гепатита С применение эссенциале как вспомогательного препарата совместно с интерферонотерапией не обосновано, в связи с отсутствием эффективности [7]. После фосфолипидзамещающей терапии была выявлена положительная динамика в восстановлении фосфолипидного спектра и функциональных свойств эритроцитов (улучшение пластичности, скорости движения клеток к электродам, поляризуемости, емкости и уменьшения показателей вязкости, жесткости, индексов агрегации и деструкции, электропроводимости) [16]. Назначение в терапию фосфатидилхолина в виде «Эссенциале» без определения уровня ФХ в крови бессмысленно. На деле при назначении пациентам с повышенным уровнем ФХ наблюдался отрицательный эффект, нарастала желтуха, гипербилирубинемия и активность ферментов печени. Некоторые авторы и вовсе наблюдали отсутствие терапевтического эффекта «Эссенциале» при лечении пациентов острым вирусным гепатитом В [34]. В одном из исследований было установлено мембранопротекторное и антиоксидантное действие препарата Липотон, что подтверждается уменьшением активности аминотрансфераз, содержания в сыворотке крови общего билирубина, конечных (малоновый диальдегид) продуктов липопероксидации. Механизм гепатопротекторного влияния липотона обусловлен восстановлением нормального спектра мембранных фосфолипидов, его антиоксидантным действием, улучшением антитоксической функции печени [4]. Также изучали гепатотропную активность Remaxol и Essentiale N при хроническом вирусном гепатите. Remaxol имел гепатотропный эффект, сравнимый с Essentiale N, но более эффективно сокращал астено-вегетативный, диспептический, холестатический и интоксикационный синдром [35]. V. Reghellin и др. изучили роль рецептора NS5A, который рекрутирует липидокиназу фосфатидилинозитол-4-киназу III (PI4KIII) в индуцированную HCV мембранную сеть для получения фосфатидилинозитол-4-фосфата (PI4P) в местах репликации. Результаты одного из исследований, продемонстрировали, что лечение ингибиторами NS5A приводит к нарушению образования комплекса NS5A-PI4KIII, которое сопровождается значительным снижением уровней PI4P и холестерина в эндомембранных структурах клеток, которые реплицируют HCV [36]. Имеются данные о разработке новой терапии, основанной на регулировании липидного состава и структуры мембраны. Данный вид лечения получил название мембранно-липидная терапия [37].

Заключение

Таким образом, в результате анализа литературы по изменению фосфолипидного спектра клеточных мембран при гепатитах, в частности ВГС и ВГВ, мы пришли к заключению, что фосфолипиды имеют большое значение в патогенезе, диагностике, лечении указанных заболеваний. Существует потенциальная возможность применения показателей фосфолипидного спектра для ранней диагностики воспалительных заболеваний печени, их клинических фаз и осложнений у взрослых и детей, оценки степени тяжести воспалительного процесса, дифференциальной диагностики между ВГВ и ВГС, подбора подходящей терапии и контроля ее эффективности.

Список литературы

1. Sadia Q.A., Farah N.T., Naseem A.C. et al. A comparative study of serum lipid contents in pre and post IFN-alpha treatedacute hepatitis C patients. Lipids in Health and Disease. 2015. V. 14. P. 117. DOI: 10.1186/s12944-015-0119-x#Bib1.

2. Ипатова О.М. Фосфоглив: Механизм действия и применение в клинике. М., 2005. 11 с.

3. Полотнянко Л.И., Полотнянко А.Н. Лабораторная диагностика заболеваний: учебное пособие для студентов медицинских училищ. М.: Гуманитарный изд. центр ВЛАДОС, 2013. 115 с.

4. Востроилова Г.А., Баранова Т.Ю., Ермакова Т.И. Гепатозащитное действие липотона нового фосфолипидного препарата природного происхождения // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 1. С. 40–45.

5. Кузнецов В.И., Моррисон В.В., Лиско О.Б., Царева Т.Д., Сретенская Д.А., Гаврилова И.Б., Хлебожарова О.А. Липиды в структуре и функционировании биологических мембран (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2014. № 10 (2). С. 262–266.

6. Елисеева О.И. Лечение вирусных заболеваний. Гепатит. СПИД. М.: ИГ«Весь», 2017. 124 с.

7. Саркисян В.А. Фосфолипидный спектр и липопероксидация при остром гепатите В и хроническом гепатите С: автореф. дис. … канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2004. 24 с.

8. Попков В.М., Чеснокова Н.П., Ледванов М.Ю. Активация липопероксидации как ведущий патогенетический фактор развития типовых патологических процессов и заболеваний различной этиологии. М., 2012. 25 с.

9. Макаров В.К. Фосфосфолипиды сыворотки крови в дифференциальной диагностике хронического гепатита и цирроза печени // Вестник ТвГУ. 2018. № 1. С. 161–168.

10. Иванов А.В., Кузякин А.О., Кочетков С.Н. Молекулярная биология вируса гепатита С // Успехи биологической химии. 2005. № 45. С. 37–86.

11. Muriel Lavie Jean Dubuisson. Interplay between hepatitis C virus and lipid metabolism during virus entry and assembly. Biochimie. 2017. vol. 141. P. 62–69.

12. Elena N., Belén Y., Carmen D. et al. Interaction of preS domains of hepatitis B virus with phospholipid vesicles. Biochimica et Biophysica Acta. 2009. vol. 1788. P. 417–424.

13. Haider M., Asma N., Ilyas M. et al. Recombinant hepatitis B surface antigen and anionic phospholipids share abinding region in the fifth domain of β2-glycoprotein I. Biochimica et Biophysica Acta. 2008. vol. 1782. P. 163–168.

14. Булыгин В.Г. Параметры липидного спектра в клетках печени и лимфоцитах периферической крови у детей, больных хроническим вирусным гепатитом В // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2011. № 3. С. 24–27.

15. Кузнецов В.И., Ющук Н.Д., Моррисон В.В. Состояние структурных и функциональных показателей биомембран у реконвалесцентов с острым гепатитом В // Российский журнал гастроэнетрологии, гепатологии, колопроктологии. 2006. № 5. С. 20–25.

16. Курилович С.А., Кручинина М.В., Громов А.А., Генералов В.М., Бакиров Т.С., Рихтер В.А., Семенов Д.В. Обоснование применения эссенциальных фосфолипидов при хронических заболеваниях печени: динамика электрических и вязкоупругих параметров эритроцитов // Гастроэнтерология. 2010. № 11. С. 46–52.

17. Макаров В.К., Рясенский Д.С. Фосфолипиды сыворотки крови и мембран лимфоцитов при остром вирусном гепатите в и токсическом гепатите // Биомедицинская химия. 2009. Т. 55. вып. 4. С. 525–529.

18. Дудник Л.Б., Виксна Л.М., Майоре А.Я. Пероксидное окисление липидов и его связь с изменением состава и антиокислительных свойств липидов при коматогенных формах острого вирусного гепатита В // Вопросы медицинской химии. 2000. № 6. С. 597–609.

19. Simmonds P. The origin of hepatitis C virus. Curr. Top. Microbiol. Immunol 2013. V. 369. P. 1–15.

20. Hofmann S., Krajewski M., Scherer C. et al. Complex lipid metabolic remodeling is required for efficient hepatitis C virus replication. Biochim. Biophys. Acta Mol. Cell. Biol. Lipids. 2018. № 1863 (9). P. 1041–1056.

21. Koen Vercauteren, Ahmed Atef Mesalam, Geert Leroux-Roels, and Philip Meuleman. Hepatitis C virus Impact of lipids and lipoproteins on hepatitis C virus infection and virus neutralization. World J. Gastroenterol. 2014. Vol. 20(43). P. 15975–15991.

22. Feng Qu, Su-Jun Zheng, Cai-Sheng Wu et al. Lipidomic profiling of plasma in patients with chronic hepatitis C infection. Anal. Bioanal. Chem. 2014. Vol. 406(2). P. 555–564.

23. Sarah Hofmanna, Matthias Krajewskib, Christina Scherera et al. Complex lipid metabolic remodeling is required for efficient hepatitis C virus replication. Biochim. Biophys. Acta Mol. Cell. Biol. Lipids. 2018. Vol. 1863(9). P. 1041–1056.

24. Булыгин В.Г. Липидный спектр в клетках печени и лимфоцитах крови у детей при разных стадиях хронизации гепатита С // Успехи современного естествознания. 2014. № 5–1. С. 25–28.

25. Hideki Aizaki, Kenichi Morikawa, Masayoshi Fukasawa, et al. Critical Role of Virion-Associated Cholesterol and Sphingolipid in Hepatitis C Virus Infection. Journal of virology. 2008. Vol. 82. № 12. P. 5715–5724.

26. Макаров В.К. Способ диагностики хронических заболеваний печени // Патент РФ № 2167424, заявка № 2000118934/14, заявка 17.07.2000, начало действия 17.07.2000, опубл.20.05.2001, G 01 N 33/50, 33/52 C1.

27. Кулиненков О.С., Лапшин И.А. Биохимия в практике спорта. М.: Спорт, 2018. 124 с.

28. Гудзовская Д.А. Клиническое значение дополнительных показателей активности воспаления при хронических вирусных заболеваниях печени: дис. … канд. мед. наук: 14.01.04. Ставрополь, 2010. 152 с.

29. Khedr A., Hegazy M.A., Kammoun A.K., Shehata M.A. Phospholipidomic identification of potential serum biomarkers in dengue fever, hepatitis B and hepatitis C using liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry. J. Chromatogr. B. Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. 2016. Vol. 1009-1010. P. 44–54.

30. Учайкин В.Ф., Чередниченко Т.В., Смирнов А.В. Инфекционная гепатология: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 640 с.

31. Степанов Ю.М., Меланич С.Л., Ягмур В.Б., Кленина И.А., Коненко И.С. Оценка эффективности применения эссенциальных фосфолипидов у больных хроническим вирусным гепатитом С // Гастроэнтерология. 2016. № 1 (59). С. 71–76.

32. Gundermann K.J., Kuenker A., Kuntz E., Droździk M. Activity of essential phospholipids (EPL) from soybean in liver diseases. Pharmacol. Rep. 2011. Vol. 63(3). P. 643–659.

33. Грищенко Е.Б. Место фосфолипидных препаратов в современной терапевтической практике // МС. 2013. № 3. С. 52–57.

34. Макаров В.К. Способ диагностики индивидуального показания к назначению эссенциале // Патент РФ № 2213977, заявка № 2002106564/14, заявл. 14.03.2002, начало действия 14.03.2002, опубл.10.10.2003. G01 N 33/92 C1.

35. Pavelkina V.F., Ampleeva N.P. Comparative effectiveness hepatotropic activity remaxol and Essentiale N in chronic viral hepatitis. Eksp. Klin. Farmakol. Vol. 201477(12). P. 17–21.

36. Reghellin V., Donnici L., Fenu S., et al. NS5A Inhibitors Impair NS5A–Phosphatidylinositol 4-Kinase III_ Complex Formation and Cause a Decrease of Phosphatidylinositol 4-Phosphate and Cholesterol Levels in Hepatitis C Virus-Associated Membranes. Antimicrob. Agents. Chemother. 2014. Vol. 58(12). P. 7128–7140.

37. Pablo V. Membrane-lipid therapy: A historical perspective of membrane-targeted therapies – From lipid bilayer structure to the pathophysiological regulation of cells. Biochim. Biophys. Acta Biomembr. 2017. Vol. 1859(9 Pt B). P. 1493–1506.

УДК 614.7:34

КОМПЛЕКС МЕР, ЗАКРЕПЛЕННЫЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, НАПРАВЛЕННЫЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Савостикова О.Н., Водянова М.А., Алексеева А.В., Мамонов Р.А.

ФГБУ «ЦСП» Минздрава России, Москва, e-mail: info@cspmz.ru

В статье представлены результаты анализа законодательных актов Российской Федерации в области обеспечения химической безопасности, в том числе основные понятия, термины и приоритетный комплекс мер, направленный на реализацию политики государства в данной области. Методический скрининг нормативно-правовых основ законодательства Российской Федерации, регулирующих сектор по обеспечению химической безопасности населения, показал, что действующие законодательные акты не имеют единой стратегической направленности, что может приводить к разобщенности при урегулировании отдельных вопросов. Разработка общей правовой платформы позволит обеспечить эффективную систему взаимодействия различных организаций при оперативном принятии управленческих решений. Показано, что увеличение товарооборота химической продукции стимулирует органы государственной власти пересматривать федеральное законодательство с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, неизменного состояния окружающей среды в целях предотвращения неблагоприятного воздействия различных факторов, как химического, так и биологического происхождения, при этом уровни риска должны характеризоваться как допустимые. Тем не менее научно обоснована значимость разработки обобщающего закона, предусматривающего правовые формы основ предупреждения негативного воздействия химических факторов на здоровье человека и объекты окружающей природной среды, строго регламентирующего использование химической продукции на всех стадиях жизненного цикла.

Ключевые слова: химическая безопасность, влияние на здоровье, комплекс мер, законодательные акты

A SET OF MEASURES, ENSHRINED IN THE LEGISLATION OF THE RUSSIAN FEDERATION, AIMED AT ENSURING CHEMICAL SAFETY

Savostikova O.N., Vodyanova M.A., Alekseeva A.V., Mamonov R.A.

Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: info@cspmz.ru

The article presents the results of the analysis of legislative acts of the Russian Federation in the field of chemical safety, including the basic concepts, terms and a priority set of measures aimed at the implementation of state policy in this area. The methodological screening of the regulatory framework of the legislation of the Russian Federation governing the sector for ensuring the chemical safety of the population showed that the current legislation does not have a single strategic focus, which can lead to disunity in the resolution of individual issues. The development of a common legal platform will ensure an effective system of interaction between various organizations in the operational management decisions. It is shown that an increase in the turnover of chemical products stimulates state authorities to revise federal legislation in order to ensure the sanitary and epidemiological well-being of the population, a constant state of the environment in order to prevent the adverse effects of various factors, both chemical and biological, with the levels of risk permissible. Nevertheless, the scientifically substantiated significance of the development of a synthesis law providing for the legal forms of the basis for the prevention of negative effects of chemical factors on human health and environmental objects, which strictly regulates the use of chemical products at all stages of the life cycle.

Keywords: chemical safety, health effects, a set of measures, legislation

Научно-технический и промышленный прогресс, направленный на повышение благосостояния и улучшение здоровья, ведет к росту уровня заболеваемости и смертности среди населения через нарастающее загрязнение окружающей среды. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), только загрязнение атмосферного воздуха привело в 2016 г. к преждевременной смерти более четырех миллионов человек в мире [1]. Системная и многокомпонентная нагрузка химическими агентами, определяемая химическим загрязнением пищевых продуктов, питьевой воды, атмосферного воздуха и почвы, формирует в Российской Федерации 20–25 % дополнительных случаев неинфекционных заболеваний, а экономический ущерб составляет ежегодно около 1 трлн руб., что составляет 3 % от показателя валового внутреннего продукта (ВВП) страны [2]. Необходимо отметить, что по оценочным данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), объемы продаж химической продукции также будут возрастать примерно на 3 % в год до 2050 г. В это же время химическая промышленность в Российской Федерации, по различным оценкам, составляет от 2 до 5 % ВВП [3]. Увеличение товарооборота химической продукции стимулирует органы государственной власти пересматривать федеральное законодательство с целью обеспечения санитарно-эпидемиологического

благополучия населения, неизменного состояния окружающей среды в целях предотвращения неблагоприятного воздействия различных факторов, как химического, так и биологического происхождения, при этом уровни риска должны характеризоваться как допустимые [4]. Существующая система характеризуется большим видовым разнообразием и регулируется нормами законодательных и правовых актов, а также иными методическими документами.

Таким образом, целью данной работы является изучение нормативно-правовых актов в области обеспечения химической безопасности и обоснование их возможного совершенствования с гигиенических позиций.

Материалы и методы исследования

В работе проведен анализ нормативных правовых документов (федеральных законов), действующих на территории России, охватывающих разнообразные сферы деятельности человека, связанные в большей или меньшей степени с необходимостью предупреждения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности как на самого человека, так и на объекты окружающей среды: «Об охране окружающей среды» [5]; «Водный кодекс Российской Федерации» [6]; «Воздушный кодекс Российской Федерации» [7]; «Об охране атмосферного воздуха» [8]; «О недрах» [9]; «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» [10]; «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [11]; «О водоснабжении и водоотведении» [12]; «Об отходах производства и потребления» [13]; «О качестве и безопасности пищевых продуктов» [14]; «Об обращении лекарственных средств» [15]; «О семеноводстве» [16]; «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [17]; «Градостроительный кодекс Российской Федерации» [18]; «Об охране озера Байкал» [19]; «Об уничтожении химического оружия» [20]; «Об особо охраняемых природных территориях» [21]; «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [22]; «О науке и государственной научно-технической политике» [23]; «Об экологической экспертизе» [24]; «О государственном контроле за осуществлением международных автомобильных перевозок и об ответственности за нарушение порядка их выполнения» [25]; «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака» [26]; «О техническом регулировании» [27].

Результаты исследования и их обсуждение

Основными источниками права в области обеспечения химической безопасности являются федеральные законы и характеризуются узкой специализацией, а соответственно, регулируют ограниченный круг вопросов, что приводит к широкому спектру подзаконных актов и методических документов.

Все федеральные законы в данной области можно условно разделить на общие федеральные законы, объектом регулирования которых являются межотраслевые правоотношения, в том числе обеспечение безопасности окружающей среды, такие как Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [5], Водный и Воздушный кодексы Российской Федерации [6–7], санитарно-эпидемиологического благополучия населения [11–13], генной инженерии, безопасности пищевых продуктов [14–16] и процессов их производства [17] и другие, регулирующие частные вопросы, а также – другую группу специальных нормативных актов, регулирующих и обеспечивающих химическую безопасность продукции (товаров) [27]. В отдельную подгруппу следует выделить нормативно-правовые акты в области технического регулирования, содержащие требования к взрывобезопасности, промышленной и химической безопасности.

Наиболее проработанными являются законы, включающие комплекс мер, направленный на обеспечение безопасности здоровья населения, использующего товары народного потребления, в том числе фармацевтические препараты; продукты питания, молочную, табачную продукцию; водоснабжение и водоотведение. В первую очередь это обусловлено требованиями законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

В свою очередь можно отметить законы, касающиеся охраны животного мира и среды его обитания, в которых проработаны меры, позволяющие с определенной уверенностью предупреждать заболевания и уничтожение объектов экосистемы, а также ухудшения качества окружающей среды, в том числе затрагивающие применение химических препаратов.

Равным образом, действуют законы, выделяющие определенные местности и земли как особо охраняемые объекты и территории. Их защита обеспечивается посредством установления ограничительных зон, минимизирующих или исключающих хозяйственно-бытовую деятельность, вплоть до запрещения там проживания и всех видов освоения территории. Кроме того, в целях предотвращения негативного воздействия деятельности на окружающую среду действует Федеральный закон № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе», направленный на осуществление конституционных прав граждан России на благоприятную окружающую среду [24].

Следует отметить, что обеспечение химической безопасности граждан Российской

Федерации и территории страны является совокупной задачей многих министерств и ведомств. Большинство законов и подзаконных актов, так или иначе затрагивающих тему химической безопасности, действуют в настоящий момент разрозненно, нередко не взаимодействуя друг с другом, взаимно дублируют или, наоборот, не охватывают все требующиеся аспекты. Соответственно, для обеспечения химической безопасности населения с приемлемым уровнем риска негативного воздействия опасных химических веществ и их смесей необходим принятый на законодательном уровне комплекс мер, включающий ряд основных аспектов:

1. Декларирование соответствия химической продукции или иных товаров, прямо или косвенно имеющих отношение к химическим веществам (произведенным или импортированным), требованиям федерального законодательства; использование специальной маркировки.

2. Механизм реализации химической продукции, включая продукцию ограниченного использования для граждан, имеющих специальную профессиональную подготовку, а также различных видов отходов; механизм ввоза и вывоза, транспортировки, хранения, обезвреживания, порядок применения, утилизации, уничтожения и захоронения пришедших в негодность и (или) запрещенных к применению химической продукции, отходов.

3. Заблаговременное создание финансовых резервов и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций, потенциально возможных в результате нарушений требований к обеспечению химической безопасности, в целях экстренного привлечения необходимых средств.

4. Пропаганда знаний в области обеспечения химической безопасности населения и территорий, в том числе обеспечения безопасности населения при эксплуатации объектов водной инфраструктуры.

5. Обязательное страхование гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии на химическом производстве или производстве различного рода товаров, имеющих в своем составе химические компоненты. Так, например, предусмотренные финансовые ресурсы на покрытие гражданской ответственности в случае возмещения причиненного вреда в результате аварии на производстве химической промышленности (за исключением обстоятельств вследствие непреодолимой силы), обеспечивает хозяйствующий субъект за счет собственных средств и/или за счет страховой суммы, определенной договором по страхованию рисков.

6. Внедрение понятия экологическое страхование, которое осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

7. Формирование четкого и понятного механизма экспертной оценки как проектных документов химического производства или производства различного рода товаров, имеющих в своем составе химические компоненты, так и непосредственно химической продукции. Строгое соблюдение порядка введения в обращение новых химически опасных технологий и продуктов с учетом их возможной трансформации в окружающей среде [28].

8. В целях обеспечения качества химической продукции и повышения уровня безопасности жизни и здоровья населения и экологической стабильности при использовании химической продукции необходимо наличие специфических нормативных документов, в том числе отраслевых и технологических стандартов и регламентов, гарантированно обеспечивающих научно обоснованный уровень безопасности с учетом современных знаний, технических, технологических и экономических возможностей, а также критериев безопасности в соответствии с принятыми в установленном порядке нормативно-правовыми актами (стандартами, нормами, нормативами, правилами и т.д.).

9. Для снижения антропогенной нагрузки на территории государственных природных заповедников, национальных и природных парков, а также памятников природы необходимо создание охранных зон по их периметру.

10. Проведение государственного экологического мониторинга окружающей среды, созданного как единая система государственного мониторинга, должно учитывать ретроспективные данные о состоянии объектов окружающей среды с учетом хозяйственного освоения территорий. Создание информационно-аналитической базы данных об эксплуатации опасных химических объектов на территориях субъектов Российской Федерации. Такой подход позволит исключить дублирование мониторинговых исследований по конкретным объектам, а также выявить наиболее проблемные зоны и принять по ним соответствующие ситуационные решения.

11. Проведение рекультивационных работ и мероприятий, направленных на введение в оборот государственного народного хозяйства отчужденных, захламленных и загрязненных в результате прошлой хозяйственной деятельности территорий Российской Федерации, приведенных

к надлежащему качеству, в соответствии с действующим санитарно-гигиеническим и эпидемиологическим законодательством.

12. Проведение государственной экологической экспертизы проектной и технической документации различных объектов, обосновывающей планируемую хозяйственную и иную деятельность, на соответствие требованиям законодательства в области охраны окружающей среды.

13. Внедрение в законодательную практику понятия «экономическое стимулирование прекращения производства и использования озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции».

14. Государственная поддержка деятельности по внедрению наилучших доступных технологий и иных мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

15. Четкое формулирование правил промышленной безопасности, безоговорочное соблюдение условий труда работников, подготовка специалистов в области химической безопасности.

Перечисленный комплекс мер, направленный на обеспечение химической безопасности, усиливается федеральным законодательством, разработанным для специализированных отраслей, имеющих жесткие регламенты. Контроль состояния объектов окружающей среды должен проводиться в соответствии с санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим законодательством, обеспечивающим здоровье населения и будущих поколений, а также безопасность окружающей среды. Безусловно, Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу» [29] направлен на доработку нормативно-правовых основ по данному направлению.

Заключение

Отсутствие объединяющего нормативно-правового акта, определяющего и регулирующего направления государственной политики, отсутствие связи между ее основными элементами приводит к недостаточной координации деятельности различных министерств, ведомств и организаций, работающих в области химической безопасности. Проведенный анализ нормативно-правовых актов Российской Федерации в области химической безопасности показал, что в ряде случаев их содержание характеризуется недостаточной правовой защищенностью человека и окружающей среды от источников химической опасности. Также можно отметить, что в общем виде все меры государственного регулирующего воздействия в области химической безопасности можно подразделить на превентивные меры; защитные и меры охраны человека, животного и растительного мира и окружающей среды, меры по снижению опасного воздействия химически и биологически опасных объектов, ликвидационные меры. Таким образом, закон, определяющий правовую основу защиты населения и объектов окружающей среды от вредного химического воздействия, а также строго регламентирующий использование химических веществ на всех стадиях их жизненного цикла, является крайне необходимым. Работа в данном направлении ведется начиная с 2013 г., однако к настоящему моменту по ряду ключевых вопросов, затронутых в разработанном проекте законодательного акта, не достигнуто соглашение между заинтересованными органами исполнительной власти, что не позволяет действовать в едином направлении при решении актуальных задач обеспечения химической безопасности.

Список литературы

1. Качество атмосферного воздуха и здоровье // Информационный бюллетень ВОЗ; URL: ttps://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health (дата обращения: 28.02.2019).

2. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. 2014. № 5. С. 5–10.

3. Перспективы российской химической промышленности оцениваются очень высоко – даже в условиях госрегулирования и рисков геополитики, перспективы отрасли оцениваются выше остальных секторов промышленности// Электронная газета «Век». URL: https://wek.ru/dolya-ximicheskoj-promyshlennosti-v-vvp-rossii-sostavlyaet-2 (дата обращения: 18.02.2019).

4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране окружающей среды«. [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=1638397006079 28769 315944952&cacheid=501CB6B11EB7E873AE94995C7C461EB9&mode=splus&base=LAW&n=301549&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#1xq40vf95hw (дата обращения: 18.05.2019).

5. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/ online.cgi?req=doc&ts=16383970060792 8769315944952&cacheid=A9005058AAA362BBA8FA17920 2F94D02&mode=splus&base=LAW&n=314910&rnd=5B7445 DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#1x485812hm2 (дата обращения: 18.05.2019).

6. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.08.2018). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/ cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594 4952&cacheid=7B975F69E2B3E509428C174A9CC7876F&mode=splus&base=LAW&n=304188&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD23-3A67#6wvqhzqe4i8 (дата обращения: 18.05.2019).

7. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране атмосферного воздуха». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=163 83970060792876931594 4952&cacheid=C58F9E202EAEBFD0AF7C4877C9C02BB9&mode=splus&ba

se=LAW&n=217925&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#1gzmagrpbkp (дата обращения: 18.05.2019).

8. Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1 (ред. от 03.08.2018) «О недрах» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=1638 397006079287693159449 52&cacheid=FFE0808379153CBC1A34C676B6042CEB&mode=splus&base=LAW&n=300834&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#oct218z9ek (дата обращения: 18.05.2019).

9. Федеральный закон от 19.07.1997 № 109-ФЗ (ред. от 17.04.2017) «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/ online.cgi?req=doc&ts=163839700607 928769315944952&cacheid=308437197267ABDC9B5166E3FF948F61&mode=splus&base=LAW&n=215548&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#3dpzql4sdkk (дата обращения: 18.05.2019).

10. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (с изм. и доп., вступ. в силу с 21.10.2018). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=163839700607928769315944 952&cacheid=B34B3B9650040785830E2EC59B8D14C3&mode=splus&base=LAW&n=296562&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#9yu1826jm80 (дата обращения: 18.05.2019).

11. Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ (ред. от 25.12.2018) «О водоснабжении и водоотведении». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060 7928769315944952&cacheid=96075B3E5AC580603D3D86B383B8D7D4&mode=splus&base=LAW&n=314392&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#10y6k32g6z8 (дата обращения: 18.05.2019).

12. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 25.12.2018) «Об отходах производства и потребления». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=E161C8CC50156C0424EDA59E2395D68C&mode=splus&base=LAW&n=314393&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#29v8ir16rnj (дата обращения: 18.05.2019).

13. Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ (ред. от 23.04.2018) «О качестве и безопасности пищевых продуктов». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi? req=doc&ts=1638397-0060792876931594495 2&cacheid=5B0255CC9E71D83870F6EEE00A1414C4&mode=splus&base=LAW&n=296542&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#1p2ucbiq1ro (дата обращения: 18.05.2019).

14. Федеральный закон от 12.04.2010 № 61-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Об обращении лекарственных средств». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts= 16383970060792876931594495 2&cacheid=2C6C4F5C462BA74C4625A638D282F3A7&mode=splus&base=LAW&n=314858&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#becxts9cswo (дата обращения: 18.05.2019).

15. Федеральный закон от 17.12.1997 № 149-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О семеноводстве». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=FD9B8F153DB89DB679F18F66E883FC57&mode=splus&base=LAW&n=201002&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#3x5air06n4k (дата обращения: 18.05.2019).

16. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/ online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=92146C038F3113910B36BA5B9D7635E9&mode=splus&base=LAW&n=303638&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#2itrgkqwm1w (дата обращения: 18.05.2019).

17. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792 8769315944952&cacheid=67CF5FC8059DB82671A7CF733492E20F&mode=splus&base=LAW&n=301011&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#26x75jo6t8l (дата обращения: 18.05.2019).

18. Федеральный закон от 01.05.1999 № 94-ФЗ (ред. от 28.06.2014) «Об охране озера Байкал». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=9DC2A5BE8FAD7A44F20DFB664AF90F23&mode=splus&base=LAW&n=164916&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#afgt1xd62i8 (дата обращения: 18.05.2019).

19. Федеральный закон от 02.05.1997 № 76-ФЗ (ред. от 05.02.2018) «Об уничтожении химического оружия». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts= 16383970060792876931594495 2&cacheid=093CFB39E5FBE50C30C6E45B6957A52C&mode=splus&base=LAW&n=289901&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#8z5q12z5qb (дата обращения: 18.05.2019).

20. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «Об особо охраняемых природных территориях» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud. consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=84C0F0A166AED5DA2A3CA363D9ED23CC&mode=splus&base=LAW&n=300840&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#a1gbn9wr81 (дата обращения: 18.05.2019).

21. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=547591070A421B2DAD906B6B0349A894&mode=splus&base=LAW&n=200121&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#1jpj6yy3vxz (дата обращения: 18.05.2019).

22. Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) «О науке и государственной научно-технической политике» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=0E66D464D562F914334A607529FB38FF&mode=splus&base=LAW&n=201438&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#2dgn2jciytq (дата обращения: 18.05.2019).

23. Федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ (ред. от 25.12.2018) «Об экологической экспертизе». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=163839700607928 769315944952&cacheid=DE6ECA0E40F2D46842AE4973C9AB1068&mode=splus&base=LAW&n=324008&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#ckyn7tnwiy0 (дата обращения: 18.05.2019).

24. Федеральный закон от 24.07.1998 № 127-ФЗ (ред. от 14.12.2015) «О государственном контроле за осуществлением международных автомобильных перевозок и об ответственности за нарушение порядка их выполнения». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru /cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=BF67BBC1B0B23127287D98F65420EDE4&mode=splus&base=LAW&n=190503&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#xpclhdsc7z (дата обращения: 18.05.2019).

25. Федеральный закон от 23.02.2013 № 15-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2019). [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online. cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=903308B0E5C732923131D9D6D89EF9C7&mode=splus&base=LAW&n=306053&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#2h7ptn68t14 (дата обращения: 18.05.2019).

26. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании». [Электронный ресурс]. URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=1638397006 07928769315944952&cacheid=44DB6352A35165F343C93DF5114DD141&mode=splus&base=LAW&n=221339&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#4fot8hcfw0k (дата обращения: 18.05.2019).

27. Малышева А.Г., Козлова Н.Ю., Юдин С.М. Неучтённая химическая опасность процессов трансформации веществ в окружающей среде при оценке эффективности применения технологий // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 6. С. 490–497.

28. Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» URL: https://cloud.consultant.ru/cloud/cgi/online.cgi?req=doc&ts=16383970060792876931594495 2&cacheid=5E4101F2D603863701D9D6C3593A1913&mode=splus&base=LAW&n=319787&rnd=5B7445DA4E51D7C017A9F65DFD233A67#1kbpoty778l (дата обращения: 18.05.2019).

УДК 614.7

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА СТРУКТУРУ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Федичкина Т.П., Балакаева А.В., Яковлев М.Ю.

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: marinams2002@mail.ru

В статье представлен обзор современных данных литературы, посвященный влиянию загрязнения атмосферного воздуха на структуру смертности населения. Показано, что наибольший вклад загрязнение дает в смертность от инсульта, ишемической болезни сердца, хронической обструктивной болезни легких и рака легкого. В Российской Федерации наиболее загрязненными являются города азиатской части России, где влияние загрязнение воздуха большими объемами промышленных выбросов и выбросов от транспорта усиливается неблагоприятными метеорологическими условиями, препятствующими рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере. Наибольшая смертность населения также регистрируется в азиатской части России. В целом для РФ характерны выраженные межрегиональные различия в смертности населения, которые обусловлены в значительной степени социо-экономическими причинами, в том числе низким уровнем жизни значительных групп населения даже в регионах с высокими показателями среднедушевого потребления. Однако существенный вклад дают, видимо, и такие характерные для всех стран причины, как загрязнение окружающей среды и неблагоприятные климатические условия. В связи с этим снижение загрязнения окружающего воздуха, особенно в регионах азиатской части РФ, является одним из эффективных путей повышения продолжительности жизни в России.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, экология человека, демография, смертность населения, причины смерти

IMPACT OF AMBIENT AIR POLLUTION ON THE MORTALITY STRUCTURE

Saltykova M.M., Bobrovnitsky I.P., Fedichkina T.P., Balakaeva A.V., Yakovlev M.Yu.

Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: marinams2002@mail.ru

The article presents a review of modern literary data on the effects of air pollution on the structure of mortality. It has been shown that air pollution strongly impact mortality from stroke, coronary heart disease, chronic obstructive pulmonary disease and lung cancer. In the Russian Federation the most polluted cities are located in the Asian part of Russia, where the impact of air pollution from large volumes of industrial emissions and emissions from transport are aggravated by adverse meteorological conditions that prevent dispersion of pollutants in the atmosphere. The highest mortality is also recorded in the Asian part of Russia. In general, the Russian Federation is characterized by pronounced interregional differences in population mortality, which are largely due to socio-economic reasons, including the low standard of living of significant groups of the population even in the regions with high average per capita consumption. However, such significant factors for all countries as environmental pollution and adverse climatic conditions, apparently make a significant contribution. In this regard, the reduction of air pollution, especially in the regions of the Asian part of the Russian Federation, is one of the effective ways to increase life expectancy in Russia.

Keywords: air pollution, human ecology, demography, population mortality, causes of death

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) воздействие загрязняющих воздух веществ является одним из ведущих факторов риска неинфекционных заболеваний (НИЗ) [1]. НИЗ являются основной причиной смерти более чем в 60 % [2]. При этом 92 % населения земного шара проживает в регионах, где качество атмосферного воздуха не соответствует стандартам ВОЗ [1] и ежегодно в мире регистрируется более 4 млн преждевременных смертей, обусловленных загрязнением воздуха, т.е. 7,6 % всей смертности в мире, с тенденцией роста [1, 3–5].

Европейское региональное бюро ВОЗ при финансовой поддержке ЕС реализовали два проекта: «Данные о медицинских аспектах загрязнения воздуха для формирования новой политики ЕС» (Evidence on health aspects of air pollution to review EU policies – REVIHAAP) и «Риски для здоровья вследствие загрязнения воздуха в Европе» (Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE), которые позволили предложить научно обоснованные рекомендации, направленные на снижение риска для здоровья вследствие загрязнения воздуха [6]. Проведенные эпидемиологические исследования показали, что снижение загрязнения воздуха в городах являются одним из эффективных средств профилактики хронических неинфекционных болезней [7].

Основными загрязняющими веществами, рекомендованными ВОЗ для обяза-

тельного контроля, являются взвешенные частицы (particulate matter (PM)), озон, диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, сумма углеводородных соединений, метан и безметановые углеводороды. При этом загрязнение воздуха мелкодисперсными PM является пятым среди основных факторов риска смертности в мире [4]. С использованием математических моделей было установлено, что в 2015 г. загрязнение воздуха этими частицами способствовало 40,3% всех смертей от инсульта, 26,8% – ишемической болезни сердца, 23,9% – рака легкого, 18,7% – хронической обструктивной болезни легких [5]. Взвешенные частицы – это все частицы малого размера, содержащиеся в воздухе в виде аэрозоля. Их химический состав зависит от многочисленных факторов: источников происхождения, географических и метеорологических условий. Обычно PM включают в себя неорганические компоненты, органический углерод, а также такие биологические компоненты, как пыльцу растений, споры, бактерии. Наиболее опасны для здоровья человека мелкодисперсные частицы размером менее 2,5 мкм (PM2,5), которые могут достигать терминальных бронхиол и альвеол, и ультрамелкодисперсные частицы (PM0,1) размером частиц менее 0,1 мкм (включая наночастицы (<100 нм)), которые могут проникать в кровоток [1, 8, 9]. Помимо размеров, взвешенные частицы классифицируют в зависимости от глубины их проникновения в организм. Выделяют 1) вдыхаемые частицы (inhalable particles), которые могут выводиться ресничками эпителия и обычно не проникают дальше бронхов; 2) торакальные частицы (thoracic particles) – могут достигать терминальных бронхиол и накапливаться в легких; 3) респирабельные частицы (respirable particles) – попадают в кровоток из альвеол. Таким образом, взвешенные частицы могут депонироваться в различных органах и тканях организма и оказывать влияние как на органы дыхания, так и на сосудистую систему, влияя в первую очередь на эндотелиальную функцию.

Эксперты ВОЗ показали, что не существует предельно допустимых концентраций PM, ниже которых отсутствует опасность негативного воздействия на здоровье. В связи с этим ВОЗ рекомендует стремиться к достижению минимальных концентраций взвешенных частиц. В качестве ориентировочных значений предлагается рассматривать следующие среднегодовые величины: 10 мкг/м^3 (для PM2,5) и 20 мкг/м^3 (для PM10) и соответствующие среднесуточные 25 мкг/м^3 и 50 мкг/м^3 [1].

По данным проекта Aphekom 2008–2011, полученным в 12 европейских странах, загрязнение взвешенными частицами сокращает среднюю продолжительность жизни почти на 9 месяцев. В некоторых наиболее загрязненных городах Южной и Восточной Европы продолжительность жизни может быть увеличена приблизительно на 20 месяцев, если концентрация PM2,5 будет снижена до уровней, рекомендованных ВОЗ [8].

По данным ВОЗ [1] наибольший вклад (72%) загрязнение воздуха взвешенными частицами вносит в смертность от инсульта и ишемической болезни сердца: по 36% от всего количества смертей, обусловленных загрязнением. Смертность от рака легкого составляет 14%, от хронической обструктивной болезни легких – 8%. В исследованиях, проведенных в разных регионах мира [10–12], было показано, что высокие концентрации PM2,5 могут индуцировать развитие артериальной гипертензии, что является одним из главных факторов риска сердечно-сосудистой смертности. Lin H. с соавторами [10] при анализе данных более 12,5 тысяч человек в возрасте 50 лет и старше, проживавших в Китае на территориях с разным уровнем загрязнения воздуха, показали, что более 10% случаев развившейся артериальной гипертензии были обусловлены хроническим загрязнением воздуха.

H. Scheers и соавт. [9] провели метаанализ результатов рандомизированных контролируемых исследований, проведенных за последнее десятилетие, и показали что длительное воздействие воздуха, загрязненного взвешенными частицами, является фактором риска инсульта: для PM10 относительный риск составляет 2,61 (95% ДИ: 1,13–6,00) и для PM2,5 – 3,20 (95% ДИ: 1,26–8,09). Основными механизмами, посредством которых загрязнение воздуха влияет на сердечно-сосудистую систему, являются окислительный стресс, системное воспаление, дисфункция эндотелия сосудов [12, 13].

Вместе с тем влияние кратковременного загрязнения атмосферного воздуха PM на смертность населения в литературе оценивается не столь однозначно. Так Madsen C. с соавторами [14], анализируя ежедневные данные загрязнения воздуха в Осло (Норвегия) взвешенными веществами (PM2,5) и смертность от болезней системы кровообращения, выявили увеличение риска смерти в 2,8 раза (95% ДИ: 1,2–4,4) при кратковременном увеличении среднесуточной концентрации загрязняющих веществ на 10 мкг/м3. Xu и соавт. [15] также выявили значимую связь между количеством госпи-

тализаций по поводу ишемической болезни сердца и кратковременным воздействием высоких концентраций PM10 и PM2,5 в Шанхае (Китай). Напротив, Stafoggia M. и соавт. [16], анализируя данные о ежедневной смертности от болезней системы кровообращения, погодных условий и загрязнении воздуха взвешенными частицами, не выявили значимой зависимости ежедневного количества смертей в городах Финляндии, Швеции, Германии, Италии, Греции, Дании и Испании от уровня загрязнения воздуха PM. Различия в результатах, полученных при анализе влияния кратковременного увеличения загрязнения, могут быть обусловлены как различиями в величине исходного уровня загрязнения, состава загрязняющих веществ, так и особенностями погодных условий в дни с высоким загрязнением. Кроме того, некоторые авторы [17], анализируя влияние снижения загрязнения воздуха на смертность населения и делая выводы о переоценке значимости влияния загрязнения, не учитывают тот факт, что хроническое загрязнение в предшествовавшие годы уже в значительной степени подорвало здоровье той части населения, которая наиболее чувствительна к нему (пожилые люди с болезнями системы кровообращения), и кратковременное улучшение экологической ситуации не может обеспечить быстрое восстановление здоровья.

В Российской Федерации наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводятся Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) в 244 городах на 672 станциях [18]. Для оценки качества воздуха используются такие показатели, как ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий среднегодовые концентрации нескольких примесей; СИ (стандартный индекс) – наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на предельно допустимые концентрации (ПДК); НП – наибольшая повторяемость (в %) превышения ПДК по данным наблюдений за одной примесью на всех станциях города за год. Уровень загрязнения атмосферного воздуха считается повышенным при ИЗА от 5 до 6, СИ менее 5, НП менее 20 %; высоким при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10, НП от 20 до 50 % и очень высоким при ИЗА равном или больше 14, СИ более 10, НП более 50 %.

По данным Росстата и Росприроднадзора в последние годы происходит рост общего объема поступления вредных веществ от всех источников загрязнения атмосферы [18]. Так, в 2016 г. общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу вырос на 1,1 % по сравнению с 2015 г., в том числе от железнодорожного транспорта на 5,7 %, от автотранспорта на 2,1 % и стационарных источников на 0,3 %. Основная масса выбросов от стационарных источников зарегистрирована в городах. При этом в 139 городах (более 52,9 миллионов человек; 57 % городов, где проводятся наблюдения) среднегодовая концентрация хотя бы одного из загрязняющих воздух веществ превышает предельно допустимые концентрации. В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха проживает 12 % городского населения России (13,5 млн человек). Города с наиболее высоким уровнем загрязнения воздуха включены в Приоритетный список (21 город с населением более 5 миллионов человек). Все города этого списка расположены в азиатской части территории России, которая характеризуется особо неблагоприятными для рассеивания примесей климатическими условиями. Положение Сибирского антициклона очень устойчиво в течение холодного периода года и характеризуется лишь небольшими смещениями в западные, северные и северо-восточные районы Монголии, что препятствует рассеиванию загрязняющих веществ. Кроме того, погодные условия в течение остальной части года часто сопровождаются мощными приземными инверсиями, застоями воздуха и туманами, которые также приводят к накоплению примесей у поверхности земли, что, в частности, обуславливает очень высокий уровень загрязнения воздуха городов [19]. Средние и максимальные концентрации бенз(а)пирена в азиатской части России в шесть раз выше, чем в европейской, а средние из максимальных концентраций оксида азота выше на 91 %; диоксида азота, взвешенных веществ, диоксида серы и формальдегида – на 37–60 %.

В городах 22 субъектов РФ максимальная концентрация хотя бы одного вещества превышает 10 ПДК (СИ > 10). При этом в Иркутской области таких городов 8, в Бурятии, в Забайкальском крае, в Кемеровской, Сахалинской и Челябинской областях – по 2, в Красноярском крае – 5 [18].

При этом по данным демографических исследований [20, 21] повышенная смертность также регистрируется в азиатской части России, прежде всего в регионах Сибири и Дальнего Востока. В среднем смертность увеличивается при продвижении с юга на север (в европейской части России) и с запада на восток. Это характерно как для общей смертности, так и для стратифицированной по возрасту и причине смерти: по-

ниженная смертность наблюдается в регионах юга России, повышенная – в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В целом большая межрегиональная вариабельность является одной из особенностей смертности в России [22]. Например, смертность в Тверской области более чем в 2 раза выше, чем в Москве. При этом максимальная смертность населения отмечается в регионах Дальнего Востока (кроме Республики Саха), юга Восточной Сибири, а также Псковской, Новгородской и Тверской областях. Самый высокий показатель смертности среди мужского населения в возрасте 40–59 лет в 2012 г. зарегистрирован в Еврейской автономной области (АО) (2273 на 100 тыс.), самый низкий в Республике Ингушетия (529 на 100 тыс.). Показатель смертности в Еврейской АО более чем в 4 раза выше, чем в Республике Ингушетия, и в 2,6 раза выше, чем в Москве (866 на 100 тыс.) [23].

Необходимо отметить, что во всех регионах-аутсайдерах особенно высока смертность взрослого населения в возрасте до 50 лет, и именно данный показатель обуславливает высокие межрегиональные различия [24]. При этом ожидаемая продолжительность жизни при рождении различается в регионах Российской Федерации от 63,1 года в республике Тыва до 80,1 года в республике Ингушетия, т.е. на 17 лет. Вместе с тем различия между странами Европы существенно меньше и составляют 11 лет (73,5 года – ожидаемая продолжительность жизни в Северо-Западном регионе Болгарии и 84,5 года – в автономной общине Мадрид).

Столь выраженные межрегиональные различия в России обусловлены прежде всего социо-экономическими причинами, в том числе низким уровнем жизни значительных групп населения даже в регионах с высокими показателями среднедушевого потребления [25]. Но существенный вклад дают, видимо, и такие характерные для всех стран [1] причины, как загрязнение окружающей среды и суровые климатические условия.

Несмотря на некоторое снижение в последние годы, смертность в современной России много выше, чем в европейских странах, но вместе с тем, по мнению большинства исследователей, имеются значительные резервы для дальнейшего роста продолжительности жизни [26, 27]. При этом уменьшение загрязнения окружающего воздуха, особенно в регионах азиатской части РФ, является одним из эффективных путей повышения продолжительности жизни в России.

Список литературы

1. World Health Organization. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016. [Electronic resource]. URL: https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en (date of access: 15.04.2019).

2. World Health Organization. Global Status Report on Noncommunicable Diseases (2014). [Electronic resource]. URL: https://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/en (date of access: 15.04.2019).

3. Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K., Balakrishnan K., Brunekreef B., Dandona L., Dandona R., Feigin V., Freedman G., Hubbell B., Jobling A., Kan H., Knibbs L., Liu Y., Martin R., Morawska L., Pope C.A., Shin H., Straif K., Shaddick G., Thomas M., van Dingenen R., van Donkelaar A., Vos T., Murray C. J.L., Forouzanfar M.H. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet. 2017. vol. 389. no. 10082. P. 1907–1918.

4. Lelieveld J., Evans J.S., Fnais M., Giannadaki D., Pozzer A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature. 2015. vol. 525. P. 367–371.

5. Song C., He J., Wu L., Jin T., Chen X., Li R., Ren P., Zhang L., Mao H. Health burden attributable to ambient PM2.5 in China. Environ. Pollut. 2017. vol. 223. P. 575–586.

6. Heroux M.E., Braubach M., Korol N., Krzyzanowski M., Paunovic E., Zastenskaya I. Основные выводы о медицинских аспектах загрязнения воздуха: Проекты REVIHAAP и HRAPIE ВОЗ/ЕК // Гигиена и санитария. 2013. № 6. С. 9–14.

7. Hao Y., Zhang G., Han B., Xu X., Feng N., Li Y., Wang W. Prospective evaluation of respiratory health benefits from reduced exposure to airborne particulate matter. Int. J. Environ. Health Res. 2017. vol. 27. no. 2. P.126–135.

8. Medina S. Summary report of the Aphekom project 2008-2011. Aphekom; 2012. [Electronic resource]. URL: http://www.endseurope.com/ docs/110302b.pdf (date of access: 15.04.2019).

9. Scheers H., Jacobs L., Casas L., et al. Long-term exposure to particulate matter air pollution I s a risk factor for stroke: meta-analytical evidence. Stroke. 2015. vol. 46. P. 3058–3066.

10. Lin H., Guo Y., Zheng Y., Di Q., Liu T, Xiao J. Long-Term Effects of Ambient PM2.5 on Hypertension and Blood Pressure and Attributable Risk among Older Chinese Adults. Hypertension. 2017. vol. 69. no. 5. P. 806–812.

11. Requia W.J., Adams M.D., Koutrakis P. Association of PM2.5 with diabetes, asthma, and high blood pressure incidence in Canada: A spatiotemporal analysis of the impacts of the energy generation and fuel sales. Sci. Total Environ. 2017. vol. 584–585. P. 1077–1083. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.166.

12. Табакаев М.В., Артамонова Г.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения // Вестник РАМН. 2014. № 3–4. С. 55–60.

13. Stone V., Miller M.R., Clift M.J.D., Elder A., Mills N.L., Moller P., Schins R.P.F., Vogel U., Kreyling W.G., Alstrup Jensen K., Kuhlbusch T.A.J., Schwarze P.E., Hoet P., Pietroiusti A., De VizcayaRuiz A., Baeza-Squiban A., Teixeira J.P., Tran C. L., Cassee F.R. Nanomaterials vs Ambient Ultrafine Particles: an Opportunity to Exchange Toxicology Knowledge. Environ. Health Perspect. 2016. DOI: 10.1289/EHP424.

14. Madsen C., Rosland P., Hoff D.A., Nystad W., Nafstad P., Naess O.E. The short-term effect of 24h average and peak air pollution on mortalityin Oslo, Norway. Eur. J. Epidemiol. 2012. vol. 27. no. 9. P. 717–727.

15. Xu A., Mu Z., Jiang B., Wang W., Yu H., Zhang L., Li J. Acute Effects of Particulate Air Pollution on Ischemic Heart Disease Hospitalizations in Shanghai, China. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2017. vol. 4. no.2. Pii: E168. DOI: 10.3390/ijerph14020168.

16. Stafoggia M., Schneider A., Cyrys J., Samoli E., Andersen Z.J., Bedada G. B. Bellander T., Cattani G., Eleftheriadis K., Faustini A., Hoffmann B., Jacquemin B., Katsouyanni K., Massling A., Pekkanen J., Perez N. Association Between Short-term Exposure to Ultrafine Particles and Mortality in Eight European Urban Areas. Epidemiology. 2017. vol. 28. no 2. P. 172–180.

17. Giannini S., Baccini M., Randi G., Bonafè G., Lauriola P., Ranzi A.S. Estimating deaths attributable to airborne particles: sensitivity of the results to different exposure assessment approaches. Environ. Health. 2017. vol. 16. no. 1. P. 13.

18. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. 760 с.

19. ФГБУ «ГГО» Росгидромета. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г. СПб., 2018. 334 с.

20. Андреев Е.М., Кваша Е.А., Харькова Т.Л. Смертность и продолжительность жизни в России – что нового? Статья вторая // Демоскоп Weekly. 2016. № 685–686.

21. Данилова И.А. Региональный анализ смертности по причинам смерти в России: дис. ... канд. социол. наук. Москва, 2018. 200 с.

22. Бойцов С.А., Деев А.Д., Шальнова С.А. Смертность и факторы риска развития неинфекционных заболеваний в России: особенности, динамика, прогноз // Терапевтический архив. 2017. № 1. С. 5–13.

23. Бойцов С.А., Самородская И.В., Третьяков В.В. Градиент смертности населения в возрасте 40–59 лет в субъектах Российской Федерации // Вестник РАМН. 2014. № 7–8. С. 106–111.

24. Хасанова Р.Р., Макаренцева А.О. Смертность и продолжительность жизни населения России. ФГБОУ ВПО РАНХиГС при Президенте Российской Федерации. М., 2017. 87 с.

25. Андреев Е.М., Школьников В.М. Связь между уровнями смертности и экономического развития в России и ее регионах // Демографическое обозрение. 2018. Т. 5. № 1. С. 6–24.

26. Разумов А.Н., Матюхин В.А. Основные аспекты методологии проведения оценки уровня здоровья человека в условиях неблагоприятного радиационного окружения // Russian journal of rehabilitation medicine. 2018. № 1. С. 3–13.

27. Амбражук И.И., Яковлев М.Ю., Фесюн А.Д. Отечественный опыт в разработке стратегии развития отделений медицинской реабилитации // Russian journal of rehabilitation medicine. 2018. № 3. С. 42–49.

СТАТЬИ

УДК 314.7(574)

МИГРАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ: ВЗГЛЯД И ОЦЕНКА МИГРАНТОВ

Мураткызы А.М.

Алтайский государственный университет, Барнаул, e-mail: Akhmetova_05@mail.ru

Казахстан является одной из наиболее привлекательных стран для международной миграции, что порождает поле для дискуссии относительно вызовов и опасностей, связанных с проблемами ее регулирования. В статье представлены результаты исследования миграционных процессов в оценках мигрантов, живущих Восточно-Казахстанской области. Основной источник данных – это анкетный опрос мигрантов. Приведен анализ современных социологических теорий миграции населения; уточнено содержание ряда ключевых понятий; обоснована целесообразность применения социологического подхода к исследованию миграции как социального процесса; на основе анализа изменений определены социально-экономическое положение, национальный состав и состояние миграционных процессов в Республике Казахстан в условиях глобализации; определены особенности проявления миграционной активности в контексте отношения принимающего сообщества в приграничных регионах (по материалам социологических исследований). Материалы статистического анализа показывают, что миграционная ситуация в Республике Казахстан обоснована ростом объемов трудовой миграции и увлечением незаконной миграции, наличием беженцев и интенсивной внутренней миграцией. Научная и практическая значимость исследования определяется острой актуальностью в области миграции, а также совокупностью поставленных задач, направленных на теоретико-методологическое и конкретно социологическое изучение миграционных процессов в контексте глобализации.

Ключевые слова: миграция, мигранты, поддержка мигрантам, миграционная политика, отношение к мигрантам, миграционная служба, миграционные центры

MIGRATION ACTIVITY OF THE POPULATION IN EAST KAZAKHSTAN: LOOK AND ASSESSMENT OF MIGRANTS

Muratkyzy A.M.

Altai State University, Barnaul, e-mail: Akhmetova_05 @mail.ru

Kazakhstan in one of the most attracting countries for international migration, that engender acute discussion about threats and insecurities, related to its regulation. The article presents the results of a study of migration processes in the Republic of Kazakhstan in the estimates of migrants. The main source of data is a questionnaire survey of migrants living in the border area of Kazakhstan and Russia, namely in the East Kazakhstan region. The analysis of modern sociological theories of population migration is given; the content of a number of key concepts is clarified; the expediency of the sociological approach to the study of migration as a social process is substantiated; based on the analysis of changes, the socio-economic situation, national composition and the state of migration processes in the Republic of Kazakhstan in the context of globalization are determined; the features of the manifestation of migration activity in the context of the relations of the host community in the border regions are determined (based on sociological research). The materials of statistical analysis show that the migration situation in the Republic of Kazakhstan is justified by the increase in the volume of labor migration and the increase in illegal migration, the presence of refugees and intensive internal migration. The scientific and practical significance of the study is determined by the acute relevance in the field of migration, as well as a set of tasks aimed at theoretical,methodological and specifically sociological study of migration processes in the context of globalization.

Keywords: migration, migrants, migrant support, migration policy, attitudes towards migrants, migration service, migration centers

Миграция – одна из сложных тенденций, влияющих на социально-экономическое развитие страны и на качество жизни населения. Она охватывает многие стороны жизни всего населения и страны: естественное движение и возрастно-половую структуру, национальный и религиозный состав населения, фонды труда и социально-экономическое развитие [1].

В настоящее время одним из актуальных проблем в сфере миграции в странах СНГ является социологическое измерение миграционных процессов в Республике Казахстан и приграничных регионах Российской Федерации.

По данным международных организаций, мигрантом является каждый 7 человек в мире. Поэтому проблема нелегальных мигрантов считается очень актуальной. В Казахстане много эмигрантов из соседних стран, которые желают найти работу и остаться на постоянное местожительство.

Казахстан – многонациональное государство. В республике проживают представители более 130 национальностей, эта обширная страна стала второй Родиной для всех мигрантов и эмигрантов и всегда готова уважать представителей других национальностей. Дружелюбная жизнь народов, проживающих в Казахстане, это результат

проводимой работы Президента Н. Назарбаева. Казахстан является зеркалом этнодемократии в суперконтиненте Евразии [2].

Приграничные территории со стороны Республики Казахстана – семь областей, 38 районов и 1 город, со стороны Российской федерации – 9 областей, 1 край и 1 республика, районов и городов в приграничных территориях – 76 районов и 5 городов [2].

Цель данного исследования – выявить специфические особенности современной миграционной ситуации в Восточно-Казахстанской области (приграничная терриория России и Казахстана); определить факторы, влияющие на миграционную подвижность этносов данного региона; оценить влияние на миграционную подвижность степени этнического самосознания и в культуру; проанализировать направления государственной политики по управлению миграционными процессами.

Объект исследования: миграционная активность населения в Восточно-Казахстанской области.

Предмет исследования: регулирование специфических внутренних и внешних особенностей миграционных процессов в Восточно-Казахстанской области.

Теоретическая база и методологическая основа исследования. Теоретическая база исследования: труды классических зарубежных социологов Э. Равенштейна, У. Томаса, Ф. Знанецки, Р. Парка, Э. Берджеса, Р. Маккензи, в которых понятие «миграция населения» конкретизируется, раскрывается социальное содержание процессов миграции; теоретические разработки современных зарубежных исследователей в области социологии миграции; фундаментальные работы, посвященные всестороннему анализу феномена миграции населения современных отечественных социологов.

Методологическая основа исследовательской работы состоит из общесоциологических принципов научного исследования историзм и социальный детерминизм; используется комплексный подход к изучению процесса миграции населения в регионе. В данном исследовании в основном применялись социологические методы: системные, сравнительно-исторические, структурно-функциональные подходы, количественные и качественые методы.

Научная новизна исследовательской работы:

– с целью анализа современных социологических теорий миграции населения уточнено ряд ключевых понятий как, «миграция населения», «миграционный процесс», обоснована целесообразность применения социологического подхода к исследованию миграции как социального процесса;

– на основе анализа изменений определено социально-экономическое положение, национальный состав и состояние миграционных процессов в Республике Казахстан а именно в Восточно-Казахстанской области в условиях глобализации;

– проанализированы миграционные процессы и миграционная активность населения приграничных регионов Республики Казахстан и России (на примере Восточно-Казахстанской области);

– определены особенности проявления миграционной активности в контексте отношения принимающего сообщества в приграничных регионах (по материалам социологических исследований).

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим миграцию из Восточного Казахстана в Россию и из России в Восточный Казахстан. Данные предоставлены органами миграционной службы: количество зарегистрированных и прибывших на постоянное место жительства лиц в январе 2018 г. по сравнению с январем 2017 г. уменьшилось на 9,2 % и составило 1 360 человек. А число зарегистрированных мигрантов, выбывших из страны, увеличилось на 34,9 % и составило 2 258 человек, сальдо миграции – 898 человек. В стране основной миграционный обмен происходит с государствами СНГ: доля прибывших из стран СНГ 78,1 %; доля выбывших в страны СНГ составила 86,7 % [3].

По Восточно-Казахстанской области на 2018 г. выделена квота по видам экономической деятельности на привлечение иностранной рабочей силы в количестве 1941 единиц, из них по I категории – 39, по II категории – 485, по III категории – 647, по IV категории – 506, на сезонные работы – 264. По итогам первого полугодия выдано 592 разрешений на привлечение иностранных специалистов, из них по I категории – 7, по II категории – 43, по III категории – 80, по IV категории – 208, сезонные иностранные работники – 193, переводимые в рамках внутрикорпоративного перевода – 61.

По состоянию на 01 июля 2018 г. действующих разрешений – 696, из них по I категории – 8, по II категории – 74, по III категории – 101, по IV категории – 115, сезонные иностранные работники – 337, переводимые в рамках внутрикорпоративного перевода – 61. За отчетный период на территории области зарегистрировано 45 предприятий, привлекающих иностранную рабочую силу.

В первом полугодии прибыло 129 семей этнических казахов в составе 229 человек. Из КНР прибыло 108 семей (195 человек), из Монголии – 14 семей (20 человек), из Узбекистана – 2 семьи (2 человека), из Российской Федерации – 1 семья (1 человек), из Афганистана – 4 семьи (11 человек). Из общего числа прибывших, трудоспособного возраста – 167, детей – 60, пенсионеров – 2.

Социологическое исследование миграционных процессов и миграционной активности населения Республики Казахстан и приграничных регионов России выполнено на основе проведенного исследования в Восточно-Казахстанской области. Задачами проведенного исследования являлось изучение особенностей миграционных процессов в Республике Казахстан в оценках мигрантов и экспертов.

Задачи проведенного исследования – изучить особенности миграционных процессов в Восточном Казахстане в оценках мигрантов (приграничная территория современных государств России и Казахстана), выявить потенциальные факторы конфликтности в межнациональных отношениях, в том числе и факторы формирования гражданской и этнической идентичности.

В ходе проведенного анализа рассмотрены оценки жителями данного региона (Восточно-Казахстанская область) разных параметров гражданственности, что позволило в последующем получить характеристики гражданской и этнической идентичности населения региона и их дифференциацию в разных социально-демографических группах. В отношении каждого показателя проверялись статистические гипотезы о наличии корреляций (критерий независимости хи-квадрат) с регионом проживания, возрастом опрошенных, типом поселения и национальной принадлежностью (казах – другая национальность).

Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о том, что из общего количества опрошенных респондентов родились: в городе – 97; в поселке городского типа – 64; в селе, деревне, кишлаке, ауле – 21. Большинство респондентов относится к наиболее социально активному возрасту: 18–30 лет. Образование респондентов: начальное образование (3–4 класса) – 1 человек; основное среднее образование (8–9 классов) – 22 человека; среднее (полное) общее образование (10–11 классов) – 33 человека; начальное профессиональное (ПУ, ПТУ) образование – 21 человек; среднее профессиональное (техникум, колледж) образование – 59 человека; неполное высшее образование – 54 человека; высшее профессиональное (два и более высших образования; аспирантура, ординатура; ученая степень) – 7 человек; затрудняются ответом – 6 человек.

Семейное положение респондентов: в браке не состоят – 72; состоят в браке (зарегистрированны) – 55; живут вместе (не зарегистрированы) – 21; разведены (в браке не состоят) – 26; вдовец или вдова – 8.

Сравнивая число мигрантов и другие регионы Казахстана, большинство респондентов (59,6 %) ответили, что их количество не отличается от количества в других регионах.

Практически половина респондентов проживают в Казахстане: менее месяца 14 (7,6 %); 1– 6 месяцев – 28 (15,3 %); 7–11 месяцев – 23 (12,6 %); 1–3 года – 63 (34,6 %); более трех лет – 46 (25,2 %); другое – 8 (4,3 %).

Иностранные граждане прибывающие в другую страну, зачастую сталкиваются с определенными трудностями в отношении определения своего правового статуса. На вопрос: «Каким статусом иностранного гражданина Вы обладаете?» получены следующие ответы: «У меня есть вид на жительство» – 43 (23,8 %); «У меня есть разрешение на временное проживание» – 30 (16,6 %); «У меня есть виза, которая разрешает мне находиться в Казахстане в течение (указать конкретный срок)» – 73 (40,5 %); «Я считаюсь временно пребывающим, могу находиться в Казахстане в течение 90 дней» – 33 (17,2 %); другое – 3 (1,6 %).

В момент опроса были трудоустроены: от 18 до 30 лет – 22 (11,3 %), от 31 до 50 лет – 42 (23,3 %), от 51 до 75 лет – 10 (5,5 %); не трудоустроенные: от 18 до 30 лет – 77 (42,7 %), от 31 до 50 лет – 31 (17,2 %), от 51 до 75 лет – 0.

По отраслевой принадлежности респонденты преимущественно трудоустраиваются в следующих сферах: «у частного лица» – «у частного лица» работают из 18–30-летних – 16 (9 %), от 31 до 50 лет – 40 (25,2 %), от 51 до 75 лет – 0; на втором месте – бюджетные (государственые) организации – от 18 до 30 лет – 24 (14 %), от 31 до 50 лет – 22 (12 %), от 51 до 75 лет – 0; респондентов.

На сегодняшний день среди мигрантов 36 (21,8 %) – имеют собственное жилье, 85 (46,6 %) – арендуют, 24 (12,3 %) – проживают у родственников или у друзей, 24 (12,3 %) – живут в нежилом помещении, предоставленном работодателем, 13 (7 %) – отметили другое.

На вопрос «Кем Вы работаете?» даны следующие ответы: от 18 до 30 лет –

96 (53,3%): студент – 76, архитекторы – 4, повара – 5, строители – 6, в сфере торговли – 5. Среди 31– 50 летних 74 (42.2%): архитекторы – 2, повара – 18, продавец – 10, строитель – 21, таксист – 3, в сфере торговли – 19, учитель – 1 респондент. 51 до 75 лет – 4 (0,6%) респондентов работают поварами 1 и 3 респондент в сфере торговли. Если перечислить профессии, по которым, наиболее часто работают респонденты в основном базируется на данных об уровне образования, профессиональных качествах респондентов. Среди них доминируют: продавец, разнорабочий, специалист, повар, строитель, повар, водитель и т.д.

Следует отметить, что нашли работу, увидев, услышав рекламные объявления, по приглашению от работодателя, подали сами рекламное объявление, через службу занятости, миграционную службу, через родственников, через друзей, знакомых, через связи, выход на специальных людей, которые занимаются оформлением на работу и трудоустройством мигрантов, сами создали собственное предприятие, собственное дело, через центры, представительства Казахстана в стране, откуда приехали от 18 до 30 лет – 32 (17,7%), от 31 до 50 лет – 44 (24,4%), от 51 до 75 лет – 1 (0,5%) респондентов. На данный момент из опрошенных мигрантов проживающие в Восточном Казахстане 30 (16.6%) – имеют патент на осуществление трудовой деятельности; 14 (7,7%) – не имеют патента, но по закону могут работать без специального разрешения; 31 (17,2%) – не имеют патента, но есть разрешение на временное проживание; ответили нет – 4 (2,2%).

На вопрос «Посылаете ли Вы деньги своей семье, свои родным?» – 105 (58,3%) респондентов ответили, что не посылают, так как они вновь обустраиваются на новом месте, или заработная плата хватает только на него. А, 45 (25%) респондентов посылают деньги, потому что они достаточно зарабатывают. Отвечая на вопрос о том, как в целом относится к ним работодатель, управляющий персонал, с которыми им приходится встречаться во время работы, 60 (33,3%) говорили что благожелательно, 76 (42,2%) нормально, обычно, 37 (20,5%) конфликтно, 7 (3,8%) другое. Из этого следует отметить, что работадатели к представителям других национальлностей относятся доброжелательно.

Одна из наиболее актуальных проблем, связанных с миграцией, – отношение населения данного региона к мигрантам. По данному опросу были получены следующие результаты: 10 (5,5%) – резко негативно, 24 (13,3%) – скорее отрицательно, 40 (22,2%) – скорее положительно, чем отрицательно, 70 (38,8%) – дружелюбно, 36 (20,0%) – затруднились ответить.

Для более детального анализа по немаловажным аспектам мигрантов: о жизни мигрантов в целом в настоящее время, их работой целом, их материальным положением, жилищными условиями, условиями быта были получены ответы: совсем не удовлетворены были – 22 (12,2%), не очень удовлетворены – 31 (17,2%), и да и нет – 19 (10,5%), скорее удовлетоверны – 47 (26,1%), полностью удовлетворены – 50 (27,7%).

Поддержкой религиозной общины, представителей религиозной общины, поддержкой национального объединения, общением с земляками, общественным организациям, защищающим права мигрантов, религиозным организациям, членами которые они являются: совсем неудовлетворены были – 11 (6,1%), не очень удовлетворены – 16 (8,8%), и да и нет – 41 (22,7%), скорее удовлетворены – 90 (50%), полностью удовлетворены – 10 (5,5%).

Также было сформулировано 4 высказывания о поддержке мигрантов работадателями, полиции, органами правопорядка, миграционной службой, миграционным центрам, представительством своей страны (консульству) для их дальнейшего пребывания и последствиях их пребывания в стране. Степень своего удовлетворения могли оценить – 12 (6,6%) совсем неудовлетворены, 38 (21,1%) – не очень удовлетворены, 41 (22,7%) – ни да, ни нет, 68 (37,7%) – скорее удовлетворены, 8 (4,4%) – полностью удовлетворены.

Следующая категория вопросов была про этническую принадлежность респондентов. В исследовали искали побуждающие для миграции из бывших союзных республик и влияние этнической принадлежности мигрантов на специфику их занятости на рынке труда в Восточном Казахстане.

Национальность в определенной степени является фактором выбора друзей. Хотели бы иметь друзей казахов – 12 (6,6%), предпочитают только представителей своей национальности – 41 (22,7%), не хотят иметь друзей ни среди казахов, ни своей национальности – 41 (22,7%), предпочитают иметь друзей среди своей национальности и среди казахов – 73 (40,5%).

За 26 лет своей незовисимости Республика Казахстан приняла в гражданство болле 1 млн человек из разных уголков со всего мира. Казахстан стал новым домом не телько для оралманов, для трудовых мигрантов приехавших подзаработать и желающих остаться здесь навсегда. Среди респондентов хотели бы получить гражданство Казах-

стана 68 (35%), нет 74 (39,4), затруднялись ответить – 40 (22,2). Соответственно, хотели бы постоянно проживать на территории страны (государства) 66 (33.8%), нет – 79 (41,1), затруднялись ответить – 37 (20,5).

Из этого можно сделать вывод, что многие мигранты временно переехали в Восточный Казахстан, в дальнейшем думают сменить место жительства либо в Казахстане, либо уехать в другую страну. Следующий вопрос: хотели бы Вы иметь все права, предоставляемые законами этой страны 77 (40%) – да, 68 (35%) – нет, 37 (19,4%) – затрудняюсь ответить.

Ряд вопросов был посвящен выявлению знания мигрантами казахской культуры, истории и языка. Уровень знания казахского языка выяснялся только у тех мигрантов, для которых он не является родным: «Начальный уровень (понимаю, если говорят простыми фразами, четко и медленно)» – 32 (13,3%); «Средний уровень (понимаю почти все, что мне говорят, поддерживаю разговор на большинство тем, но иногда делаю ошибки)» – 42 (22,2%); «Продвинутый уровень (читаю литературу, понимаю быструю разговорную речь, свободно поддерживаю разговор)» – 107 (59,4%); другое – 1 (0,5%).

Исходя из результатов нашего исследования определили, что мигранты которые живут в Восточном Казахстане (это приграничная территория Казахстана и России) по их собственным оценкам, удовлетворены нынешнем положением и практически никто из них не желают уехать в свою родину из-за того, что им здесь хорошо и они адаптированы и приспособлены к местной ситуации. Об уровне взаимопонимания и сотрудничества между коренными жителями страны и приезжими, мигрантами свидетельствует то, что 122 (71%) – полностью ощущают себя в безопасности, 45 (28,2%) – совсем не ощущают себя в безопасности, затруднялись ответить – 15 (0,8%). По мнению 70 (38,8%), жизнь в Казахстане в большой степени зависит от них самих, 34 (18,8%) выбрали ответ – от семьи мигранта, 17 (9,4%) – от работодателей, 30 (16,6%) – от членов этнической общины, диаспоры, 15 (6,6%) – от членов религиозной общины, 7 (3,8%) – местной власти, 9 (5%) – руководства страны.

Таблица 1

Взгляд мигрантов на этническую принадлежность [3]

Взгляд мигрантов на этническую принадлежность	Я горжусь тем, что я принадлежу к своей этнической группе	Мне причиняет неудобства, что я принадлежу к своей этнической группе
Абсолютно не согласен	23	25
Скорее не согласен	25	12
Не знаю, не уверен	21	10
Скорее согласен	32	12
Абсолютно согласен	17	5
Итого	118	64

Таблица 2

Для решения каких-то своих проблем или проблем семьи используете ли Вы связи этнической диаспоры или земляков? Если да, пожалуйста, отметьте, именно в каких сферах и как часто (дайте ответ ПО КАЖДОЙ СТРОКЕ) [3]

Для решения каких-то своих проблем или проблем семьи Вы используете ли связи этнической диаспоры или земляков? Если да, то, пожалуйста, отметьте, в каких сферах и как часто	часто	иногда	редко	никогда
Медицина (поиски хорошего врача и др.)	54	61	59	8
Услуги по обслуживанию и ремонту жилья	49	63	47	23
Контакт с системой социальной защиты (собес, служба занятости)	34	63	49	36
Контакт с милицией/полицией и др. правоохранительными органами	11	65	70	36
Для продвижения на работе и решении проблем оплаты др	25	73	67	17
Поиске новой работы	18	61	39	64
Получении регистрации, различных лицензий, разрешений от органов власти	21	73	55	33
Получение финансовой помощи	29	68	46	39
Получение помощи в адаптации к новой стране, городу, знаний о нормах поведения	31	78	37	36

Взаимопонимание и сотрудничество между коренными жителями страны и приезжими, по мнению 135 (75%) мигрантов, возможно, 32 (17,7%) выбрали вариант «невозможно». Остальные затруднились ответить.

90 (48,7%) респондентов активно взаимодействуют с представителем своей этнической диаспоры в Казахстане, а 92 (51,3%) ответили нет.

Следующие несколько вопросов были направлены на взгляд мигрантов по оказанию социальной и правовой защиты в республике. Для установления добрососедских отношений между местными жителями и иммигрантами нужно принимать меры по устранению ограничения в правах и свободах мигрантов, во избежание дискриминации и т.д. В Республике Казахстан были приняты меры по оказанию мигрантам помощи в изучении казахского языка и обучении их детей. На этот вопрос ответили «Да» 137 (75%), «Нет» 45 (25%). Опрошенные респонденты согласны, что в республике необходимо оказывать помощь в получении жилья, социальных пособий, субсидий – 161 (89,4%), согласны, что надо способствовать созданию национально-культурных организаций для мигрантов 153 (85%), по развитию отношения со странами и регионами, из которых прибывают мигранты, 152 (84,4%) по активизации работы правоохранительных органов, 157 (87,2%) в борьбе с преступностью, 147 (81,6%) для большего ознакомления населения с культурой других этносов, а мигрантов – с культурой того региона.

У многих респондентов семьи проживают совместно – 92 (50%); в другом городе/селе Казахстана – 41 (19,2%); проживают в другой стране – 49 (25,2%). Респонденты, у которых семьи проживают в другой стране, в будущем планируют перевезти их в Казахстан. Мигранты постепенно привыкают к жизненным условиям Казахстана, здесь они нашли постоянную работу, и уже задумываются здесь остаться, потому что ездить «туда-сюда» им кажется нецелесообразным.

Исходя из этого, мигранты хотят остаться в Казахстане. Они постепенно привыкли к условиям жизни в региона котором проживают, имеют там постоянную работу и им кажется нецелесообразным ездить туда-сюда. Поэтому мы видим, что большинство мигрантов хотят остаться в Казахстане.

Рассмотрим численность населения и межэтнический состав Республики Казахстан. По статистическим данным на 1 июля 2014 г. в республике проживает около 17,948,000 человек. Казахи образуют титульное население Казахстана, 63,1% от общего числа [4].

По сравнению с 1 января 2017 г. население Казахстана выросло на 231,2 тыс. чел., это 1,3% всего населения. Численность населения страны на 1 января 2018 г. составила 18 157,1 тыс. чел., в том числе: городского – 10 426,5 тыс. чел. (57,4%), сельского – 7 730,6 тыс. чел. (42,6%). За год численность населения увеличилась на 231,2 тыс. чел., или 1,3% [4].

С таким показателем плотности населения Казахстан относится к самым малонаселенным странам мира. Эта средняя плотность характерна только для отдельных районов, большая часть территории населена в несколько раз меньше, имеются территории, населённые и во много раз плотнее.

В XXI веке вопросы миграции имеют особое значение во всем мире. Из наименее развитых стран на основе мировых миграционных процессов общие миграционные тенденции и этнические и культурные связи в наиболее развитые и демократические государства. Глобализация, безграничный информационный и технологический обмен по всему миру, а также в условиях непрозрачных языковых границ, миграционная политика таких государств преследует определенные цели [5].

С одной стороны, это сохранение национальной самобытности и истории, с другой стороны, учет социальных, экономических и культурных факторов. После обретения независимости диалектическая политика Казахстана была направлена на переезд этнических казахов на территорию Казахстана. Это рассматривается как основной фактор стабильности государства, направленный на сохранение национальной самобытности.

Возвращение оралманов на историческую родину поощряется различными способами. В этом направлении проделана большая работа, однако после расселения оралманов внутри страны экономическая и социальная интеграция все еще продолжается, и это считается острой проблемой. Оралманы, прибывшие в Казахстан из Узбекистана, Монголии, Кыргызстана, России, Ирана, Афганистана, Турции и других стран, относятся к одной этнической группе. Несмотря на то, что они проживают за пределами Казахстана в течение 70 и более лет, они не имеют своего национального языка и соблюдением культуры. Однако из-за того, что они проживали за рубежом, оралманы привозили в Казахстан архивы других культур, особенно местных привычек.

Таблица 3

Динамика прибытия оралманов в страну [6]

Годы	Установленная квота иммиграции (семья)	Фактически прибывшие		Прибыло свыше квоты (семья)
		семья	человек	
2000	500	5490	12686	4990
2001	600	9105	27826	8505
2002	2655	10337	34625	7682
2003	5000	16026	42327	11026
2004	10000	18955	67587	8955
2005	15000	23174	99907	8174

В экономическом и историческом плане иммиграция этнических казахов на историческую родину будет способствовать сохранению национальной самобытности государства и укреплению внутренней стабильности. Во время Советского Союза исчезли привычки многих казахов, употребление казахского языка упало не только на официальном уровне, но и на неофициальном уровне. В этом направлении важной была иммиграция оралманов, сохранение казахской культуры, развитие иммиграционной политики государства.

По росту миграции Казахстан сейчас опережает США. По последним данным, распространенным Организацией Объединенных Наций, количество мигрантов в стране превышает американские показатели на 7%. В Министерстве труда и социальной защиты населения РК отмечают, что к 2015 г. потребность в дополнительной рабочей силе в Казахстане достигнет 500 тыс. чел., ежегодно в среднем на 60 тыс человек [6].

Выводы

Проведенное социологическое исследование свидетельствуют о том, что полученные результаты весьма субъективны и параметры оценивания взаимоотношений жителями Восточного Казахстана между представителями разных этнических групп больше ориентируются на собственные представления о характере этих отношений, нежели на реальное знание о фактах трансформации взаимодействий.

Среди граждан Восточного Казахстана прибывающих в Россию, существует категория чисто трудовых мигрантов, которые приезжают на определенное время с целью заработать и затем вернуться к себе на родину. У некоторых респондентов довольно слабая мотивация на переселение, и они работают в России только потому, что здесь оплата труда выше, чем в их странах. В основном все трудовые мигранты заняты в сфере сельского хозяйства, строительства, транспорта, лесной отрасли и выполняют малоквалифицированный труд по рабочим специальностям.

Таким образом, статистика миграционной активности населения Республики Казахстан и приграничных регионов России показывает отрицательное миграционное сальдо по направлению иммиграции в Казахстане.

Список литературы

1. Булатецкий Ю.Е., Мощняга В.П. Миграционные процессы и миграционная политика. М.: Наука, 1994. 321 с.

2. Жусупова А.С., Кенесов А.А. Внутренние мигранты и современный Казахстан // Вестник КазНУ: Социология, 2012. № 3. С. 152.

3. Гражданская идентичность и социальная интеграция этнических сообществ в полиэтничной среде приграничных регионов России / Под. общ. ред. С.Г. Максимовой. Барнаул: Изд-во Концепт, 2015. 246 с.

4. Демографический ежегодник Казахстана. Статистический сборник / на казахском и русском языках. Астана, 2016. С. 102.

5. Гареева З.К., Билалова Л.М., Иванова О.М., Черникова Т.А. Современные теории социального благополучия: учеб.пособие. М., 2016. 128 с.

6. Сабитова А.А. Правовой статус иностранцев в Республики Казахстан. Алматы: Данекер, 2009. 115 с.

СТАТЬИ

УДК 621.314(571.56)

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПЛАН РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Волотковская Н.С., Волотковский А.А., Кинаш А.А.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Политехнический институт (филиал), Мирный, e-mail: volotkovska_n@mail.ru

В статье рассматривается вопрос перспектив развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия). Представлена краткая информация об энергетической системе «Восток», большую часть которой территориально занимает Республика Саха (Якутия) и на три четверти она находится в зоне вечной мерзлоты. Описаны крупнейшие инвестиционные проекты Республики Саха (Якутия) в области энергетики, среди которых особое место занимает строительство Якутской ГРЭС-2 и Канкунской ГЭС. Сделан упор на решение одной из ключевых проблем для энергетики республики – снижение перекрестного субсидирования потребителями Южно-Якутского, Центрального и Западного энергорайонов потребителей Северного энергорайона. Обозначены основные цели и задачи исследования, заключающиеся в обеспечении качественного и надежного электроснабжения изолированных населенных пунктов, уменьшении объема завозимого дизельного топлива в труднодоступные и изолированные районы республики, обновлении основных фондов электрических сетей. Для решения поставленных задач произведена оценка реализации долгосрочной программы развития и оптимизации локальной энергетики Республики Саха (Якутия). Представлено текущее состояние электроэнергетики республики и произведено сопоставление сценариев программы оптимизации локальной энергетики с технико-экономической точки зрения. Сделаны выводы и заключения о перспективах реализации представленной программы и перспективах развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) в целом.

Ключевые слова: электроэнергетика, субсидирование, изолированный район, локальная энергетика, возобновляемые источники энергии, надежность энергоснабжения, Республика Саха (Якутия)

PERSPECTIVE PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Volotkovskaya N.S., Volotkovskiy A.A., Kinash A.A.

Polytechnic Institute (branch) North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, e-mail: volotkovska_n@mail.ru

The article discusses the development prospects of the electric power industry of the Republic of Sakha (Yakutia). A brief information is presented on the energy system «Vostok», most of which is territorially occupied by the Sakha Republic (Yakutia) and is located in the permafrost zone for three quarters. The largest investment projects of the Republic of Sakha (Yakutia) in the field of energy are described, among which a special place is occupied by the construction of the Yakutsk State District Power Station-2 and the Kankunskaya Hydroelectric Station. Emphasis has been placed on solving one of the key problems for the republic's energy industry – reducing cross-subsidization by consumers of the South Yakutia, Central and Western energy regions of consumers of the Northern energy region. The main goals and objectives of the study are indicated, which are to provide high-quality and reliable power supply to isolated settlements, to reduce the volume of imported diesel fuel in remote and isolated areas of the republic, to update the fixed assets of electric networks. To solve the set tasks, an assessment was made of the implementation of a long-term program for the development and optimization of local energy in the Republic of Sakha (Yakutia). The current state of the electric power industry of the republic is presented and the scenarios of the local energy optimization program from a technical and economic point of view are compared. Conclusions were made about the prospects for the implementation of the presented program and the prospects for the development of the electric power industry in the Republic of Sakha (Yakutia) as a whole.

Keywords: electric power industry, subsidies, isolated area, local energy, renewable energy source, reliability of energy supply, Republic of Sakha (Yakutia)

Современные тенденции развития мировой экономики в целом и энергетики в частности показывают, что ключевыми факторами являются надежность энергоснабжения, энергобезопасность и энергоэффективность, а также экологические проблемы [1]. При этом повышение энергоэффективности является стратегическим направлением снижения энергоемкости экономики и снижения себестоимости продукции, что приведет к конкурентоспособности продукции как внутри страны, так и на мировом рынке [2].

Российская энергетика состоит из 69 региональных энергосистем, которые в свою очередь составляют 7 интегрированных энергетических систем (Центр, Восток, Сибирь, Урал, Средняя Волга, Юг и Северо-Запад).

Интегрированная энергетическая система «Восток» включает в себя весь северо-восток РФ. Только общая площадь Республики Саха (Якутия), которая входит в эту систему, составляет 3 млн 84 тыс. кв. км и на три четверти располагается в зоне вечной мерзлоты. Это вызывает определен-

ные трудности для энергоснабжения северных районов, где сейчас наращивает темпы развития горнодобывающая промышленность [3]. В связи с этим необходимость инвестиций в развитие энергетики – актуальный и требующий быстрейшего решения вопрос [4].

Материалы и методы исследования

Сегодня крупнейшими инвестиционными проектами Республики Саха (Якутия) в вопросах энергетики являются:

1. Строительство Якутской ГРЭС-2 (РАО «ЭС Востока», «РусГидро»).
2. Строительство Канкунской ГЭС («РусГидро»).
3. Строительство ТЭЦ (РАО «ЭС Востока»).
4. Плавучая атомная станция («Росатом»).
5. Строительство мини-ТЭЦ и модульных энергокомплексов.

Учитывая, что тарифы в Якутии от основного и единственного поставщика ПАО «Якутскэнерго» утверждаются едиными, потребители Южно-Якутского, Центрального и Западного энергорайонов субсидируют потребителей Северного энергорайона. Так, размер перекрестного субсидирования в 2016 г. составил 6 803 млн руб. В связи с этим остро встал вопрос об определении объема финансирования, необходимого для ликвидации перекрестного субсидирования локальной энергетики в Республике Саха (Якутия).

Результаты исследования и их обсуждение

Данная проблема была рассмотрена в перечне поручений по итогам заседания президиума Государственного совета РФ № Пр-2288 от 03.11.2015 г., предусматривающем разработку следующей долгосрочной программы оптимизации локальной энергетики (далее – ПОЛЭ). Ее основные цели:

1. Обеспечение качественного и надежного электроснабжения изолированных населенных пунктов [5].
2. Уменьшение объема субсидирования локальной энергетики Республики Саха (Якутия).
3. Обновление основных фондов, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии [6].

Предыдущая Программа оптимизации локальной энергетики Якутии была рассчитана на период с 2012 по 2017 г., и основные ее цели были сформулированы следующим образом:

– снижение выбросов в окружающую среду;

– повышение надежности и качества энергообеспечения потребителей;

– создание технологических предпосылок по снижению затрат на завоз и использование дизельного топлива в электроэнергетике;

– когенерация электрической и тепловой энергии в зоне действия локальной энергетики за счет строительства ТЭЦ малой мощности;

– снижение технологических потерь в сетях.

В рамках современной Программы для каждого существующего объекта генерации рассматриваются различные варианты реконструкции:

– замена на дизельные агрегаты;

– замена на нефтяные агрегаты;

– замена на газовые агрегаты (магистральный газ и сжиженный углеводородный газ);

– установка источников возобновляемой энергии ВИЭ (ветряные и солнечные станции) [7];

– вывод объекта генерации в резерв, электроснабжение за счет линий электропередач [8];

– создание региональных энергосистем с укрупнением источников питания и развитием энергосетевого комплекса [9].

В результате чего получен перечень и график реализации мероприятий, которые необходимо реализовать на действующих объектах локальной генерации с определением показателей, характеризующих технологическую и экономическую эффективность [10]. Так ПОЛЭ следующего периода предусматривает 5 альтернативных сценариев, которые приведены в табл. 1.

Все рассматриваемые сценарии направлены на уменьшение экономически обоснованных тарифов на электроэнергию и уменьшение субсидирования объектов локальной генерации.

В табл. 2 представлено сопоставление сценариев ПОЛЭ без учета компенсации повышенной тарифной нагрузки потребителям централизованных энергосистем.

Соотношение некоторых технических показателей для наглядности приведено далее на диаграммах (рис. 1–3).

Из первой диаграммы видно, что наибольший прирост установленной мощности объектов генерации электроэнергии даст четвёртый сценарий, предусматривающий дополнительное строительство объектов возобновляемой энергетики.

На второй диаграмме видим значительное сокращение объема завозимого дизельного топлива на 58 и 63 % соответственно в четвертом и пятом сценариях, в которых ключевая роль отводится объектам возобновляемой энергетики.

На последней третьей диаграмме виден суммарный экономический эффект от реализации программы за весь период 2018–2040 гг. Самыми предпочтительными вариантами являются третий и пятый сценарии.

В то же время третий сценарий, предполагающий строительство электрических сетей до изолированных населенных пунктов в условиях крайнего Севера, будет проигрывать по сложности и затратам на реализацию пятому сценарию, учитывающему строительство объектов генерации ВИЭ.

Таблица 1

Программа оптимизации локальной энергетики

Сценарий 1. Повышенный резерв	Установленная мощность новых объектов генерации определяется по аналогии со сложившейся практикой: установленная мощность от 150 до 350% от максимальной нагрузки потребителей
Сценарий 2. Умеренный резерв	Установленная мощность новых объектов генерации определяется исходя из целесообразности установки однотипных агрегатов (4 в работе и 2 в резерве): установленная мощность порядка 150% от максимальной нагрузки потребителей
Сценарий 3. Электросетевой	Учитываются эффективные проекты по сооружению электрических сетей до изолированных населенных пунктов. Мероприятия на объектах генерации в оставшихся муниципальных образованиях определяются путем выбора наиболее эффективных решений из первого и второго сценариев
Сценарий 4. Высокая доля ВИЭ	Установленная мощность новых объектов генерации определяется по аналогии со сложившейся практикой: установленная мощность от 150 до 350% от максимальной нагрузки потребителей. Дополнительно предусмотрено сооружение объектов ВИЭ, ввод в эксплуатацию которых позволит уменьшить тариф на электроэнергию
Сценарий 5. Сети и ВИЭ	Учитываются эффективные проекты по сооружению электрических сетей из третьего сценария и реконструкция генерирующих объектов, не подключаемых к энергосистемам, аналогичная четвертому сценарию

Таблица 2

Сопоставление сценариев программы оптимизации локальной энергетики

Технические показатели в результате реализации сценариев	Сценарии				
	1	2	3	4	5
Установленная мощность новых объектов генерации, МВт	108,7	81,4	82,3	145,8	126,6
Суммарные капитальные вложения в ценах 2018 г. без НДС, млрд руб. без НДС в п.п. с НДС	 13,06 20,73	 11,95 18,88	 29,29 43,91	 20,8 32,68	 36,98 55,85
Суммарный эффект за 2018–2040 гг. (уменьшения перекрестного субсидирования) от реализации ПОЛЭ в ценах 2018 г., млрд руб.	21,8	22,5	36,6	25,0	38,9
Отношение суммарного эффекта за 2018–2040 гг. к капитальным вложениям в ценах 2018 г. без НДС	1,67	1,88	1,25	1,2	1,05
Уменьшение экономически обоснованного тарифа на электроэнергию при реализации ПОЛЭ в полном объеме в процентах в руб./кВт×ч без ПОЛЭ в руб./кВт×ч с ПОЛЭ	 13,9 58,9 50,7	 14,4 58,9 50,4	 16,0 58,9 49,5*	 17,3 58,9 48,7	 18,8 58,9 47,8*
Суммарные субсидии на инвестиции и перекрестное субсидирование локальной энергетики в период 2018–2040 гг. в ценах на 2018 г., млрд руб.	161	159,2	162,5	165,6	167,8
КПД по производству электроэнергии на объектах АО «Саханэнерго» после реализации ПОЛЭ,%	34,0	34,0	34,0**	39,2	39,0**
Сокращение годового объема завозимого дизельного топлива для объектов локальной электрогенерации в процентах в тыс. руб. без ПОЛЭ в тыс. руб. с ПОЛЭ	 44 100 56	 44 100 56	 50 100 50	 58 100 42	 63 100 37
*+ 10% потребителей подключается к ЭС Магаданэнерго, Якутскэнерго **+ загрузка крупных ТЭС и ГЭС Магаданэнерго и Якутскэнерго					

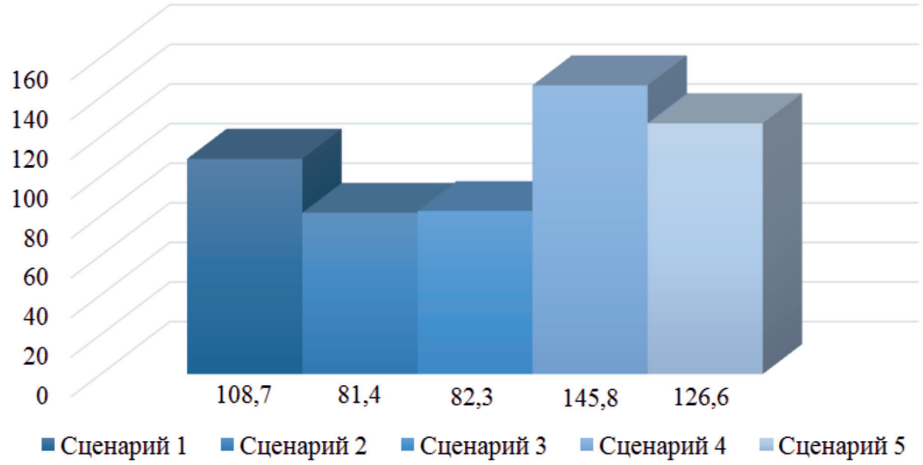


Рис. 1. Установленная мощность новых объектов генерации, МВт

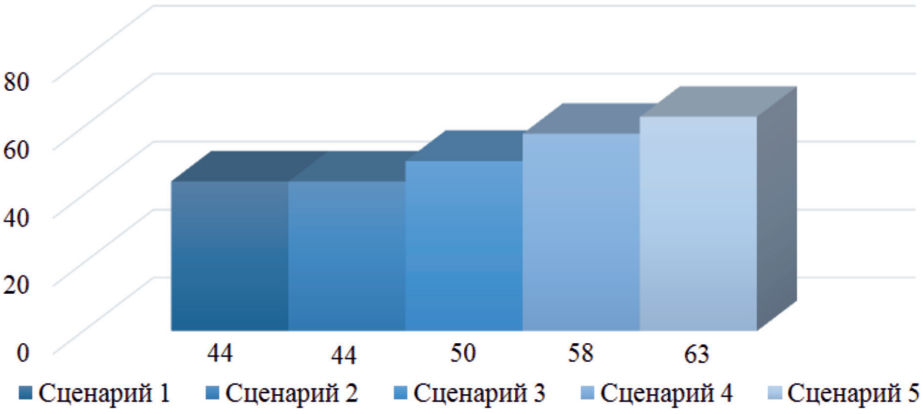


Рис. 2. Сокращение годового объема завозимого дизельного топлива, %

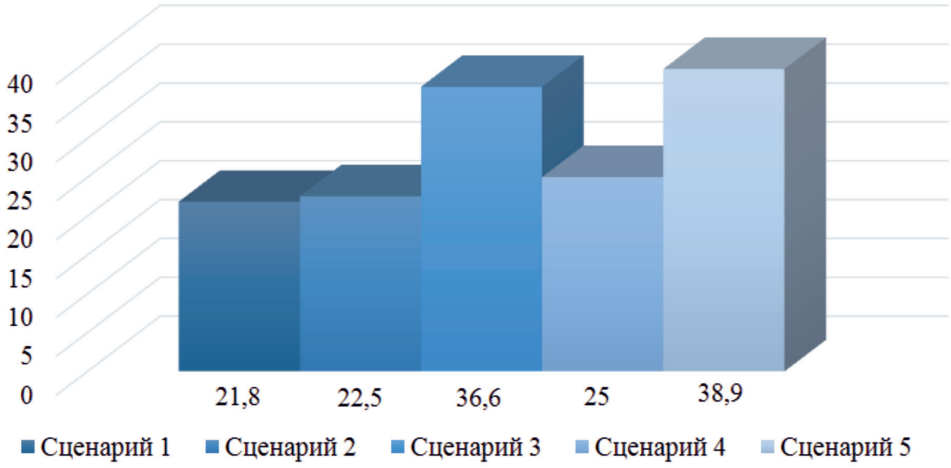


Рис. 3. Экономический эффект за 2018–2040 гг., млрд руб.

Заключение

В заключении можно отметить, что реализация программы оптимизации локальной энергетики в любом из вариантов приведет к уменьшению перекрестного субсидирования локальной энергетики Республики Саха (Якутия). Наиболее привлекательным как с технической, так и с экономической точки зрения выглядит пятый сценарий, который к тому же позволит уменьшить экологическую нагрузку на северные районы.

Во всех сценариях предусматривается увеличение объемов использования нефти на объектах генерации АО «Сахаэнерго», что приведет к модернизации инфраструктуры и резервного парка АО «Саханефтегазсбыт». Стоимость модернизации оценивается предварительно в объеме порядка 203 млн руб. в ценах 2018 г. без НДС. Данные затраты не включены в стоимость реализации ПОЛЭ и требуют дальнейшего уточнения.

Список литературы

1. Дьяков А.Ф. Пути повышения надёжности энергоснабжения страны // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. № 3. С. 214.

2. Дебиев М.В. Состояние и перспективы развития электроэнергетики России // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т. 13. № 4. С. 10–16.

3. Батугина Н.С., Романова Е.Р. Особенности государственного управления угледобывающими предприятиями в арктических районах Республики Саха (Якутия) // Проблемы современной экономики. 2015. № 2 (54). С. 259–262.

4. Чуприкова Н.В. Приоритетные направления развития экономики регионов РФ в контексте привлечения инвестиций // Социально-экономические явления и процессы. 2016. Т. 11. № 11. С. 105–111.

5. Хамитов Р.Н., Ковалев В.З., Архипова О.В., Есин С.С. Модель регионально обособленного электротехнического комплекса с учетом графиков электрической нагрузки потребителей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12–2. С. 200–204.

6. Волотковская Н.С., Семёнов А.С., Федоров О.В. Анализ структуры и технического состояния западных электрических сетей Республики Саха (Якутия) // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 11–12. С. 46–55.

7. Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Оценка экономической эффективности использования ветроэлектростанций в Олекминском улусе Якутии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18274 (дата обращения: 27.05.2019).

8. Мукатов Б.Б., Ефремов И.А., Фишов А.Г. Исследование реконфигурации электрических сетей с распределенной генерацией в аварийных режимах // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. 2014. № 4 (25). С. 90–103.

9. Степанов В.С., Степанова Т.Б., Старикова А.А. Системный анализ целесообразности создания локальных энергосистем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 4 (60). С. 117–124.

10. Егоров Н.Е., Ковров Г.С., Павлова С.Н. Инновационно-технологический потенциал арктической зоны Республики Саха (Якутия) // Инновации. 2018. № 11 (241). С. 73–76.

УДК 677.027

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПЕРЕВЯЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С АНТИМИКРОБНОЙ ОТДЕЛКОЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

[1]Джанпаизова В.М., [1]Ташменов Р.С., [2]Токсанбаева Ж.С., [1]Аширбекова Г.Ш., [1]Толганбек Н.Н.

[1]Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент;
[2]Южно-Казахстанская медицинская академия, Шымкент, e-mail: vasmir1@mail.ru

В статье представлены результаты апробации лечения инфицированных ран различного происхождения бактерицидными текстильными перевязочными материалами. Исследования показали, что экологически чистая, ресурсосберегающая технология придания тканевому материалу для медицинских целей устойчивой способности ингибировать активность микроорганизмов и способствовать заживлению ран путем закрепления на поверхности волокон антимикробных препаратов на основе наноцитрата серебра обеспечивает защитные свойства, а биогенные микроэлементы способствуют процессам грануляции ран и быстрому заживлению ран. Поэтому для получения многофункциональных перевязочных материалов использованы для отделки препараты на основе нанокарбоксилатов серебра, которые обладают самым широким спектром антимикробного действия. Установлено, что перевязочные материалы специального многофункционального назначения, помимо фиксирующих функций, гемостатического действия, способствуют сдерживанию распространения патогенных микроорганизмов во внешней среде, а также обеспечивают локализацию раневой инфекции с сокращением сроков лечения. Результаты эксперимента показывают, что рана под перевязочным материалом, обработанным специальными растворами, заживает быстрее, чем открытая рана, поскольку перевязочный материал не только защищает рану от инфекции, но и способствует созданию благоприятной среды для быстрого процесса заживления.

Ключевые слова: перевязочный материал, антимикробные свойства, структура волокна, наноцитрат серебра, отделка, придание, модифицирование

MULTIFUNCTIONAL WOOLING MATERIALS WITH ANTIMICROBE FINISH AND THEIR APPLICATION IN MEDICINE

[1]Dzhanpaizova V.M., [1]Tashmenov R.S., [2]Toksanbaeva Zh.S., [1]Ashirbekova G.Sh., [1]Tolganbek N.N.

[1]M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent;
[2]South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, e-mail: vasmir1@mail.ru

The article presents the results of testing the treatment of infected wounds of various origins with bactericidal textile dressings. Studies have shown that environmentally friendly, resource-saving technology of giving the tissue material for medical purposes a stable ability to inhibit the activity of microorganisms and promote wound healing by fixing on the surface of the fibers of antimicrobial preparations based on silver nanocitrate provide protective properties, and biogenic trace elements contribute to the processes of granulation of wounds and rapid wound healing. Therefore, to obtain a multifunctional dressing materials used to finish the preparations on the basis of monocarboxylates silver, which possess the broadest spectrum of antimicrobial action. Found that dressings of a special multi-purpose, in addition to the locking functions, hemostatic actions help contain the spread of pathogens in the environment, and also provide localization of the wound infection by reducing the duration of treatment. The results of the experiment show that the wound under the dressing material treated with special solutions heals faster than with an open wound, since the dressing material not only protects the wound from infection, but also contributes to the creation of a favorable environment for a rapid healing process.

Keywords: dressing material, antimicrobial properties, fiber structure, silver nano-citrate, finishing, imparting, modifying

В настоящее время на потребительском рынке востребованы многофункциональные перевязочные материалы с широким спектром специальных свойств, которые можно получить, изменяя структуру и свойства сырья, а также приданием лечебных свойств текстильной отделкой.

В работе [1, 2] отмечено, что наиболее перспективными перевязочными материалами являются текстильные материалы, пропитанные водными растворами органических солей биоцидных и эссенциальных микроэлементов. Особенно интересны и перспективны разработки медицинских изделий на основе природных антибактериальных и биологически активных веществ.

С целью поиска оптимального состава новых модифицированных раневых повязок для лечения гнойных ран и трофических язв ранее были изучены антимикробные свойства различных синтезированных карбоксилатов металлов (никель, цинк, железо, кобальт, медь, серебро).

Результаты анализа препаратов [3], применяемых для придания текстильным материалам антибактериальных свойств, по-

казали, что антибактериальные препараты, содержащие карбоксилаты серебра, обладают высокой антимикробной активностью, широким спектром антибактериального действия, а при этом отсутствием деструктивного воздействия на материалы и экологическую безопасность.

Серебро обладает выраженными бактерицидными, противовоспалительными, вяжущими свойствами. Его применение при лечении ран обеспечивает раневую асептику. Катионы серебра стимулируют активность ряда ферментов, повышают интенсивность окислительного фосфорилирования в клетках мозга. К серебру не развивается устойчивость микроорганизмов, в отличие от антибиотиков [4].

Анализ научно-технической информации по вопросам придания перевязочным материалам антимикробных свойств показал, что препараты на основе серебра обладают самым широким спектром действия, при этом индифферентны к резидентной микрофлоре человека, что позволяет рекомендовать разработку препаратов на основе нанокарбоксилата серебра для специальной отделкой. Отделка этими препаратами обеспечивает защитные свойства, препятствующие проникновению чужеродной, преходящей микрофлоры, в основном состоящие из патогенов из окружающей среды.

Следует отметить, что придание эффективных антибактериальных свойств текстильным материалам с использованием препаратов, безопасных для здоровья человека и окружающей среды и способных вступать в химические связи друг с другом и с целлюлозой, волокна является актуальной задачей.

Цель исследования: изучение влияния на регенерацию экспериментальной раны многофункционального текстильного перевязочного материала, пропитанного наноцитратом серебра при локальном нанесении.

Материалы и методы исследования

Настоящая работа основана на экспериментальном изучении специфической и неспецифической токсичности раствора цитрата серебра, на образцах *перевязочных материалов*.

Идентификация и определение соответствия требованиям НД проведено на кафедре фармацевтической и токсикологической химии ЮКГМА.

В данной работе исследуется средство, предназначенное для местного применения, поэтому для изучения специфической и неспецифической токсичности использовались минимально необходимые исследования:

– подострая кожно-резорбтивная токсичность;

– местно-раздражающие свойства на слизистые оболочки и кожные покровы;

– сенсибилизирующие свойства.

Исследования для оценки местнораздражающего, резорбтивного и сенсибилизирующего действия цитрата серебра были проведены на 94 белых беспородных крысах-самцах трехмесячного возраста с исходной массой тела 200 + 20 г и 20 кроликах-самцах породы шиншилла массой 2,0–2,5 кг [5, 6].

Животные, отобранные для опыта, отвечали требованиям, предъявляемым к постановке эксперимента: получены из одного питомника и подбирались по полу, возрасту, массе. Выбор самцов для исследования был обусловлен тем, что у самок в различные сроки цикла чувствительность к различным факторам может меняться, также есть вероятность попадания в опыт беременных самок.

Для испытаний в данной работе были выбраны перевязочные материалы, содержащие 100 % хлопок. Выбранные перевязочные материалы имеют однородный волокнистый состав, изготавливаются с различными переплетениями, методами отделки лицевой поверхности, каждая по своей группе имеет среднюю поверхностную плотность и др. Структурные характеристики исследуемых перевязочных материалов, суммарная пористость R_0 и поверхностная пористость Rs определялись стандартными методами.

Потребительские свойства материалов оцениваются не только по структурным характеристикам, но и по физико-химическим свойствам, которые определялись стандартными методами (ГОСТ 9412-93).

При проведении процесса пропитки текстильных материалов путем окунания в рабочий раствор погружали как влажные, так и сухие образцы. Обработанные образцы отжимали и высушивали естественным образом.

Анализируя известные способы придания антимикробных свойств текстильным материалам, можно отметить метод поверхностного осаждения реагентов на материалы (окунание). Этот метод достаточно прост в исполнении, не требует сложного специального оборудования и дает высокий практический результат. Также важно, что данный способ является неотъемлемой частью технологического процесса производства текстильных материалов. Поэтому был апробирован и применен метод поверхностного нанесения биоцидных препаратов путем погружения в рабочий раствор.

Образцы *перевязочных материалов*, обработанных погружением в раствор наноцитрата серебра, исследованы на токсикологические свойства.

Все исследования проводились в первой половине дня. После окончания экспериментов животные умерщвлялись декапитацией под общим обезболиванием.

Таблица 1

Характеристика и количество лабораторных животных по сериям экспериментов

Экспериментальная модель	Количество животных	
	крысы	кролики
Кожно-резорбтивная токсичность	24	–
Местно-раздражающее действие	10	10
Сенсибилизирующее действие	60	10

Для оценки кожно-резорбтивного общетоксического действия исследуемого препарата для кожной аппликации использовались 24 крысы по 12 животных в опытной и контрольной группах.

В опытной группе использовали серебра цитрат с концентрацией металлов 70 и 100 мг/л, в контрольной – стерильный изотонический раствор натрия хлорида.

У животных выбривалась шерсть на боку площадью около 6 см$^{-1}$. Всего наносилось 0,3 мл раствора серебра цитрата. Тампон покрывали полиэтиленовой пленкой и фиксировали на коже с использованием лейкопластыря «Ургo».

Животных помещали в иммобилизационные домики для создания гиподинамии во избежание слизывания растворов на 4 ч. Исследуемые вещества наносились 1 раз в день ежедневно в течение 2 месяцев.

В период наблюдения оценивалось общее состояние подопытных животных, поведение, двигательная активность, температура тела, изменение массы тела, использовано 10 крыс и 10 кроликов.

Крысам опытной группы раствор наносился на выстриженный участок кожи спины размером 2х2 см в концентрациях 70 и 100 мг/л. Кожу на контрольном и опытном участках предварительно повреждали путем нанесения неглубоких царапин в виде сетки.

Выраженность эритемы определяли визуально и при помощи колориметрической линейки С.И. Суворова, а величину отека определяли, измеряя толщину кожной складки при помощи измерителя толщины ТР-1-10 [6].

Кроликам раствор в количестве 50 мкл вносился в конъюнктивальный мешок левого глаза, состояние конъюнктивы правого глаза служило контролем.

Введение производилось ежедневно однократно в течение 5 дней. Непосредственно после нанесения исследуемого раствора, в течение дня, а также перед каждой последующей аппликацией фиксировалась реакция обработанной поверхности, а именно присутствие или отсутствие гиперемии, отека, эрозии.

Для исследования сенсибилизирующего действия серебра цитрата в экспериментах использованы половозрелые беспородные белые крысы и кролики, находящиеся на обычном рационе вивария. Всего исследовано 60 крыс и 10 кроликов.

Для оценки аллергизирующего действия препарата применяли следующие тесты:

Метод накожных аппликаций. 30 крыс были распределены поровну на 3 группы. У всех крыс на боковой поверхности туловища на спине была выстрижена шерсть на участке 2х2 см. Проводили ежедневно эпикутанную сенсибилизацию путем нанесения трех капель изучаемого препарата: 1 группа – раствор серебра цитрата в концентрации 70 мг/л, 2-я группа – раствор исследуемого препарата в концентрации 100 мг/л, 3-я – стерильным изотонический раствор натрия хлорида. За животными велось ежедневное наблюдение. Первое тестирование проводили после 10 аппликаций. Тестирование показало отрицательный результат, в связи с этим число аппликаций довели до 20 нанесений.

Определение гемограммы проводилось всем животным до проведения эксперимента для оценки исходных показателей. Показатели гемограммы оценивались в динамике проводимых экспериментальных тестов. Клеточный состав гемограммы определяли путем подготовки мазков из периферической крови, окраски по Романовскому – Гимзе и микроскопированием препаратов. Подсчет вели на 100 клеток и выражали в процентах. На каждого животного в динамике проводимого эксперимента приготавливали по 2 препарата.

Конъюнктивальная проба. Для постановки пробы использовали 10 кроликов, которым 1 каплю раствора серебра цитрата вводили глазной пипеткой под нижнее века правого глаза. Левый глаз служил контролем, под его нижнее веко было введено по капле дистиллированной воды. На различных кроликах исследовали следующие концентрации: 70 и 100 мг/л растворы серебра цитрата. Оценка результатов проводилась трижды: через 15 мин после введения под веко препаратов, через 24 ч и 48 ч. Во всех случаях изменений со стороны слезного протока, склеры не было выявлено, отмечалась лишь слабая гиперемия конъюнктивы. Конъюнктивит не развивался, т.е. конъюнктивальная проба отрицательна.

Непрямая реакция дегрануляции тучных клеток (РДТК). Постановку РДТК осуществляли следующим образом. Для получения тучных клеток крыс, животных забивали кровопусканием, вводили внутрибрюшинно 6–8 мл подогретого до 30 °С физиологического раствора и после легкого массажа в течение 1 мин проводили разрез брюшинной стенки до средней линии и собирали экссудат в пробирку с раствором гепарина. В исследовании использовали 20 крыс.

Препараты готовили на обезжиренных предметных стеклах, окрашенных 0,3 % раствором нейтрального красного. К 0,03 мл взвеси тучных клеток добавляли 0,03 мл сыворотки опытного животного и 0,03 мл 0,007 % и 0,01 % растворов серебра цитрата. В качестве растворов сравнения использовали стерильный физиологический раствор.

Далее препараты покрывали покровными стеклами и инкубировали в термостате при 37 °С в течение 15 мин.

Оценку результата проводили, подсчитывая показатель дегрануляции тучных клеток (ПДТК) по формуле

$$\text{ПДТК} = \frac{1a + 2b + 3c + 3d}{100},$$

где a, b, c, d – количество (среднее из трех повторений) дегранулированных клеток соответственно степени дегрануляции.

В каждом мазке подсчитывали 100 клеток. Реакция считается положительной, если ПДТК превышает 0,2.

Результаты исследования и их обсуждение

При оценке кожно-резорбтивного токсического действия не отмечено нарушений системного, местного характера и не были изменены поведенческие характеристики животных в сравнении с животными контрольной группы в течение всего периода наблюдения. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии отрицательного резорбтивного эффекта исследуемых растворов и не оказывают общего и местного токсического действия в эксперименте при двухмесячном использовании.

Исследование раздражающего действия растворов серебра цитрата выявило, что в концентрациях 70 и 100 мг/л они не оказывают раздражающего действия на кожные покровы экспериментальных животных.

При оценке раздражающего действия препарата на слизистые век и конъюнктиву кроликов в вышеуказанных концентрациях раздражающего действия выявлено не было. Зато было отмечено, что на участках кожи крыс, обработанных растворами серебра, заживление искусственно нанесенных ран проходило в 1,5 раза быстрее, чем в контроле.

При оценке аллергизирующего действия методом конъюнктивальной пробы изменений со стороны слезного протока, склеры, конъюнктивы не было выявлено во всех случаях. Конъюнктивальная проба отрицательна.

При изучении аллергизирующего действия методом накожных аппликаций после 20 ежедневных аппликаций растворами серебра ни у одного животного не возникло изменений кожи в области аппликаций. Следовательно, отсутствует опасность сенсибилизации препарата через неповрежденную кожу. Средние значения показателей гемограммы у экспериментальных животных до начала и в динамике эксперимента представлены в табл. 2.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что как до, так и после введения изучаемых доз препарата каких-либо отклонений от нормальных значений в общем анализе крови крыс не обнаружено.

Средние данные показателя дегрануляции тучных клеток (ПДТК) представлены в табл. 3. Изучение аллергизирующего действия при помощи непрямой реакции дегрануляции тучных клеток показало, что растворы серебра в данных концентрациях не вызывают дегрануляции тучных клеток, т.е. не способны непосредственно индуцировать аллергическую реакцию немедленного типа.

Результаты опытов свидетельствуют, что растворы серебра цитрата не обладают аллергизирующими свойствами.

Выводы

Проведенные исследования показали, что растворы серебра цитрата в концентрации 70 мг/л и 100 мг/л являются малотоксичными веществами и не оказывают общего и местного токсического действия при двухмесячном нанесении на кожу. В наших исследованиях также не зарегистрировано местно-раздражающих и сенсибилизирующих свойств вышеуказанных растворов.

В результате проведенной работы были выполнены исследования, позволяющие расширить спектр фармакотерапевтической эффективности перевязочных средств (с антимикробным и ранозаживляющим действием) с повышенной биосовместимостью.

Таблица 2

Средние значения показателей общего анализа крови крыс после применения 0,007 % и 0,01 % растворов серебра цитрата методом накожных аппликаций (N4 ± т)

Показатель	0,007% раствор серебра цитрата	0,01% раствор серебра цитрата	Контроль (0,9% раствор NaC1)
До применения			
Лейкоциты х 10^9	11,1 + 1,1	1 11,3 + 0,99	12,1 + 0,89
Палочкоячерные нейтрофилы, %	2,2 + 0,4	2,3 + 0,5	2,2 + 0,5
Сегментоядерные нейтрофилы, %	26,1+3,1	27,2 + 3,7	27,3 ± 3,3
Моноциты, %	3,9 + 0,5	4,3 + 0,6	5,1 + 0,2
Эозинофилы %	2,2 ± 0,6	2,3 + 0,2	2,8 + 0,7
Лимфоциты, %	61,1 + 4,1	63,3 + 3,7	62,9 + 3,89
После применения			
Лейкоциты х 10^9	11,9 + 1,5	12,1 + 0,4	12,7 + 0,7
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2,0 + ,0,6	2,5 + 0,2	2,4 + ,0,1
Сегментоядерные нейтрофилы, %	25,2 + 2,7	28,4 + 3,2	28,1 ± 2,5
Моноциты, %	4,2 + 0,2	5,1 + 0,7	6,4 + 0,4
Эозинофилы, %	2,8 + 0,2	3,1 ± 0,4	3,3 + 0,5
Лимфоциты, %	64,3 + 3,0	65,5 + 4,1	64,2 ± 3,2

Таблица 3

Средние показатели ПДТК

	0,007% раствор	0,01% раствор	Контроль
ПДТК	0,014 ± 0,02	0,016 ± 0,01	0,01 ± 0,003

Примечание: реакция считается положительной, если ПДТК превышает 0,2.

Данная технология производства новых перевязочных материалов, выбор компонентов, обеспечивающих их особые свойства, позволит получить раневое покрытие, которое будет удовлетворять спрос потребителей.

Список литературы

1. Киселева А.Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра // Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы: сборник тезисов VII Всероссийской олимпиады и семинара (Санкт-Петербург, 10–14 мая 2011 г.). СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет промышленной технологии и дизайна, 2011. С. 18.

2. Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Мырхалыков Ж.У., Каплуненко В.Г., Тогатаев Т.У., Орымбетова Г. Исследование оптимальной концентрации раствора цитрата серебра для придания марли медицинской антибактериальных свойств // Журнал Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 3. (363). С. 137–143.

3. Крутяков Ю.А., Кудринский А.А, Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. 2008. Т. 77. № 3. С. 242–269.

4. Каплуненко В.Г., Косинов Н.В., Поляков Д.В. Получение новых биогенных и биоцидных наноматериалов с помощью эрозионно-взрывного диспергирования металлов // докл. Национальной Академии наук Украины. 2009. № 7. С. 37–45.

5. Миронов А.Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. М.: Гриф и К°, 2012. 944 с.

6. Иванова Б., Грязнева Т., Водолажский В. Изучение местно-раздражающего, резорбтивного и сенсибилизирующего действия наноструктурированного биоцида велтосфер // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2008. № 10. С. 55–57.

УДК 662.8.057.25

ЧАСТИЧНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ ДЛИННОПЛАМЕННОГО УГЛЯ В ЦИРКУЛИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Дюсеханов Т.К., Сулейменов К.А., Достияров А.М.

ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», Нур-Султан,
e-mail: timur.dyussekhanov@erg.kz

В настоящее время полукокс в основном получают с использованием слоевой технологии, обладающей рядом недостатков, таких как: повышенный выброс фенольных соединений, повышенная влажность получаемого полукокса (18–22%), неравномерность термообработки угля (встречается полукокс с содержанием летучих выше 5%, что недопустимо), необходимость использования фракционированного угля, например 20–80 мм и образование отсева мелкодисперсного угля 0–20 мм, имеющего существенно меньшую стоимость и незначительный по объему рынок сбыта. Развитие новых технологий производства металлов потребовало применения в качестве восстановителей мелкодисперсного полукокса размером 0–10 мм. В связи с этим использование отсевов угля фракцией 0–20 мм может существенно снизить стоимость производимого полукокса. Поэтому разработка новой технологии получения относительно дешевого мелкодисперсного полукокса из отсевов угля и решение ряда недостатков, присущих слоевой технологии, являются актуальными. Предложена новая технология получения спецкокса – термоокислительный пиролиз угля в циркулирующем кипящем слое – ЦКС. Данная технология предполагает получение полукокса в топочном контуре технологического реактора ЦКС. Образующиеся в результате частичной газификации генераторные газы и вынесенные из технологического цикла мелкие частицы готового продукта – полукокса, а также недообработанные частицы угля без охлаждения подаются в горелки котлов для дожигания и производства тепловой энергии, используемой далее для производства электроэнергии или теплоснабжения.

Ключевые слова: частичная газификация, термоокислительный пиролиз, циркулирующий кипящий слой, полукокс, генераторный газ, длиннопламенный уголь

PARTIAL GASIFICATION OF LONG-FLAME COAL IN A CIRCULATING FLUIDIZED BED

Dyusekhanov T.K., Suleymenov K.A., Dostiyarov A.M.

«ERG Research and Development Engineering Center», LLP, Nur-Sultan,
e-mail: timur.dyussekhanov@erg.kz

Currently, semi-coke is mainly obtained using layered technology, which has a number of disadvantages, such as: increased emission of phenolic compounds, increased humidity of the obtained semi-coke (18-22%), uneven heat treatment of coal (presence of a semi-coke with a volatile content higher than 5%, which is unacceptable), the need to use fractionated coal, for example, 20-80 mm and the formation of sifting fine coal 0-20 mm, which has a significantly lower cost and market size. The development of new technologies for the production of metals requires the use of fine semi-coke with a size of 0-10 mm as reducing agents. In this regard, the use of 0-20 mm coal fraction can significantly reduce the cost of the produced coke. Therefore, the development of a new technology for obtaining relatively cheap fine semi-coke from coal screenings and the solution of a number of disadvantages inherent in the layered technology are relevant. A new technology for producing special coke is proposed – thermo-oxidative pyrolysis of coal in a circulating fluidized bed – CFB. This technology assumes the production of semi-coke in the combustion loop of the technological CFB reactor. Generating gases resulting from partial gasification and fine particles of the finished product – semi-coke removed from the process cycle, as well as under-treated coal particles, are fed without cooling into the burners of the afterburner and the heat energy produced for the electricity generation or heat supply.

Keywords: partial gasification, thermal-oxidative pyrolysis, circulating fluidized bed, semi-coke, generating gas, long-flame coal

В металлургии в качестве дешевых аналогов восстановителей в основном используется крупнокусковой полукокс, производимый в печах со стационарным слоем. Данная технология обладает рядом недостатков, таких как:

– образование экологически опасных фенольных соединений, а также загрязненной подсмольной воды;

– получение увлажненного полукокса, что влечет за собой значительные дополнительные энергетические затраты на испарение влаги при технологической переработке полукокса;

– использование угля фракции 20–80 мм приводит к накоплению значительного количества неиспользуемого угля фракции 0–20 мм (в соотношении 2:1 к фракционированному углю), что отражается на конечной стоимости полукокса;

– высокие капитальные и операционные затраты на очистку и утилизацию пиролизного газа [1].

Развитие новых технологий в металлургии и других отраслях промышленности потребовало применения также и мелкодисперсного полукокса размером 0–10 мм [2]. При этом наиболее оптималь-

ным решением данного вопроса является разработка новой технологии полукоксования с использованием относительно дешевых мелкодисперсных отсевов угля, а не механическое дробление крупнокускового полукокса.

Научно-исследовательским инжиниринговым центром (НИИЦ) ERG предложена новая технология получения полукокса – термоокислительный пиролиз угля в циркулирующем кипящем слое – ЦКС. Данная технология предполагает получение полукокса в технологических реакторах ЦКС, а образующиеся генераторные газы и вынесенные из технологического цикла мелкие частицы готового продукта – полукокса, а также недообработанные частицы угля без промежуточного охлаждения подаются в котлы для сжигания и производства тепловой энергии. При этом данная технология позволяет решить проблемные вопросы слоевой технологии, такие как: неудовлетворительная экологичность, повышенная влажность (18–22 %) образующего полукокса, низкая энергоэффективность. Технология автотермического термоокислительного пиролиза угля (ТОПУ) в ЦКС подразумевает использование максимального количества тепла сгорания выделившихся летучих и минимальное выгорание фиксированного углерода подаваемых частиц угля

Цель исследования: экспериментальное подтверждение возможности производства полукокса в установке ЦКС и определение потенциала интеграции коксового производства полукокса с тепловой электрической станцией.

Реализуемость данной технологии в целом была подтверждена разработанной расчетно-аналитической моделью технологии получения полукокса в газификаторе ЦКС с выработкой электроэнергии в паротурбинном цикле.

Предварительные расчеты показывают, что избыток воздуха – α при адиабатном протекании процесса в этом случае должен составлять 0,2–0,25 от теоретически необходимого. При этом необходимо отметить, что реакционная зона ЦКС состоит из реакционной зоны пузырькового кипящего слоя (КС) с плотностью 600–1000 кг/м^3, обычно невысокого – до 0,5–1,5 м, с размерами частиц угля 0,5–20 мм и реакционной зоны надслоевого пространства, где частицы движутся вверх в основном в режиме пневмотранспорта с концентрацией твердой фазы в потоке до 5–50 кг/м^3.

В режиме ЦКС большая часть подаваемых частиц угля подвергается термообработке и термоокислительным процессам в объеме КС. У мелких частиц угля, подверженных выносу из КС, летучие частично выделяются в КС, частично в надслоевом пространстве и полностью выделяются при неоднократной рециркуляции их в топку. Неуловленные системами рециркуляции недообработанные мелкие частицы угля выводятся из технологического цикла и не участвуют в процессе получения полукокса требуемого качества.

При этом необходимо отметить, что процесс выделения и сгорания летучих в объеме кипящего слоя представляет собой сложный процесс и ограничивается рядом условий [3]. Согласно двухфазной модели кипящего слоя воздух, подаваемый в слой через воздухораспределительную решетку, выделившиеся летучие, продукты сгорания летучих и фиксированного углерода разделяются на два потока:

– часть подаваемого воздуха, продукты сгорания угольных частиц транспортируются сквозь слой в виде потока газа, фильтрующего между частицами слоя (непрерывная фаза), приводя слой в режим минимального псевдоожижения;

– остальная часть подаваемого воздуха и образовавшихся в результате термообработки угольных частиц газообразных продуктов транспортируются через слой в виде пузырей (прерывистая фаза).

Относительно выделения летучих необходимо отметить, что в соответствии с [4] летучие, выделяющиеся из угольной частицы в горящем КС, принимают форму газовых пузырей, периодически отрывающихся от угольной частицы и всплывающих вверх через слой. По мере продвижения газового пузыря летучих вверх сквозь слой между пузырем и непрерывной фазой происходят тепломассообменные процессы. К данному процессу также накладывается процесс слияния (коалесценции) воздушных и газовых пузырей в более крупные пузыри по мере их всплывания в объеме слоя, при котором также происходят тепломассобменные процессы.

Таким образом зависимость соотношения прореагировавших и непрореагировавших летучих, их соотношения в непрерывной фазе и пузырях весьма сложна, так как кроме вышеперечисленных факторов, влияющих на соотношения кислорода в непрерывной и прерывной фазах, на данный процесс влияют скорость газового потока (непрерывная фаза), размер угольных частиц, тип угля, наличие и характеристика пор угля и другие физико-химические характеристики, определяющие интенсивность нагрева, скорость диффузии летучих в порах и, соответственно, скорость вторич-

ных реакций коксообразования, массобменные процессы между прерывистой и непрерывистой фазами КС и т.д.

Таким образом можно отметить, что реализация термоокислительного пиролиза угольных частиц в кипящем слое с получением максимального количества товарного полукокса, с обеспечением максимального выхода и выгорания летучих в реакционной зоне и минимального выжига фиксированного углерода угля для получения полукокса – весьма трудноразрешимая задача.

Учет двухфазной модели кипящего слоя и механизма выхода и выгорания летучих в слое и в надслоевом пространстве ЦКС позволил разработать и запатентовать технологию получения качественного полукокса из отсевов угля [5].

Материалы и методы исследования

Для экспериментальной проверки технологии была создана лабораторная установка газификатор-пиролизер ЦКС с расходом топлива до 50–70 кг/час. На рис. 1 представлена ее принципиальная технологическая схема.

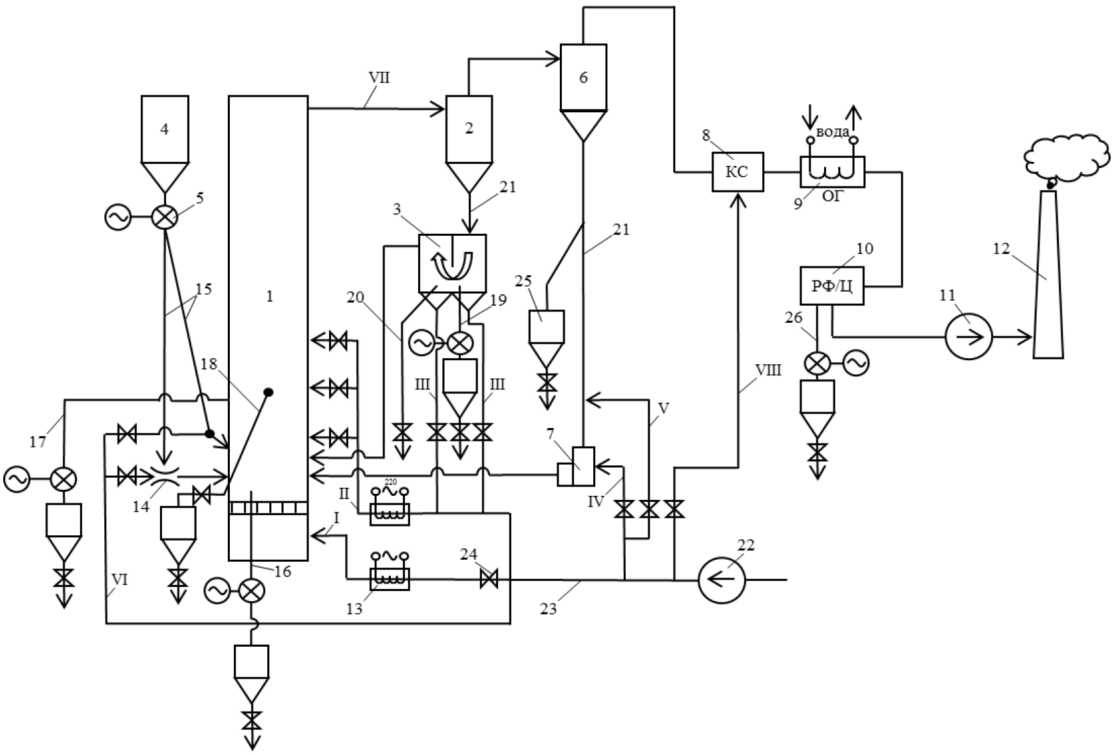


Рис. 1. Технологическая схема лабораторной установки – газификатора ЦКС
Узлы: 1 – топка-газификатор, 2 – технологический циклон, 3 – пневмомеханический затвор, 4 – бункер угля, 5 – шнековый питатель угля, 6 – санитарный циклон, 7 – L клапан, 8 – камера сгорания (КС) генераторных газов, 9 – охладитель дымовых газов, 10 – рукавный фильтр и циклон-пылеосадитель, 11 – дымосос, 12 – дымовая труба, 13 – электровоздухоподогреватели, 14 – эжектор пневмотранспорта угля в топку, 15 – топливопроводы подачи угля в объем слоя (верхняя подача) и нижнюю часть слоя (нижняя подача) 16 – система механизированного вывода материала слоя с нижней части слоя (с ВРР), включающая водоохлаждаемый патрубок вывода, водоохлаждаемый шнек-дозатор, систему бункеров (2 шт.) с задвижками, 17 – система механизированного вывода материала слоя с поверхности пузырькового слоя, включающая водоохлаждаемый патрубок вывода, водоохлаждаемый шнек-дозатор, систему бункеров (2 шт.) с задвижками, 18 – система ручного вывода материала слоя с поверхности пузырькового слоя, 19 – система механизированного вывода циркулирующего материала с решетки приемной камеры затвора (стояк), включающая водоохлаждаемый патрубок вывода, водоохлаждаемый шнек-дозатор, систему бункеров (2 шт.) с задвижками, 20 – патрубок вывода материала из передающей камеры затвора, 21 – стояк затвора, 22 – воздуходувка, 23 – воздуховод, 24 – шибера воздушные, 25 – бункер-накопитель, 26 – система механизированного вывода уноса уловленного циклоном-пылеосадителем, включающая пылевыпускную трубу, водоохлаждаемый шнек-дозатор, систему бункеров (2 шт.) с задвижками. Потоки: I – первичный воздух, II – вторичный воздух, III – воздух в принимающую и передающую камеры пневмозатвора, IV – острое дутье воздуха в L-клапан, V – поток воздуха на аэрацию стояка, VI – поток воздуха на пневмотранспорт угля в топку, VII – генераторные газы из топки, VIII – поток воздуха для дожигания генераторных газов КС

Теплотехнические характеристики шубаркольского угля

W^r, %	A^d, %	C^{daf}, %	H^{daf}, %	N^{daf}, %	O^{daf}, %	S^{daf}, %	V^{daf}, %	V^r, %	$Q^н_р$, ккал/кг
10,6	4,25	76,9	5,35	1,45	15,3	1,0	44,5	38,09	6334,7

Установка состоит из топки 1, выполненной из жаропрочной стали в виде вертикально стоящего цилиндра внутренним диаметром 150 мм и высотой 5,6 м, теплоизолированного по всей высоте для обеспечения минимальных потерь тепла в окружающую среду и из технологического и санитарного циклонов 2 и 6. Уголь из бункера 4 шнековым питателем 5 по топливопроводам 15 пневмотранспортом направляется в топку.

Воздух в топку и другие узлы установки подается воздуходувкой 22. При этом первичный и вторичный воздух подогревается в электровоздухоподогревателях 13 до требуемой по режиму температуры (100–600 °С).

Образующийся в топке полукокс водоохлаждаемыми шнеками 16 и 17 отводится из топки в накопительные бункеры. Образующиеся в топке 1 генераторные газы и коксозольный остаток выносятся из топки и поступают в технологический циклон 2, где происходит отделение большей части твердой фазы из газового потока. Уловленный циклоном коксозольный остаток по стояку 21 поступает в пневмомеханический затвор 3 высотой 600 мм, состоящий из двух камер кипящего слоя: приемной – сечением 80х80 мм, и передающей – сечением 120х80 мм. Коксозольный остаток из стояка и приемной камеры затвора 3 поступает в передающую камеру затвора 3 и далее по течке перепускается в топку 1, образуя, таким образом, циркуляционный поток твердой фазы по контуру: топка – технологический циклон – стояк – затвор – топка. Из приемной камеры затвора готовый полукокс водоохлаждаемыми шнеками 18 выводится в бункер-накопитель.

Не уловленные в технологическом циклоне 2 мелкие частицы коксозольного остатка поступают в санитарный циклон 6. Выделившийся в санитарном циклоне коксозольный остаток по стояку 21 поступает в L-клапан 7 и далее в топку, образуя циркуляционный контур, как и в первом случае. В случае отключения L-клапана уловленный коксозольный остаток выводился в бункер-накопитель 25.

После санитарного циклона генераторные газы поступают в камеру сгорания 8 для дожигания. После камеры дожигания дымовые газы поступают в трубчатый газо-водяной охладитель газа 9 для снижения температуры дымовых газов до уровня, требуемого по условиям работы рукавного фильтра и дымососа. При необходимости предусмотрено дополнительное охлаждение газового потока подачей воды, распыленной специальной форсункой. После охладителя газов 9 дымовые газы поступают либо в рукавный фильтр, либо в циклон 10 для обеспечения необходимой по санитарным нормам очистки газов. Далее с помощью дымососа 11 дымовые газы отводятся в дымовую трубу 12 и сбрасываются в атмосферу.

Для проведения исследования использовался шубаркольский уголь 4-х фракций, размером: 0–8 мм (dср = 2,08 мм); 0–15 мм (dср = 3,14 мм); 0–20 мм и 3–8 мм (dср = 4,2 мм), теплотехнические характеристики которого приведены в таблице.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из основных параметров технологического процесса термоокислительного пиролиза угля является температура в топочном контуре, которая в основном определяет эффективность технологического процесса. При работе топки в газификационном режиме температура слоя определяется в основном избытком воздуха, а также, ввиду некоторой неадиабатичности процесса, и форсировкой слоя.

На рис. 2 представлена зависимость температуры слоя от избытка воздуха для разных форсировок (тепловой мощности, расхода топлива) слоя. Как видно, для обоих случаев увеличение избытка воздуха сопровождается увеличением температуры слоя за счет большей доли прохождения окислительных реакций углерода угля и кислорода воздуха. Также видно, что увеличение расхода топлива при примерно одинаковых избытках воздуха приводит к увеличению температуры слоя. Таким образом, увеличение производительности (мощности) топки при постоянстве основного параметра технологии – температуры в слое – можно добиться путем увеличения подачи угля с одновременным уменьшением избытка воздуха, либо уменьшением расхода топлива с одновременным увеличением избытка воздуха, т.е. непропорциональным изменением соотношения топливо – воздух.

На рис. 3 представлена зависимость содержания летучих в полукоксе, выводимом из топки с поверхности пузырькового слоя (на расстоянии 650 мм от воздухораспределительной решетки) от температуры слоя в температурном диапазоне 750–950 °С. Как видно из рисунка, с увеличением температуры слоя содержание летучих в коксе уменьшается с 7–8 % до 3 %. Но в рабочем диапазоне 800–900 °С содержание летучих составляет 3–5 %. Таким образом, получаемый продукт соответствует требованиям, предъявляемым к коксу в отношении содержания летучих. Аналогичные данные были получены для полукокса, выводимого из затвора.

Для получения полукокса требуемого качества, необходимо чтобы угольные частицы, включая мелкие частицы, подверженные выносу из топки, находились определенное

время в высокотемпературной реакционной зоне. При термообработке угля в пузырьковом кипящем слое время пребывания в реакционной зоне для крупных частиц более чем достаточно, но для мелких частиц его крайне мало, так как эти частицы даже не успеют нагреться до температуры выхода летучих. Следует отметить, что подача в надслоевое пространство вторичного воздуха, обеспечивающая дополнительным теплом за счет сгорания летучих, вынесенных из слоя, а также летучих, образующихся в процессе термообработки мелких частиц в надслоевом пространстве топки, не обеспечивает получения требуемого по качеству полукокса, а также недостаточна для поддержания требуемой температуры в топке. Это достигается многократной рециркуляцией выносимых из топки мелких частиц вновь в слой, где они нагреваются и выносятся в надслоевое пространство. Многократная рециркуляция мелких частиц приводит к выравниванию температурного поля по всему объему топки и циркулирующему тракту, включая технологический циклон, стояк, пневмомеханический затвор и топку. Но многократная рециркуляция коксозольных частиц без организации вывода готового продукта – полукокса из циркулирующего потока твердой фазы приведет к существенному повышению концентрации твердой фазы в топочном контуре и, соответственно, к росту расхода электроэнергии на дутье. В конечном счете происходит «захлебывание» процесса и прекращение циркуляции.

Изотермичность всего топочного контура циркуляции обеспечивается кратностью циркуляции (количество циркулирующих по топочному контуру частиц, отнесенное к расходу топлива), составляющей десятки и сотни единиц, но при этом концентрация твердой фазы в верхней части топки в десятки и сотни раз меньше, чем в объеме пузырькового слоя. В связи с этим количество выводимого готового продукта – полукокса из циркуляционного контура не должно нарушать изотермичность топочного контура. При этом необходимо знать, при какой минимальной концентрации твердой фазы (плотность) соблюдается изотермичность по всему топочному контуру.

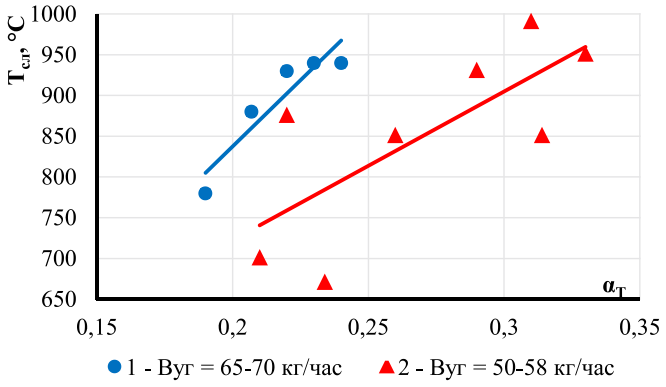


Рис. 2. Зависимость температуры слоя от избытка воздуха при $B_{уг}$ = const

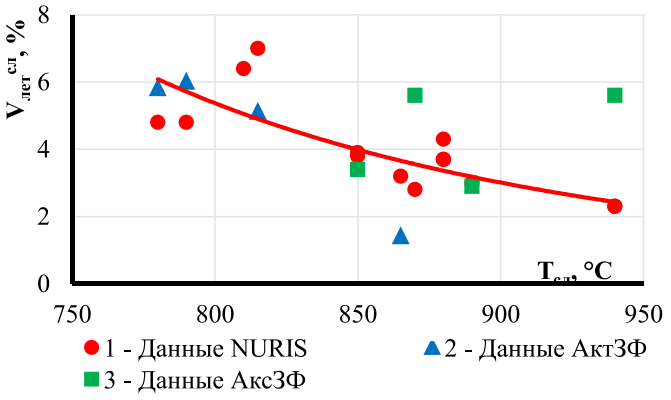


Рис. 3. Зависимость содержания летучих в полукоксе от температуры

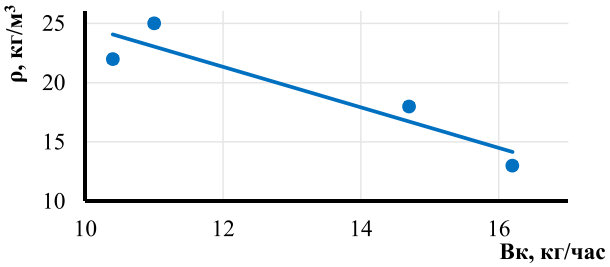


Рис. 4. Зависимость концентрации твердой фазы в надслоевом пространстве топки от количества выводимого полукокса из приемной камеры затвора

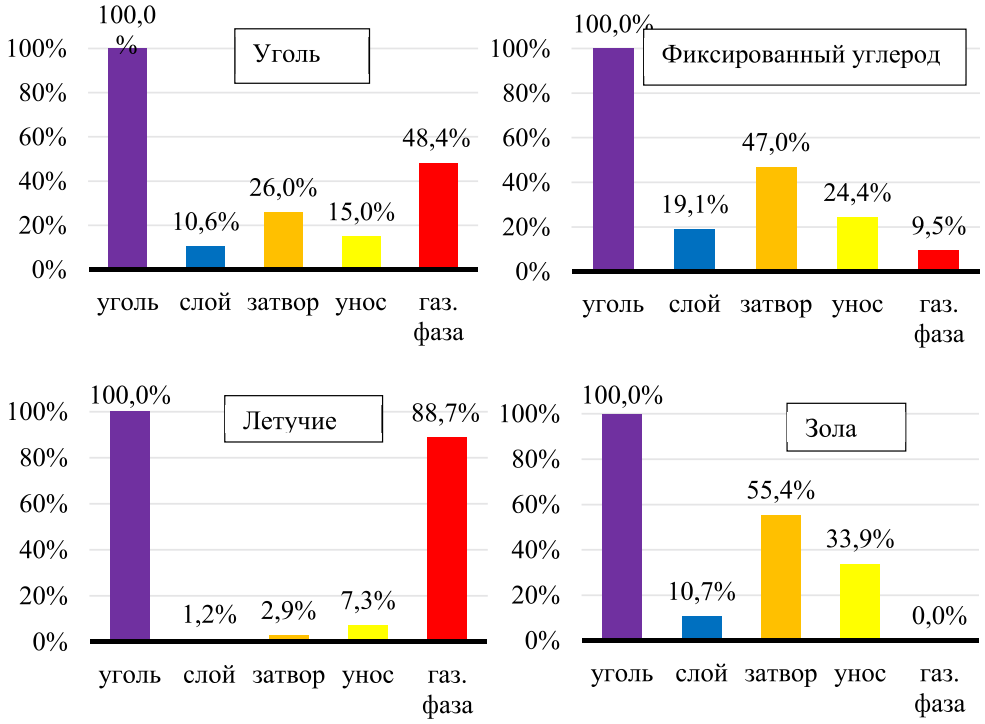


Рис. 5. Распределение компонентов в продуктах полукоксования (опыт № 35, $T_{ЦКС}$ = 880 °С, $d_{уг}$ = 0–20 мм)

На рис. 4 представлено влияние количества выводимого полукокса из приемной камеры затвора на концентрацию (плотность) циркулирующего потока в надслоевом пространстве при постоянстве температуры по всему топочному контуру. Как видно из рисунка, уменьшение концентрации твердой фазы (коэффициента циркуляции) в надслоевом пространстве с 25 кг/м³ до 13 кг/м³ не привело к нарушению изотермичности топки. При этом также не ухудшилось качество выводимого из цикла готового конечного продукта – полукокса. Рост концентрации твердой фазы в надслоевом пространстве приводит к излишнему истиранию циркулирующих частиц, ухудшению их улавливания в технологическом циклоне и, соответственно, уменьшению выхода конечного продукта – полукокса.

Выводы

В процессе исследований, по результатам каждого опыта сводился баланс, т.е определялось суммарное распределение компонентов угля (зола, летучие, фиксированный углерод) по продуктам полукоксования в твердой и газообразной фазе, а также относительное распределение, например, фиксированного углерода, по всем продуктам полукоксования.

На рис. 5 представлены данные по относительному распределению угля и его

основных компонентов (фиксированный углерод, летучие, зола) в продуктах полукоксования для одного из опытов. Как видно, большая доля угля перешла в газовую фазу, состоящую в основном из летучих компонентов (почти 90%, рис. 5) выделяемых из угля в процессе полукоксования. Также в газовую фазу переходит часть фиксированного углерода (9,5%) в результате реакций окисления и восстановления, продуктами которых являются CO и CO_2. Основной компонент – фиксированный углерод – большей частью остается в полукоксе (более 65%), до 25% выносятся из топки в виде уносов и около 10% переходят в газовую фазу.

Таким образом, проведенные опыты подтвердили реализуемость предлагаемой технологии получения полукокса из шубаркольского угля в режиме термоокислительного пиролиза в циркулирующем кипящем слое.

Список литературы

1. He K., Wang L. A Review of Energy Use and Energy-Efficient Technologies for the Iron and Steel Industry. Renew. Sustain. Energy Rev. 2017. vol. 70 (December 2016). P. 1022–1039.

2. Hasanbeigi A., Arens M., Price L. Alternative Emerging Ironmaking Technologies for Energy-Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction: A Technical Review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2014. vol. 33. P. 645–658.

3. Ye C., Wang Q., Yu L., Luo Z., Cen K. Characteristics of Coal Partial Gasification Experiments on a Circulating Fluidized Bed Reactor under CO2–O2 atmosphere. Appl. Therm. Eng. 2018. vol. 130. P. 814–821.

4. Stubington J.F. The role of coal volatiles in fluidized bed combustion. J. Inst. Energy. 1980. vol. 53. P. 191–195.

5. Сулейменов К.А., Сабитов А.Р., Панфилов В.П., Дюсеханов Т.К. Способ переработки угля // Евразийский патент № 025090. Патентообладатель ТОО «НИИЦ ERG». 2016. Бюл. № 11.

УДК 622.271.7

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Кузьмин Г.П.

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, e-mail: kuzmin mpi.ysn.ru

Отмечено, что физические свойства грунтов определяют механические, фильтрационные и другие их свойства. Приведены формулы взаимосвязи показателей физических свойств грунтов, полученных автором и предшествующими исследователями. Изложены результаты анализа и сравнения этих формул. Показано, что формула автора, в отличие от существующих зависимостей, прямо или косвенно учитывает связь всех основных физических характеристик грунтов. Установлено, что формулы предшественников дают существенные погрешности при определении плотности скелета грунтов, изменяющуюся от максимального в сухом состоянии грунтов до нулевого значения при полном заполнении пор водой и льдом. Приводится зависимость изменения погрешности расчетного определения плотности скелета грунтов от влажности. Формула автора позволяет по экспериментально найденным значениям влажности, плотности скелета и твердых частиц определить пористость, полную влагоемкость и воздушную пористость талых и мерзлых грунтов. Отмечено, что эти показатели могут быть оперативно найдены также из предварительно построенных графиков зависимости воздушной пористости грунтов от их влажности, при различных постоянных значениях плотности скелета грунтов. Для этого можно воспользоваться значениями плотности скелета грунта, плотности твердых частиц и влажности грунтов, получаемыми в процессе проведения инженерно-геологических изысканий. Указано, что, пользуясь формулой автора при определенных допущениях, можно определить по экспериментальным данным продольной деформации замерзающих образцов количество незамерзшей воды в мерзлых грунтах.

Ключевые слова: взаимосвязь, грунт, плотность, влажность, пористость, незамерзшая вода

ANALYSIS OF CORRELATIONS AMONG SOIL PHYSICAL PROPERTIES

Kuzmin G.P.

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: kuzmin@mpi.ysn.ru

Physical properties of soils determine their mechanical, hydraulic and other properties. This paper presents correlations for soil physical properties obtained by the author and previous investigators. Their analysis and comparison demonstrate that, in contrast to the existing correlations, the author's equation directly or indirectly accounts for relationships among all the main physical soil characteristics. The previous correlation equations are shown to give significant errors when used to estimate dry density varying from a maximum value in the dry state to zero in the completely water and ice saturated condition. A relationship between error in dry density estimates and moisture content is given. The equation developed by the author allows for determining porosity, total moisture capacity and air porosity of frozen and thawed soils from experimentally determined values of moisture content, dry density and solids density. These parameters can also be found readily from charts of air porosity versus moisture content at different constant values of dry density. For this, dry density, solids density and moisture content values obtained by subsurface investigation programs can be used. The author's equation can, with some assumptions, be used to determine the amount of unfrozen water in frozen soils from test data for axial strain in freezing specimens.

Keywords: correlation, soil, density, water content, porosity, unfrozen water

Изучение физических свойств грунтов, которые определяют прочностные, деформационные, теплофизические, фильтрационные и другие их свойства, имеет особое практическое значение. Физические свойства грунтов определяются в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий на площадках строительства всех видов сооружений, в том числе при строительстве подземных резервуаров [1]. В работе [2] излагается функциональная связь физических и прочностных характеристик грунтов, предназначенная для предварительной оценки и сопоставления искомых величин.

Грунты представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из твердых минеральных частиц, воды в различных фазовых состояниях и газов. В работе [3] мерзлые грунты рассматриваются как многокомпонентные, многофазные физико-химические системы, изменяющиеся в зависимости от термодинамических параметров их состояния.

Показатели физических свойств грунтов взаимосвязаны друг с другом и изменение одного из них приводит к изменению других. В формулах взаимосвязи предшественников участвуют не все основные физические характеристики грунтов. В связи с этим предложена более общая формула, которая учитывает все основные показатели физических свойств грунтов.

В статье выполнен анализ формул взаимосвязи физических характеристик грунтов на всем диапазоне изменения их влажности от 0 до полной влагоемкости талых и мерзлых грунтов.

Результаты анализа формул взаимосвязи

Физические свойства грунтов характеризуются в основном плотностью грунта ρ, плотностью скелета грунта ρ_d, плотностью твердых частиц ρ_s, влажностью w, пористостью n, относительным содержанием воздуха (воздушной пористостью) $\frac{V_a}{V}$ и содержанием незамерзшей воды в мерзлых грунтах w_w.

А.М. Пчелинцевым [4] получена следующая формула взаимосвязи физических характеристик грунтов:

$$\rho_1 = \frac{\rho_s \rho_w \rho_i (1+w)}{\rho_w \rho_i + \rho_s [\rho_w w - w_w (\rho_w - \rho_i)]}, \quad (1)$$

где ρ_w – плотность воды; ρ_i – плотность льда.

Так как $\rho_1 = \rho_{d1}(1+w)$, формулу (1) можно представить в виде

$$\rho_{d,1} = \frac{\rho_s \rho_w \rho_i}{\rho_w \rho_i + \rho_s [\rho_w w - w_w (\rho_w - \rho_i)]}. \quad (2)$$

В формуле (2) не учитывается количество воздуха, содержащегося в грунтах при неполном заполнении пор водой и льдом.

В связи со сложностью определения плотности мерзлых грунтов ненарушенного сложения в оттаявшем состоянии И.Н. Вотяковым [5] была предложена расчетная формула для определения плотности мерзлых грунтов по одной только влажности:

$$\rho_{d,2} = \frac{2,4}{0,9 + 2,7w}. \quad (3)$$

Формула (3) получена при $\rho_s = 2,7 \frac{г}{см^3}$; $\rho_w = 1,0 \frac{г}{см^3}$ и $\rho_i = 0,9 \frac{г}{см^3}$ из зависимости

$$\rho_{d,2} = \frac{\rho_s \rho_i}{\rho_i + \rho_s w}. \quad (4)$$

В работе автора [6] предложена формула взаимосвязи, включающая все основные физические характеристики грунтов:

$$\frac{V_a}{V} = 1 - \rho_{d,3}\left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{w}{\rho_w} + \frac{w - w_w}{\rho_i}\right). \quad (5)$$

Представим (5) в виде

$$\rho_{d,3} = \frac{\rho_s \rho_w \rho_i}{\rho_w \rho_i + \rho_s [\rho_w w - w_w (\rho_w - \rho_i)]}\left(1 - \frac{V_a}{V}\right). \quad (6)$$

Приведенные формулы взаимосвязи (2), (4) и (6) в зависимости от фазового состоянии воды в грунтах имеют вид

– в талых грунтах ($w_w = w$)

$$\rho_{d,1} = \rho_s \frac{\rho_w}{\rho_w + \rho_s w}, \quad (7)$$

$$\rho_{d,3} = \rho_s \frac{\rho_w}{\rho_w + \rho_s w}\left(1 - \frac{V_a}{V}\right); \quad (8)$$

– в мерзлых грунтах ($w_w = 0$)

$$\rho_{d,1} = \rho_{d,2} = \rho_s \frac{\rho_i}{\rho_i + \rho_s w}, \quad (9)$$

$$\rho_{d,3} = \rho_s \frac{\rho_i}{\rho_i + \rho_s w}\left(1 - \frac{V_a}{V}\right). \quad (10)$$

При критических значениях влажности грунтов формулы (7)–(10) приобретают вид:

– в талых грунтах

при $w_w = w = 0$

$$\rho_{d,1} = \rho_s, \quad (11)$$

$$\rho_{d,3} = \rho_s\left(1 - \frac{V_a}{V}\right) \quad (12)$$

или

$$\frac{V_a}{V} = 1 - \frac{\rho_{d,3}}{\rho_s} = n; \quad (13)$$

при $w_w = 0$, $w = w_{n,th}$ и $\frac{V_a}{V} = 0$

$$\rho_{d,1} = \rho_{d,3} = \rho_s \frac{\rho_w}{\rho_w + \rho_s w_{n,th}}; \quad (14)$$

– в мерзлых грунтах

при $w_w = w = 0$

$$\rho_{d,1} = \rho_{d,2} = \rho_s, \quad (15)$$

$$\rho_{d,3} = \rho_s\left(1 - \frac{V_a}{V}\right) \quad (16)$$

или

$$\frac{V_a}{V} = 1 - \frac{\rho_{d,3}}{\rho_s} = n; \quad (17)$$

при $w_w = 0$, $w = w_{n,f}$ и $\frac{V_a}{V} = 0$

$$\rho_{d,1} = \rho_{d,2} = \rho_{d,3} = \rho_s \frac{\rho_i}{\rho_i + \rho_s w_{n,f}}. \quad (18)$$

Формулы (2) и (4) по сравнению с (6) дают, как следует из выражений (7)–(10), завышенные значения плотности грунтов, определяемые отношением

$$\frac{\rho_{d,1}}{\rho_{d,3}} = \frac{\rho_{d,2}}{\rho_{d,3}} = \frac{1}{1 - \frac{V_a}{V}}. \quad (19)$$

На основании (13) максимальная погрешность по зависимости (19) при $w_w = w = 0$ составляет $\frac{\rho_{d,1}}{\rho_{d,3}} = \frac{\rho_{d,2}}{\rho_{d,3}} = \frac{\rho_s}{\rho_{d,3}}$.

Из зависимостей (11), (12) и (14)–(16) видно, что с увеличением влажности грунтов ошибка в определении плотности грунтов по формулам (2) и (4) уменьшается от максимальной при $w = 0$ до нулевого значения при $w = w_n$. Ошибочность определения плотности грунтов по формулам (2) и (4) подтверждается равенствами (11) и (15), которые справедливы только для непористых грунтов.

Формула (6) позволяет определять по экспериментально найденным значениям ρ_d и w пористость, воздушную пористость и полную влагоемкость талых и мерзлых грунтов [6].

Эти определения можно сделать также из предварительно построенных графиков зависимости (5) [6]. Кроме того, при определенных допущениях формула (6) дает возможность определять количество незамерзшей воды в мерзлых грунтах [7].

Графическое представление зависимости (5) и определение количества незамерзшей воды в мерзлых грунтах

Зависимость (5) характеризует взаимосвязь показателей физических свойств грунтов, содержащих незамерзшую воду ($0 \le w_w < w$). Графически эта зависимость может быть представлена [6] отдельно для талых грунтов и мерзлых грунтов в диапазоне незначительных фазовых переходов воды и можно пренебречь содержанием небольшого количества незамерзшей воды:

для талых грунтов ($w_w = w$)

$$\frac{V_a}{V} = 1 - \rho_d \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{w}{\rho_w} \right), \qquad (20)$$

для мерзлых грунтов ($w_w = 0$)

$$\frac{V_a}{V} = 1 - \rho_d \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{w}{\rho_i} \right). \qquad (21)$$

Зависимости (20) и (21) являются линейными уравнениями. При $w = 0$ графики для талых и мерзлых грунтов сходятся в одной точке, ордината которой равна пористости грунта.

При полном заполнении пор грунта водой $\frac{V_a}{V} = 0$. Тогда из зависимостей (20) и (21) получаем выражения полной влагоемкости талых и мерзлых грунтов соответственно:

$$w_{th} = \rho_w \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \right), \qquad (22)$$

$$w_f = \rho_i \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \right). \qquad (23)$$

В настоящее время разработаны различные методы определения количества незамерзшей воды в мерзлых грунтах, основанные на использовании теплового эффекта фазового перехода воды, адсорбции, криоскопии, ядерно-магнитного резонанса и др. [8, 9 и др.], требующие сложного оборудования и эксперимента, а некоторые из них имеют ограничения по температуре. Разработанный метод основан на положении о том, что количество незамерзшей воды в мерзлых грунтах практически не зависит от влажности грунта и закономерности деформации водонасыщенного образца грунта в условиях невозможности бокового его расширения при кристаллизации поровой воды [7]. Способ заключается в следующем. Образец талого грунта помещают в металлический стакан и насыщают водой до полного заполнения пор водой и замораживают при постоянной заданной температуре до полной стабилизации деформации, происходящей в условиях невозможности бокового расширения только в продольном направлении.

Из зависимости (5) при полном насыщении пор грунта водой, т.е. $Va/V = 0$ получаем выражение влажности грунта по незамерзшей воде

$$w_w = \frac{\rho_w \rho_i}{\rho_w - \rho_i} \left(\frac{w_n}{\rho_i} + \frac{1}{\rho_s} - \frac{1}{\rho_d} \right), \qquad (24)$$

где w_n – влажность водонасыщенного грунта.

Влажность грунта при полной влагоемкости определяется зависимостью

$$w_n = \rho_w \frac{(\rho_s - \rho_{d,0})}{\rho_s \rho_{d,0}}, \qquad (25)$$

где $\rho_{d,0}$ – плотность скелета грунта при $w = w_n$.

Объем образца водонасыщенного грунта в процессе кристаллизации поровой воды увеличивается в соответствии с увеличением объема последней при переходе ее в лед и при невозможности бокового расширения образца зависимость (24) с учетом (25) принимает вид

$$w_w = \frac{\rho_w \rho_i}{\rho_w - \rho_i} \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{\rho_w}{\rho_i} \frac{(\rho_s - \rho_{d,0})}{\rho_s \rho_{d,0}} - \frac{S(h_0 + \Delta h)}{m_d} \right), \qquad (26)$$

где S – площадь поперечного сечения образца; h_0 – начальная высота талого водонасыщенного образца грунта; Δh – приращение высоты образца в процессе кристаллизации поровой воды.

В зависимости (26) можно принять, что плотности компонентов мерзлого грунта при изменении температуры остаются неизменными, так как температурные деформации их очень незначительны. Тогда, предварительно определив значения плотности компонентов, массу и размеры образца, по экспериментально найденному значению приращения высоты образца при заданной температуре, можно определить влажность мерзлого грунта по незамерзшей воде.

Заключение

На основе анализа формул взаимосвязи показателей физических свойств грунтов установлено, что формула (6) по отношению к формулам (2) и (4) является более общей зависимостью, удовлетворяющей граничным условиям при критических значениях влажности грунтов, что позволяет по данным инженерно-геологических изысканий определять, кроме пористости и полной влагоемкости, воздушную пористость талых и мерзлых грунтов.

Формула (6) может быть представлена в виде графиков зависимости воздушной пористости талых и мерзлых грунтов от их влажности для оперативного определения ряда показателей их физических свойств

После определенных допущений из формулы (6) получена зависимость для определения количества незамерзшей воды по величине температурных деформаций образцов грунта.

Список литературы

1. Аксютин О.Е., Казарян В.А., Ишков А.Г., Хлопцов В.Г., Теплов М.К., Хрулев А.С., Савич О.И., Сурин С.Д. Строительство и эксплуатация резервуаров в многолетнемерзлых осадочных породах. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. 432 с.

2. Гурьянов И.Е. Инженерная геокриология: прочность вечномерзлых грунтов. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. 139 с.

3. Шестернев Д.М. Физика, химия и механика мерзлых грунтов: учебное пособие. Чита: Изд-во «Поиск», 2012. 331 с.

4. Пчелинцев А.М. Строение и физико-механические свойства мерзлых грунтов. М.: Наука,1964. 260 с.

5. Вотяков И.Н. Физико-механические свойства мерзлых и оттаивающих грунтов Якутии. Новосибирск: Наука, 1975. 176 с.

6. Кузьмин Г.П. Взаимосвязь показателей физических свойств грунтов: материалы IX Международного симпозиума (г. Мирный, 3–7 сентября 2011 г.). Якутск, 2011. С. 59–62.

7. Кузьмин Г.П. «Способ определения количества незамерзшей воды в мерзлых грунтах». Патент № 2592915 Российская Федерация, МПК *F 25D A01J* Заявитель и патентообладатель Учреждение РАН Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (RU). Опубл. 6 июля 2016 г.

8. Истомин В.А., Чувилин Е.М., Буханов Б.А. Ускоренный метод оценки содержания незамерзшей воды в мерзлых грунтах // Криосфера Земли. 2017. т. XX I. № 6. С. 134–139.

9. Старостин Е.Г. Определение количества незамерзшей воды о кинетике кристаллизации // Криосфера Земли. 2008. т. XII. № 2. С. 60–64.

УДК 621.373.826

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ЭНЕРГОВКЛАДА И ТЕРМИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ТЕРМОУПРОЧНЕНИИ ШИРОКИМ ПЯТНОМ ИЗЛУЧЕНИЯ

Рыжикова Д.А., Умнов В.П.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), Владимир, e-mail: mex-rob@yandex.ru

Лазерная обработка является современной наукоемкой технологией, во многом определяющей производственный уровень промышленных предприятий. Лазерная закалка поверхности деталей становится доминирующей операцией их термической обработки. С целью обеспечения высокой производительности процесса целесообразно реализовать широкую дорожку лазерного упрочнения в направлении относительного перемещения луча и объекта обработки. Необходимым условием получения высоких эксплуатационных характеристик деталей при лазерной закалке является обеспечение высокой равномерности теплового воздействия на упрочняемую зону при нагреве и охлаждении и, следовательно, равномерности толщины упрочнённого слоя и его свойств как по ширине дорожки лазерного упрочнения, так и в направлении относительного перемещения луча и детали при движении по произвольной траектории в процессе обработки. Исходя из экспоненциального характера изменения температурных процессов по периферии лазерного пятна на поверхности детали получены зависимости для требуемой плотности мощности излучения, обеспечивающей ее квазиравномерный нагрев. Из условия равномерности нагрева приведен практический пример распределения мощности излучения, которое реализовано в многолучевом лазере с неравномерным расположением излучателей. Для обеспечения формирования в поверхностном слое структуры мартенсита после нагрева предложено осуществлять дополнительное непрерывное охлаждение обрабатываемой поверхности жидкостью, подаваемой с помощью совокупности трубок непосредственно на участок поверхности, температура нагрева которого находится в интервале $A_{C1}^{нач}$-$A_{C1}^{кон}$. Расположение участков следует определять предварительно путем моделирования.

Ключевые слова: лазерная закалка, плотность мощности излучения, равномерность нагрева, многолучевой лазер, упрочняемая зона, дорожка лазерного излучения

ENSURING THE UNIVERSAL ENERGY OF THE ENERGY INJECTION AND THERMAL CYCLE UNDER LASER THERMAL-STRENGTHENING BY WIDE BLACK LIGHT

Ryzhikova D.A., Umnov V.P.

The Federal State budgetary educational institution of higher professional education «Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs» (VlSU), Vladimir, e-mail: mex-rob@yandex.ru

Laser processing belongs to the high technologies defining level of production in industrialized countries. One Laser processing is a modern high-tech technology, which largely determines the production level of industrial enterprises. Laser hardening of the surface of parts becomes the dominant operation of their heat treatment. In order to ensure high productivity of the process, it is advisable to implement a wide laser hardening track in the direction of the relative movement of the beam and the processing object. A necessary condition for obtaining high performance characteristics of parts during laser hardening is to ensure a high uniformity of thermal effects on the hardened zone during heating and cooling and, consequently, uniform thickness of the hardened layer and its properties both across the width of the laser hardening path and in the direction of relative movement of the beam and part. when moving along an arbitrary path during processing. Based on the exponential nature of the change in temperature processes along the periphery of the laser spot on the surface of the part, dependences are obtained for the required radiation power density, which ensures its quasi uniform heating. From the condition of uniformity of heating, a practical example is given of the distribution of the radiation power, which is implemented in a multipath laser with an uneven arrangement of emitters. To ensure the formation of martensite in the surface layer after heating, it has been proposed to carry out additional continuous cooling of the surface to be treated with liquid supplied by means of a set of tubes directly to a surface area whose heating temperature is in the range AC1 init-AC1 con. The location of the plots should be determined by modeling.

Keywords: laser training, radiation power density, uniformity of heating, the multiband laser, the strengthened zone, a path of laser radiation

Сравнительная качественная оценка различных способов упрочнения с использованием нагрева (токами высокой частоты, электронным лучом, печной, лазерное) позволяет отметить следующие основные преимущества лазерной термообработки основными из которых являются [1, 2]:

– возможна локальная термообработка избранных участков поверхности детали в том числе в местах, недоступных при других методах обработки;

– деталь практически не деформируется и не требуется выполнения операции восстановления геометрической формы и размеров;

– ввиду высокой скорости нагрева (до 10^4–10^5 град/с и выше) существенно изменяется (по сравнению с другими методами) начало изотермических процессов кинети-

ки фазовых переходов α-железа в γ-железо в сторону значительного (до 300 °С) повышения температур;

– высокая скорость охлаждения (до 10^5 град/с и выше) подавляет процесс выделения карбидов по границам зерен аустенита в перлитном интервале температур.

Высокопроизводительную лазерную закалку осуществляют непрерывными и импульсными однолучевыми или многолучевыми лазерами в расходящемся пучке диаметром до 10 мм и выше, либо с высокочастотным сканированием луча поперек направления относительного движения детали и пятна излучения на ее поверхности (при перемещении луча только по прямым линиям). Одним из качественных показателей процесса является равномерность толщины закаленного слоя. Обеспечение высокой равномерности толщины закаленного слоя при лазерной закалке широким пятном излучения является важной и актуальной задачей, имеющей практическое значение.

В общем случае распределение плотности мощности излучения по сечению луча на поверхности обрабатываемой детали является распределением Гаусса [3]. Поэтому форма прогреваемого объема материала и поперечное сечение закаленной зоны при воздействии широким лучом на дорожке упрочнения будут иметь вид сегмента. Стремление реализовать равномерную плотность мощности в супергауссовом луче или луче прямоугольной формы также не обеспечивает равномерную толщину закаленного слоя на дорожке упрочнения ввиду различных условий теплоотвода в центральной части и по краям дорожки упрочнения. Кроме этого различные условия теплоотвода не позволяют получить высокую равномерность термического цикла при естественном охлаждении. Поэтому целью статьи является разработка предложений по обеспечению высокой равномерности теплового воздействия на упрочняемую зону при нагреве и охлаждении и, следовательно, равномерности толщины упрочнённого слоя и его свойств как поперек дорожки лазерного упрочнения, так и в направлении относительного перемещения луча и детали при движении по произвольной траектории в процессе обработки с широким пятном излучения.

Материалы и методы исследования

Считая лазерный нагрев широким лучом плоским, температуру на поверхности дорожки упрочнения можно определить по выражению [4]:

$$T_s = 2Aq_s\pi^{-0,5}\lambda^{-1}\sqrt{\alpha\tau}. \quad (1)$$

Здесь A – эффективный коэффициент поглощения энергии лазерного излучения материалом детали; q_s – плотность потока мощности на поверхности детали; α – коэффициент температуропроводности материала; λ – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала; τ – длительность лазерного воздействия. При использовании одного широкого луча Гауссова функция распределения плотности мощности φ(r) на поверхности детали имеет вид

$$\varphi(r) = \exp\left(-2r^2 r_0^{-2}\right), \quad (2)$$

где r_0 – радиус луча на уровне e^{-2}, r – текущий радиус.

На основании зависимости (2) выражение (1) запишется в виде

$$T_s = 2Aq_{\max}\pi^{-0,5}\lambda^{-1}\sqrt{\alpha\tau}\exp\left[-2\left(x^2+y^2\right)r_0^{-2}\right], \quad (3)$$

где $q_{\max}$ – плотность мощности в центре луча.

Потребуем, чтобы в пределах поперечного сечения луча температура нагрева поверхности была равна требуемой температуре закалки:

$$T_s = T_{hard} = 2Aq_{\max}\pi^{-0,5}\lambda^{-1}\sqrt{\alpha\tau}. \quad (4)$$

Тогда для выполнения условия (4) потребуется дополнительная температура

$$\Delta T_s = T_{hard}\left\{1-\exp\left[-2\left(x^2+y^2\right)r_0^{-2}\right]\right\}. \quad (5)$$

Максимальную величину температуры дополнительного нагрева можно определить по выражению

$$\Delta T_{\max} = T_{hard}\left[1-2Aq_{\max}\sqrt{\alpha\tau}\lambda^{-1}\exp\left(0,5\right)^{-1}\right]. \quad (6)$$

Тогда, полагая, что термоупрочнение детали производится в режиме предоплава поверхности, дополнительную плотность мощности на рассматриваемом участке можно определить по выражению

$$\Delta q_s = \Delta T_s\lambda A^{-1}\left[0,25\pi\left(\alpha\tau\right)^{-1}\right]^{0,5}. \quad (7)$$

Исходя из того, что процесс лазерной закалки происходит в режиме предоплава, с учетом выражения (7) для стали 38ХН3МФА с использованием пакета Mathcad выполнен расчёт распределения на поверхности обработки мощности 5 кВт по пятну диаметром 8 мм при расчетной температура нагрева поверхности равна 1640 К. Требуемое распределение мощности лазерного излучения в пятне по ширине дорожки определено по зависимости

$$P = \left(q_{\max} + \Delta q_s\right)s^*. \quad (8)$$

Здесь s^* – единица площади поверхности детали под пятном излучения. На рис. 1 представлены результаты расчета (кривая 1) на радиусе 4 мм пятна излучения. Прямая 3 соответствует $q_s = q_{\max}$.

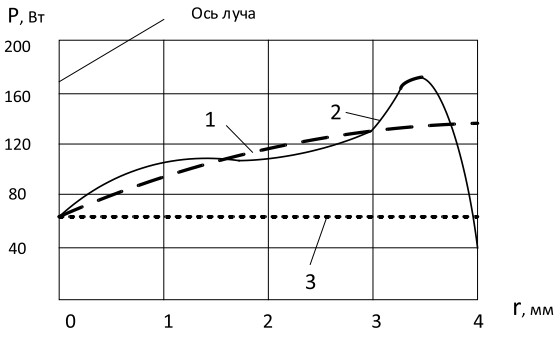


Рис. 1. Распределение мощности по сечению пятна излучения

Исходя из того, что участок кривой 1 вблизи границы луча практически не реализуем, для решения поставленной задачи методом планирования эксперимента подобран многолучевой (48 лучевой) лазер [5], обеспечивающий близкое к требуемому распределение мощности по пятну излучения в произвольном направлении. На рис. 2 приведено относительное расположение излучателей, размещенных внутри окружности 1 диаметром 100 мм.

Излучатели расположены на трех окружностях (24 на внешней окружности 2, 12 на средней окружности 3 и 12 на внутренней окружности 4). Предложенное расположение излучателей позволяет получить квазистационарное распределение мощности излучения на поверхности обрабатываемой детали при движении в произвольном направлении. Распределение мощности по сечению пятна излучения в предложенном лазере – кривая 2 на рис. 1.

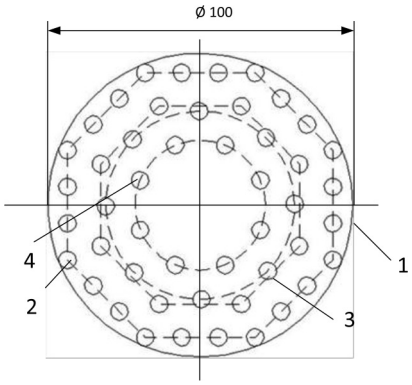


Рис. 2. Схема расположения излучателей в многолучевом лазере

На рис. 3 приведены изотермы модели нагрева стали 38ХН3МФА лазерным лучом предложенного лазера с диаметром пятна 8 мм в сечении по диаметру луча, полученной с помощью пакета COMSOL. Из рассмотрения рис. 3 следует, что температура на поверхности детали и в приповерхностном слое, а также толщина упрочненного слоя (1,5 мм) имеют стационарный характер.

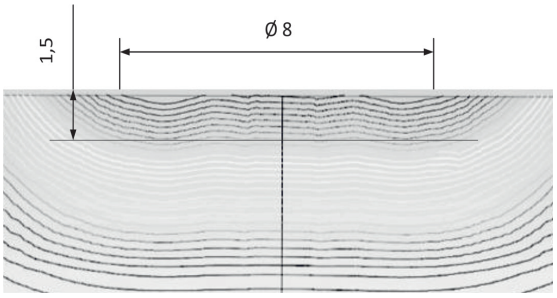


Рис. 3. Изотермы модели нагрева стали 38ХН3МФА лучом многолучевого лазера

В таблице приведены результаты закалки стали различных марок многолучевым лазером с предложенной схемой расположения излучателей. Анализ микрошлифов показал, что неравномерность глубины упрочненного слоя не превышает 7%.

Результаты закалки стали различных марок многолучевым лазером с предложенной схемой расположения излучателей

Марка стали	Твердость поверхности, HRC	Глубина упрочненного слоя, мм
40Х	60–62	1,1
50ХН	55–58	1
38ХН3МФА	54–56	1,5
ОХН3М	50–52	1,4
ШХ15	60–64	1,4
18ХГТ	40–44	1,3

Несмотря на стремление получить высокую равномерность теплового воздействия на упрочняемую зону условия естественного охлаждения как по ширине дорожки лазерного упрочнения, так и в направлении относительного движения луча и детали будут различными вследствие различных условий теплоотвода. Это не позволит получить высокую равномерность свойств упрочненного слоя и скорость охлаждения выше критической [6] по всей ширине дорожки упрочнения. На рис. 4 приведен вид температурного поля (изотермы) модели нагрева поверхности образца из малоуглеродистой стали лазерным лучом многолучевого лазера комплекса ЛК-5В (ООО «ТермоЛазер») мощностью 5 кВт, перемещающимся со скоростью V = 10 мм/с при ширине дорожки упрочнения 10 мм. Параметры режимов охлаждения существенно зависят от геометрии детали и содержания углерода в данной марке стали. Следовательно, необходимо непрерывно вслед за движущимся лазерным лучом осуществлять управляемые охлаждение со скоростью выше критического значения с температуры нагрева в интервале $A_{C1}^{нач}$-$A_{C1}^{кон}$ до точки начального мартенситного превращения и замедленное охлаждение в зоне этого превращения (300–200 °С) с учетом формы изделия и содержания углерода в данной марке стали.

Такое ступенчатое охлаждение возможно путем подачи в зону нагрева вслед за движущимся лазерным лучом управляемого потока охлаждающей среды. При широкой дорожке упрочнения расстояния от зоны температуры нагрева поверхности в интервале $A_{C1}^{нач}$-$A_{C1}^{кон}$ (нагрев под полную закалку) до центра лазерного пятна по краям дорожки и в ее центре вследствие различных условий теплоотвода могут значительно отличаться (до величины соизмеримой с размерами лазерного пятна). При этом величины указанных расстояний и их соотношение существенно зависят от геометрии обрабатываемого изделия и содержания углерода в данной марке стали. Для обеспечения формирования в поверхностном слое структуры мартенсита после нагрева необходимо осуществлять дополнительное непрерывное охлаждение обрабатываемой поверхности охлаждающей жидкостью, подаваемой непосредственно на участок поверхности, температура нагрева которого находится в интервале $A_{C1}^{нач}$-$A_{C1}^{кон}$. Это можно выполнить с помощью совокупности трубок подачи хладагента. На рис. 5 приведена примерная схема расположения трубок над участком нагретой поверхности под полную закалку, имеющем температуру нагрева в интервале $AC_1^{нач}$-$A_{C1}^{кон}$. Положение участка следует определять для каждого объекта перед его обработкой натурным экспериментом с использованием тепловизионной матрицы или машинным экспериментом с учетом марки стали и геометрии объекта, например, с помощью пакета моделирования физических процессов COMSOL.

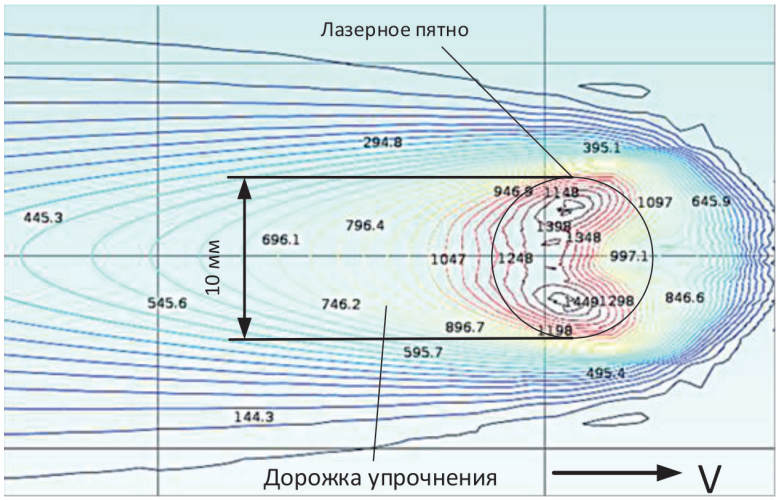


Рис. 4. Вид температурного поля модели нагрева поверхности образца из малоуглеродистой стали лазерным лучом многолучевого лазера

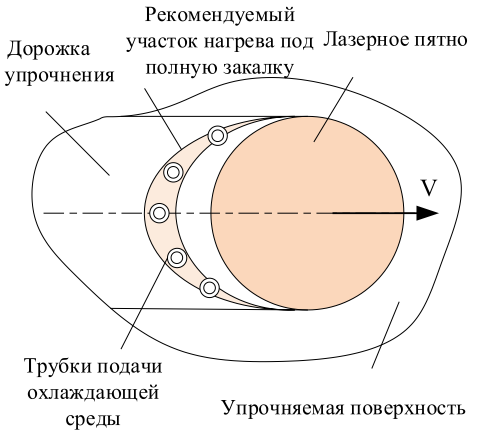


Рис. 5. Примерная схема расположения трубок над участком нагретой поверхности под полную закалку

Трубки следует выполнять с возможностью регулирования расхода охлаждающей жидкости через каждую их них и с возможностью изменения их взаимного положения по направлению относительного движения лазерного луча и объекта обработки.

Результаты исследования и их обсуждение

Из условия постоянства температуры нагрева поверхности детали широким пятном лазерного излучения получены зависимости квазистационарного распределения его плотности мощности. Методом планирования эксперимента найдена необходимая компоновка лазера, состоящего из 48 излучателей, позволяющая обеспечивать равномерность толщины упрочняемого слоя при движении в произвольном направлении.

Для обеспечения формирования в поверхностном слое структуры мартенсита после нагрева предложено осуществлять дополнительное управляемое охлаждение обрабатываемой поверхности. При таком способе охлаждения нагретой поверхности может осуществляться быстрое охлаждение в интервале температур 750–300 °C и медленное охлаждение выше и главным образом ниже этого интервала для получения скорости охлаждения выше критической для достижения мартенситной структуры нагреваемого слоя в сталях, повышения прокаливаемости металла и выравнивания температурного фронта охлаждения в направлении, ортогональном направлению движения луча при минимальных внутренних остаточных напряжениях.

Выводы

1. Получены зависимости для распределения требуемой плотности мощности излучения на поверхности обрабатываемой детали, обеспечивающей ее квази равномерный нагрев.

2. Предложено устройство многолучевого лазера, обеспечивающее необходимое квазиравномерное распределение плотности мощности излучения и равномерности упрочненного слоя взаимным расположением излучателей.

3. Для обеспечения формирования в поверхностном слое структуры мартенсита после нагрева предложено осуществлять дополнительное непрерывное охлаждение обрабатываемой поверхности жидкостью, подаваемой с помощью совокупности тру-

бок непосредственно на участок поверхности, температура нагрева которого находится в интервале $A_{C1}^{нач}$-$A_{C1}^{кон}$.

Список литературы

1. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Лазерная техника и технология: В 7 кн. Кн. 3. Методы поверхностной лазерной обработки. М.: Высшая школа, 1987. 191 с.

2. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / Под ред. В.Я. Панченко. М., 2009. 664 с.

3. Каспаров В.М., Райцин А.М., Улановский М.В. Методы идентификации пространственных распределений интенсивности лазерных пучков // Измерительная техника. 2016. № 10. С. 39–42.

4. Лосев В.Ф., Морозова Е.Ю., Ципилев В.П. Физические основы лазерной обработки материалов. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 199 с.

5. Патент № 2580350, Россия, C21D 1/09, Способ упрочнения поверхности детали / Югов В.И., Мальцев В.В., Рыжикова Д.А., Шишкин Е.С., Старостин Д.А. 10.04.2016.

6. Кушнер В.С., Негров Д.А., Бургонова О.Ю., Схиртладзе В.А., Верещака А.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. для студентов вузов / Под ред. В.С. Кушнера. Омск: Изд-во Ом ГТУ, 2012. 447 с.

УДК 620.9:504.03

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

[1]Салова Т.Ю., [2]Тесленок С.К.

[1]Военно-морской политехнический институт ВУНЦ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Николая Герасимовича Кузнецова», Санкт-Петербург, e-mail: salova_tus@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Пушкин, e-mail: hirurg87@mail.ru

Оптимальное распределение потоков энергоносителей, отпускаемых котельной установкой, определяется соотношением нескольких величин – циркуляцией воды в теплосети, суммарной нагрузкой потребителей, протяженностью и конструктивными особенностями сети. В связи с этим для обеспечения надежности и эффективности работы котельных установок необходимо исследовать тепловые сети. Повышение эффективности тепловых режимов котельных установок возможно с применением тепловых труб. Теплообменники на тепловых трубах эффективны также для утилизации теплоты топочных газов. Без измерения температуры теплоносителей и поверхностей агрегатов энергоустановок невозможна эффективная безопасная работа оборудования котельных установок, систем теплоснабжения. Повышение точности измерения температуры газового потока, тепловой системы котла и теплоснабжения при упрощении процесса измерения решается применением разработанного способа и устройства тепловизионного определения характеристик теплоотдачи. Применение разработанного устройства значительно сокращает время обследования и значительно упрощает его, замеры параметров теплоотдачи производятся одновременно с тепловизионной съемкой. Предложенный диапазон соотношения площади преобразователя температуры, суммарной площади датчиков и площади выступов позволяет при достаточной точности измерения температурного поля газового потока, омывающего исследуемое твердое тело, минимизировать вносимые искажения в тепловой поток с улучшением качества изображения температурного поля на мониторе тепловизора. Предлагаемое устройство позволяет определить одномоментно несколько важных параметров теплового потока: величину теплового потока от технологической поверхности твердого тела, температуру газового потока и коэффициент теплоотдачи от технологической поверхности твердого тела. Определение этих характеристик в динамическом режиме позволяет создавать оптимальное распределение потоков энергоносителей в энергоустановках.

Ключевые слова: энергоустановки, температурный режим, тепловизор, теплообмен

THE STUDY OF METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF POWER PLANTS

[1]Salova T.Yu., [2]Teslenok S.K.

[1]Naval polytechnical institute of VUNTs «Naval Academy of a Name of the Admiral of the Fleet of the Soviet Union Nikolay Gerasimovich Kuznetsov», St. Petersburg, e-mail: salova_tus@mail.ru;

[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», Pushkin, e-mail: hirurg87@mail.ru

The optimal distribution of energy flows released by the boiler plant is determined by the ratio of several values – water circulation in the heating system, the total load of consumers, the length and design features of the network. In this regard, to ensure the reliability and efficiency of boiler plants, it is necessary to investigate the heat network. Increase in efficiency of the thermal modes of boiler installations is possible with application of thermal pipes. Heat exchangers on thermal pipes are effective also for utilization of warmth of furnace gases. Without measurement of temperature of heat carriers and the surfaces of units of power stations effective safe operation of the equipment of boiler installations, the systems of heat supply is impossible. Increase in accuracy of measurement of temperature of a gas stream, thermal system of a copper and heat supply at simplification of process of measurement is solved application of the developed way and the device of thermovision definition of characteristics of a thermolysis. The use of the developed device significantly reduces the inspection time and greatly simplifies it, measurements of heat transfer parameters are made simultaneously with thermal imaging. The proposed range of the ratio of the area of the temperature Converter, the total area of the sensors and the area of the projections allows, with sufficient accuracy of measuring the temperature field of the gas flow washing the solid, to minimize the distortion in the heat flow with improved image quality of the temperature field on the monitor of the thermal image. The proposed device makes it possible to determine several important parameters of the heat flow simultaneously: the value of the heat flow from the technological surface of the solid, the temperature of the gas flow and the heat transfer coefficient from the technological surface of the solid. Determination of these characteristics in dynamic mode allows to create an optimal distribution of energy flows in power plants.

Keywords: power stations, temperature condition, thermal imager, heat transmission

Важной частью проблемы по экономии топлива энергоустановок является повышение показателей эффективности водогрейных котлов и теплосети. В современной энергетике при модернизации котельных установок (КУ) выявляют наиболее эффективные режимы работы комплекса: КУ и тепловой сети, обеспечивающие оптимальные температуры поверхностей нагрева комплекса. Опубликованные данные экс-

плуатации водогрейных котлов показывают, что снижение температурного уровня воды в котле на 1 °С приводит к соответствующему снижению температуры уходящих газов, примерно на ту же величину. Отмечается также, что изменение температуры воды, циркулирующей в экранных трубках КУ, и температуры воды в конвективных теплообменниках, не приводит к изменению температуры уходящих газов [1, с. 8]. Таким образом, исследования, направленные на повышение эффективности энергоустановок, путем оценки температурного режима систем энергоустановок актуальны, и являются целью данной работы.

Материалы и методы исследования

Экономичность КУ в первую очередь зависит от температурного режима поверхностей конвективного теплообмена, который в свою очередь определяется процессами теплоотдачи тепловых потоков. Так, при традиционной тепловой схеме водогрейных котлов, которая предусматривает параллельную работу нескольких котлов на одну теплосеть, одновременно может работать разное число котлов, обеспечивающих оптимальное перераспределение нагрузок для них. Тогда на стационарных режимах работы КУ расход теплоносителя постоянен. Параметры теплоносителя – температуры воды на входе и выходе из котла в этом случае определяются как функции двух независимых переменных: массовый поток сетевой воды G_1 в расчете на один котел, имеющий температуру t_0, и массовый поток сетевой воды G_2 после бойлеров, имеющий температуру t_2.

В основном режиме работы КУ температуры этих потоков равны $t_0 = t_2$, и величина G_2 может не учитываться в тепловом балансе, что существенно упрощает оптимизацию работы КУ, которая сводится к оптимальному распределению нагрузок между котлами. При работе котлов в пиковом режиме при рассмотрении теплового баланса необходимо учитывать величину массовый поток сетевой воды G_2 после бойлеров.

Исследованиями установлено, что основными способами повышения экономичности котлов являются: подержание нагрузки котлов в области максимально допустимых значений; снижение температуры уходящих газов; обеспечение максимально возможной температуры воды на входе в котел; обеспечение минимальной разницы между температурами воды в прямой магистрали и на выходе из котла.

Таким образом, оптимальное распределение потоков энергоносителей, отпускаемых котельной установкой, определяется соотношением нескольких величин – циркуляцией воды в теплосети, суммарной нагрузкой потребителей, протяженностью и конструктивными особенностями сети. В связи с этим для обеспечения надежности и эффективности работы котельных установок необходимо исследовать тепловые сети.

В тепловой схеме КУ достаточно широко применяются трубчатые теплообменники (ТТ), которые имеют конвективные поверхности теплообмена. При исследовании процессов теплообмена в ТТ необходимо учитывать плотность размещения труб по фронту движения теплоносителя, организации его ступенчатого подогрева, особенности оребрения поверхности труб. Наиболее сложным при обеспечении допустимого температурного режима работы ТТ является организация теплообмена при возникновении коррозионно опасных зон в трубах. Поэтому организация теплообменных процессов ТТ при скоростных режимах, обеспечивающих снижение коррозию поверхности труб, повышает надежность работы КУ в целом и является актуальной задачей.

Перспективным способом повышения эффективности теплообменных процессов в КУ является применение в их тепловой схеме тепловых труб, работающих по замкнутому испарительно-конденсационному циклу. Высокоэффективные теплопередающие устройства тепловых труб обусловлены теплопередающими свойствами теплоносителя, значениями коэффициентов теплоотдачи, характерных для процессов кипения и конденсации. Молекулярный перенос теплоты паром, который образуется при кипении промежуточного теплоносителя, даже на значительные расстояния, при хорошей теплоизоляции происходит практически при постоянной температуре [2, с. 10; 3, с. 8]. Однако для эффективной работы тепловых труб необходимо соблюдать тепловой режим, при котором величина подведенного удельного теплового потока не превышает предела, за которым процесс кипения переходит к пульсационному, при этом коэффициент теплоотдачи резко уменьшается [4, с. 933]. В зависимости от температурных уровней поверхностей теплообмена и совместимости с конструкционными особенностями материалами ТТ в тепловых трубах используются различные теплоносители [5, с. 95]. Применение тепловых труб эффективно для утилизации теплоты, в том числе при использовании теплоты уходящих газов в КУ, в системах подачи горячей воды и теплоснабжения зданий [6, с. 121; 7, с. 12].

В современной энергетике широко применяется способ – управление составом уходящих газов котлов, использование которого обеспечивает увеличение КПД котла на 0,7% и снижение потребления топлива. Данный способ, однако, требует усложнения схемы управления КУ.

Из теоретических работ известно, что оптимальная величина избытка воздуха сокращает потери теплоты с уходящими газами до теоретического минимума и повышает эффективность процесса сгорания топлива. Избыток воздуха вызывает потери теплоты, одновременно увеличивается расход уходящих газов, в целом уменьшается эффективность работы КУ [8, с. 35].

Результаты проведенных исследований на основных типах котлов КВГМ, ДКВР, ПТВМ показали, что при эксплуатации КУ технологические параметры достаточно часто не выдерживаются. По оценке режимных карт установлено, что содержание кислорода в уходящих газах превышает допустимое, то есть допускается неэффективная работа КУ.

Таким образом, температура уходящих газов и концентрация кислорода в уходящих газах являются показателями эффективности работы КУ.

Для определения количество избытка воздуха используют газоанализаторы уходящих газов, с помощью которых измеряют концентрацию кислорода или двуокиси углерода в уходящих газах. Недостаточный избыток воздуха показывает, что наблюдается неполное сгорание горючих веществ.

Зависимость потерь теплоты с уходящими газами от величины избытка воздуха определяется по формуле

$$q_1 = \left(H_{УГ} - \alpha H_В^0\right)\frac{\left(100 - q_2\right)}{Q},$$

где $H_{УГ}$ – энтальпия уходящих газов при коэффициенте избытка воздуха α; $H^0_в$ – энтальпия теоретически необходимого количества холодного воздуха; q_1 – потери теплоты с уходящими газами; q_2 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива; Q – суммарное количество теплоты.

Установлена зависимость КПД котла от параметров уходящих газов, которая определена расчетным путем при условии наличия полного сгорания топлива и отсутствия водяного пара в воздухе при подаче в КУ (рис. 1). Для КУ, использующих в качестве топлива природный газ, возможна работа с 10% уровнем избытка воздуха, при этом установлено, что КПД котла повышается на 1% при снижения избытка воздуха на 15%, температура уходящих газов понижается на 22 °С.

Проведенные исследования показали, что без измерения температуры теплоносителей и поверхностей агрегатов энергоустановок невозможна эффективная безопасная работа оборудования котельных установок, систем теплоснабжения. Значения измеряемой температуры лежат в диапазоне от единиц градусов – температура холодной воды, мазута газа, до тысячи с лишним градусов – температура в топке котла, дымовых газов.

Для измерения температур в диапазоне 300 … 1100 °С используются термоэлектрические преобразователи. Это измерение температур дымовых газов по тракту котла, металла поверхности нагрева.

Для измерения температуры питательной и сетевой воды, природного газа, мазута уходящих газов, металла поверхностей дымососа, вентиляторов, насосов используются термопреобразователи сопротивления. Измерение температуры с погрешностью, соответствующей классу точности термоэлектрических преобразователей, возможно только при использовании как удлиняющих проводов, создающих минимальные дополнительные погрешности, так и соответствующих методов компенсации влияния температуры окружающей среды. Рассогласованность сопротивлений приборов измерения возникает также из-за различия температурных режимов линий. Для поддержания необходимой точности измерения температуры необходимо применять современные калибраторы температуры, эталонные поверочные средства и высокого уровня подготовки эксплуатационный персонал.

Результаты исследования и их обсуждение

Повышение точности измерения температуры газового потока, тепловой системы котла и теплоснабжения при упрощении процесса измерения решается применением разработанного способа и устройства. Разработан способ тепловизионного определения характеристик теплоотдачи, включающий измерение температурных полей твердого тела и газового потока, при этом измерение температурного поля газового потока проводится синхронно с измерением температурного поля твердого тела путем размещения в газовом потоке преобразователя температуры в виде сетки. В перекрестье нитей преобразователя температуры, который устанавливают перед исследуемой технологической поверхностью твердого тела с возможностью перемещения его в вертикальной и горизонтальных плоскостях, устанавливают датчики с коэффициентом теплопроводности, отличным от коэффициента теплопроводности нитей преобразователя температуры, и тепловизором снимают визуальный образ тепловых полей поверхностей датчика и преобразователя температуры в различных точках газового потока [9, с. 176].

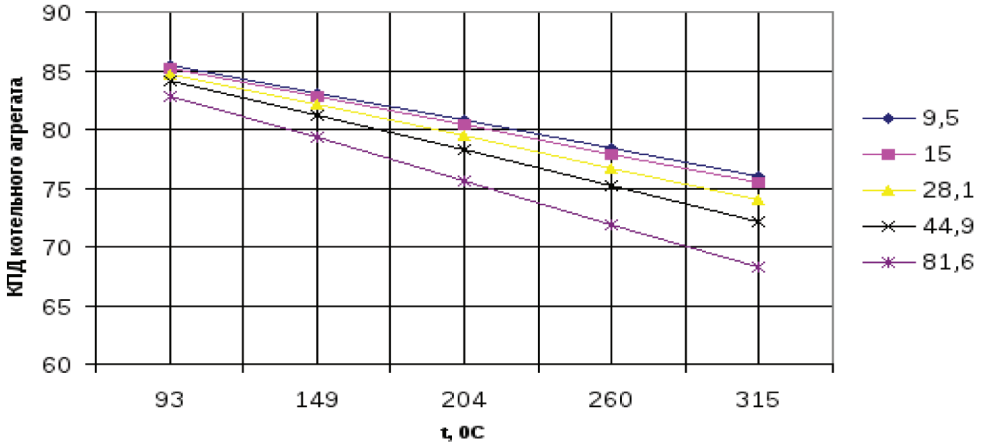


Рис. 1. Зависимость КПД котельной установки от температуры отходящих газов, для различных значений коэффициента избытка воздуха

Устройство тепловизионного определения характеристик теплоотдачи содержит преобразователь температуры, выполненный в виде сетки из нитей с термоиндикаторным покрытием, и снабжено тепловизионной камерой. Преобразователь температуры размещен внутри рамки, которая установлена на стойках с возможностью ее вертикального перемещения с последующим закреплением на них, при этом на преобразователе температуры в точках перекрестия нитей сетки жестко закреплены в шахматном порядке датчики температурного поля, выполненные в виде пластин произвольной формы, имеющие по их центральной оси выступы аналогичной форме пластины, причем соотношение толщин пластины и выступа составляет 1:2, площадь преобразователя $S_{пр}$ к суммарной площади датчиков $S_{дат}$ и к площади выступов $S_{выс}$ составляет пропорцию $S_{пр}:S_{дат}:S_{выс} = (34…40):(3…4):(1…2)$.

Технический результат заключается в повышении точности за счет одновременного многократного измерения температуры газового потока и поверхностей датчика при минимальном внесении искажений в температурное поле твердого тела исследуемого твердого тела; необходимого и достаточного количества датчиков, размещенных на преобразователе температуры; измерение температуры газового потока без использования расчетных технических характеристик газового потока; расшифровки образа температурного поля в виде цветового поля без стандартных шкал «цвет – температура».

Упрощение процесса измерения происходит за счет того, что тепловой поток от технологической поверхности твердого тела определяется датчиками преобразователя температуры, не закрепленными на технологической поверхности твердого тела, что обеспечивает минимальное влияние на температурное поле исследуемого твердого тела; измерение теплового потока осуществляется в любой точке газового потока за счет возможности как горизонтального перемещения вокруг исследуемой поверхности твердого тела, так и вертикального.

Предложенный диапазон соотношения площади преобразователя температуры, суммарной площади датчиков и площади выступов позволяет при достаточной точности измерения температурного поля газового потока, омывающего исследуемое твердое тело, минимизировать вносимые искажения в тепловой поток с улучшением качества изображения температурного поля на мониторе тепловизора.

Температурные поля с помощью тепловизионной камеры 3 преобразуются в визуальный образ на мониторе тепловизора в виде цветового поля, которое расшифровывается в числовые значения температуры (рис. 2, 3).

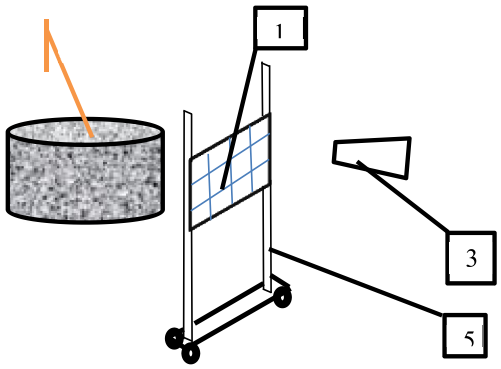


Рис. 2. Устройство тепловизионного определения характеристик теплоотдачи: 1 – преобразователь температуры, 3 – тепловизор, 5 – стойка

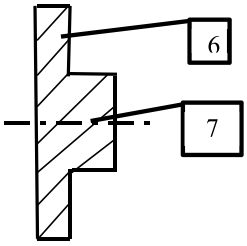


Рис. 3. Схема датчика: 6 – пластина; 7 – выступ пластины

Выводы

Таким образом, тепловизионная камера 3 фиксирует три температурных поля: температурное поле T_1 поверхности пластины 6, температурное поле T_2 поверхности выступа 7 датчика и температурное поле $T_Г$ газового потока от технологической поверхности твердого тела. Наличие этих данных позволяет с высокой степенью точности определять необходимые параметры теплоотдачи.

Знание температуры поверхностей пластины 6 и выступа 7 датчика при известном коэффициенте теплопроводности материала датчика, позволяет определить значение плотности теплового потока от технологической поверхности твердого тела. По найденному значению плотности теплового потока q и температуре газового потока $T_Г$, определяется коэффициент теплоотдачи.

Расположением датчиков в перекресте нитей сетки 2 преобразователя температуры 1 в шахматном порядке при выполнении

предложенного диапазона соотношения площади преобразователя температуры 1, суммарной площади датчиков и площади выступов 7 обеспечивает необходимое количество датчиков для оценки степени равномерности температурного поля газового потока, в том числе в динамическом режиме работы исследуемого твердого тела.

Заключение

Высокая чувствительность тепловизора позволяет при измерении в качестве датчика использовать пластину малой толщины, при этом возможная тепловая инерционность, возникающая при измерении, сводится к минимуму. Это обеспечивает возможность определения исследуемых характеристик в быстроменяющихся, нестационарных условиях.

Для оценки полей теплового потока и коэффициента теплоотдачи при большой области технологической поверхности твердого тела, преобразователь температуры перемещается по вертикальной стойке, в которой он установлен. Стойка перемещается по горизонтали при помощи подвижных роликов. Применение разработанной конструкции позволяет проводить измерения одновременно по всей поверхности без дополнительных операций.

Таким образом, разработанные способ и устройства упрощают процесс измерения параметров теплового потока систем и энергоносителей энергоустановок.

Список литературы

1. Байрашевский Б.А. Теоретические основы повышения эффективности работы котельных установок: автореф. дис. ... докт. тех. наук. Минск, 1993. 40 с.

2. Павлова А.Д. Особенности процессов теплообмена в радиоэлектронных аппаратах в герметичном исполнении: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Санкт-Петербург, 2011. 18 с.

3. Дмитриев В.З. Совершенствование систем теплоснабжения: автореф. ... канд. тех. наук. Красноярск, 2013. 18 с.

4. Casarosa C., Latrofa E., Shelginski A. The geyser effect in a two phase thermosyfone. Int. Gourmal of Heart and Mass Transfer. 1983. Vol. 26. № 6. P. 933–941.

5. Безродный М.К., Пиоро И.Л., Костюк Т.О. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах: монография. Киев: Факт, 2003. 140 с.

6. Громова Н.Ю., Салова Т.Ю. Техногенные системы и экологический риск. СПб.: Политехнический университет, 2011. 305 с.

7. Султанов М.М. Оптимизация режимов работы оборудования ТЭЦ по энергетической эффективностим: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Москва, 2010. 18 с.

8. Салова Т.Ю., Громова Н.Ю. Использование термодинамического метода в минимизации энергетических затрат // Вестник АПК Ставрополья. 2017. № 2 (26). С. 34–39.

9. Салова Т.Ю., Тесленок С.К. Оценка токсичности уходящих газов энергоустановок // Известия международной академии аграрного образования. 2015. № 25. С. 176–179.

УДК 535.37:616.3

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ КОЖИ

[1]Урусова Б.И., [2]Темирболатова С.А.

[1]ФГОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: urusova50@mail.ru;
[2]ФГОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: sofchik003 @gmail.com

В данной работе исследованы спектры флуоресценции при возбуждении излучением азотного лазера и при внешних воздействиях на челюстно-лицевую область кожной ткани. Для возбуждения и регистрации спектров использовался волоконно-оптический датчик. Флуоресценция возбуждалась излучением азотного лазера с длиной волны 350 нм и средней мощностью не более 46 мВт. Рассмотрены спектры флуоресценции нормальной и эритемной кожи, находящейся в состоянии разной степени сжатия. Эритема образовывалась путем облучения участка челюстно-лицевой области кожи диаметром 3 см ультрафиолетовым (УФ) излучением, спектр которой лежит в области длин волн свыше 350 нм. Доза облучения соответствовала четырем медицинским эритемным дозам. С целью механического сжатия между челюстно-лицевой областью кожи и волоконно-оптическим датчиком помещалось тонкое кварцевое стекло диаметром 5 см, на которое оказывалось давление до 2 10^5 Па. Получены спектры отражения челюстно-лицевой области кожи путем рассмотрения величины оптической плотности кожной ткани *D*. Изменение величины *D** – эффективную оптическую плотность кожи, определяли по изменениям поглощающих свойств слоев кожной ткани на длинах волн возбуждения и флуоресценции. Учитывая, что содержание меланина не зависит от степени сжатия кожи, при отсутствии давления, вклад поглощения крови в *D** составляет величину 0,94. В дерме такой эритемной кожи содержится 38 % крови. Рассмотрена оптическая модель челюстно-лицевой области кожи и определены: оптическая плотность – *D* кожной ткани; *D** – эффективная оптическая плотность кожной ткани и индексы – *E* эритемы и меланина.

Ключевые слова: спектр, флуоресценция, челюстно-лицевая область кожи, эритема, меланин, метод Монте-Карло, интенсивность, длина волны, излучение, азотный лазер

MEASUREMENT OF FLUORESCENCE SPECTRA OF THE MAXILLOFACIAL REGION SKIN

[1]Urusova B.I., [2]Temirbolatova S.A.

[1]Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliev, Karachayevsk, e-mail: urusova50@mail.ru;
[2] Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: sofchik003@gmail.com

In this paper, the fluorescence spectra of the excitation of nitrogen laser radiation and external influences on the maxillofacial region of the skin tissue are studied. A fiber-optic sensor was used for excitation and registration of spectra. The fluorescence was excited by the emission of a nitrogen laser with a wavelength of 350 nm and an average power of not more than 46 mW. The fluorescence spectra of normal and erythemic skin in a state of varying degrees of compression are considered. Erythema was formed by irradiating the area of the maxillofacial area of the skin with a diameter of 3 cm with ultraviolet (UV) radiation, the spectrum of which lies in the region of wavelengths above 350 nm. The radiation dose consistent with the medical four erythemal doses. For the purpose of mechanical compression between the maxillofacial area of the skin and the fiber-optic sensor, a thin quartz glass with a diameter of 5 cm was placed, which was pressurized to 2,105 PA. The reflection spectra of the maxillofacial region of the skin were obtained by considering the optical density of the skin tissue D. the Change in the value of D* – the effective optical density of the skin was determined by changes in the absorbing properties of the layers of skin tissue at the wavelengths of excitation and fluorescence. Given that the content of melanin does not depend on the degree of compression of the skin, in the absence of pressure, the contribution of blood absorption in D* is 0.94. In the dermis such erythema of the skin contains 38 % of the blood. The optical model of the maxillofacial area of the skin is considered and the optical density – D of the skin tissue is determined; D* – effective optical density of the skin tissue and indices – E of erythema and melanin.

Keywords: spectrum, fluorescence, maxillofacial skin area, erythema, me-Lanin, Monte Carlo method, intensity, wavelength, radiation, nitrogen laser

Кожная ткань челюстно-лицевой области является многослойной сильно рассеивающей средой, содержащей поглощающие и флуоресцирующие компоненты. Эти процессы приводят к искажению спектров флуоресценции хромофоров челюстно-лицевой области кожи по мере выхода излучения, что можно объяснить методом Монте-Карло: «Моделирование распространения света в кожной ткани с учетом неупругого рассеяния света» [1].

Цель работы: исследовать спектры флуоресценции при возбуждении излучением азотного лазера с длиной волны 350 нм при внешних воздействиях на челюстно-лицевую область кожной ткани и рассмотреть ее оптическую модель.

Материалы и методы исследования

Для возбуждения и регистрации спектров использовался волоконно-оптический датчик. Флуоресценция возбуждалась излучением азотного лазера с длиной волны 350 нм и средней мощностью не более 46 мВт.

Исследовались спектры флуоресценции нормальной и эритемной кожи, находящейся в состоянии разной степени сжатия. Доза облучения соответствовала четырем медицинским эритемным дозам. С целью механического сжатия между челюстно-лицевой областью кожи и волоконно-оптическим датчиком помещалось тонкое кварцевое стекло диаметром 5 см, на которое оказывалось давление в диапазоне от 0 до 210^5 Па.

Все измерения были выполнены на здоровых людях (70 мужчин и 60 женщин) в возрасте от 25 до 50 лет в зимнее время. Погрешность измерений оценивалась в пределах 6 %.

По мере развития эритемы для спектров флуоресценций челюстно-лицевой области кожи характерно значительное уменьшение интенсивности. Чтобы определить причины такого изменения в спектрах, необходимо выявить факторы, определяющие характер спектров флуоресценции кожи. Особенности спектров флуоресценции определяются неоднородностью распределения основных хромофоров кожной ткани, дающих вклад в общую флуоресценцию кожи и определяющих спектральную зависимость излучения флуоресценции и наличие поглощающих компонентов кожи, таких как кровь и меланин, значительно ослабляющих флуоресценцию и искажающих спектр [2–3].

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 приведены экспериментальные результаты зависимости интенсивности флуоресценции от эффективной оптической плотности кожной ткани.

Спектр флуоресценции кожи, возбужденный излучением с длиной волны 350 нм, наблюдался в диапазоне 350–550 нм с максимумом на длине волны 450 нм и небольшим провалом в области 400 нм.

Увеличение содержания крови и меланина в кожной ткани приводит к изменениям в интенсивности флуоресценции кожи. Характер изменений виден из рис. 1, где приведены изменения интенсивности флуоресценции на длинах волн 400, 450 и 500 нм. В интервале времени от 8 до 14 суток интенсивное шелушение кожи, сопровождаемое уменьшением содержания в ней меланина, приводит к скачку в поведении кривых.

Отличительной особенностью спектров является то, что увеличение интенсивности флуоресценции происходит в области давления до 10^5 Па: при больших давлениях интенсивность флуоресценции не меняется. Это обусловлено тем, что при давлениях свыше 10^5 Па дерма становится практически обескровленной и дальнейшее сжатие кожной ткани не изменяет содержания в ней хромофоров.

На рис. 2 приведены зависимости интенсивности флуоресценции кожи с эритемой разной степени от давления на кожу, полученные для длины волны 450 нм.

Наличие меланина, образованного в коже в результате ее УФ-облучения, обусловливается тем, что обе кривые лежат ниже кривой *4*, соответствующей флуоресценции обескровленной дермы нормальной кожи.

Далее, спектры отражения челюстно-лицевой области кожи получили путем рассмотрения величины оптической плотности кожной ткани *D*, определенной как

$$D = \log\left(\frac{1}{R}\right), \qquad (1)$$

где $R = l/l_0$ – коэффициент отражения кожи, l и l_0 – интенсивности отраженного и падающего света соответственно.

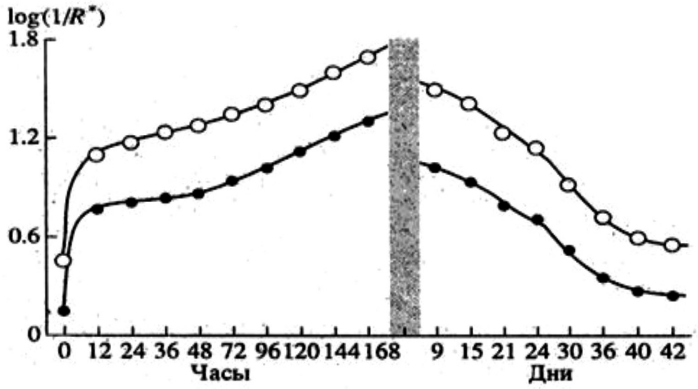


Рис. 1. Эффективная оптическая плотность log(1/R) кожной ткани с развивающейся эритемой. λ, нм: 1 – 400, 2 – 450, 3 – 500*

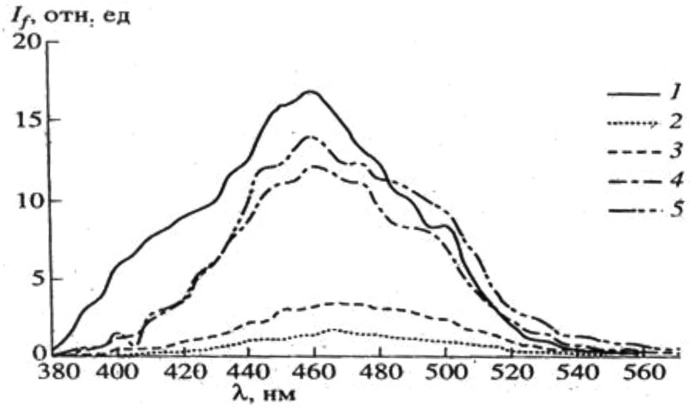


Рис. 2. Спектры флуоресценции кожи с эритемой 14 суток, полученные при разных давлениях на кожу. 1 – нормальная кожа p = 0; 2 – p = 0; 3 – p = 1,4x10⁴ Па; 4 – p = 5,6 x 10⁴ Па; 5 – 1,4 x 10⁵ Па

По изменениям D оценивали изменения поглощающих свойств кожи в целом и отдельных ее слоев.

Если принять интенсивность лазерного излучения на длине волны λ = 337 нм за I_o, то с учетом поглощения возбуждающего излучения и излучения флуоресценции слоями кожной ткани и квантового выхода флуоресценции $\eta q(\lambda_f)$ ($q(\lambda_f)$ – форм-фактор контура линии флуоресценции) интенсивность флуоресценции кожи может бьгть представлена в виде

$$I_f = I_0 \eta q(\lambda_f) \times$$
$$\times \exp\left[-\sum_i \left(k_i(\lambda_e) + k_i^*(\lambda_f)\right) d_i\right], \qquad (2)$$

где $k_i(\lambda_e)$ и $k_i^*(\lambda_f$ – коэффициенты поглощения i-го слоя кожной ткани толщиной di на длинах волн возбуждающего излучения (λ_e) и флуоресценции (λ_f).

Нормируя интенсивность флуоресценции I_f на величину $I_o \eta q(\lambda_f)$, которая для данной длины волны является константой

$$R^*(\lambda_f) = \frac{I_f(\lambda_f)}{I_0 \eta q(\lambda_f)} \qquad (3)$$

можно ввести величину D^*, определенную по аналогии с (1) следующим образом:

$$D^*(\lambda_f) = \log\left(\frac{1}{R^*(\lambda_f)}\right) =$$
$$= \log e \sum_i \left(k_i(\lambda_e) + k_i^*(\lambda_f)\right) d_i. \qquad (4)$$

Величина D^*-эффективной оптической плотности пропорциональна поглощению кожной ткани [4, 5]. Изменения этой величины определяли изменениями поглощающих свойств слоев кожной ткани на длинах волн возбуждения и флуоресценции.

На рис. 3 представлены спектры D^* для нормальной кожи с 8-часовой и 8-дневной эритемой (последние получены при давлении на кожу 10^5 Па). Так как изменения в коже в течение первых 8 ч после УФ-облучений обусловлены изменением содержания крови в дерме, для нормальной кожи и кожи с 8-часовой эритемой близки. Можно отметить диапазон 400 нм, где наблюдается приток крови, присутствующей в нормальной коже. Кожа с 8-дневной эритемой увеличена, за счет поглощения образованным в коже меланином.

Зависимость D^* на длине волны 450 нм от давления, оказываемого на кожу с 14-дневной эритемой. при давлении ~ 10^5 Па, равна разности между значениями эффективной оптической плотности нормальной кожи и кожи с эритемой составляет величину 0,38. Учитывая, что содержание меланина не зависит от степени сжатия кожи, можно определить, что при отсутствии давления вклад поглощения крови в D* составляет величину 0,96. В дерме такой эритемной кожи содержится, как показали эксперименты со спектрами отражения, 38 % крови. Для нормальной кожи, дерма которой содержит 10 % крови, величина D* равна 0,75. Тогда кожа с эритемой становится подобной нормальной коже при давлении порядка 2 x 10^4 Па.

Индексы – Е эритемы и меланина определяли по спектрам отражения кожи. Индекс эритемы – E определяли по величине площади спектральной зависимости в диапазоне длин волн 500–600 нм, где велико поглощение крови:

$$E = 100\,[D_{560} + 1{,}5D_{545} - D_{575}) -$$
$$- 2{,}0\,(D_{510} + D_{610})]. \qquad (5)$$

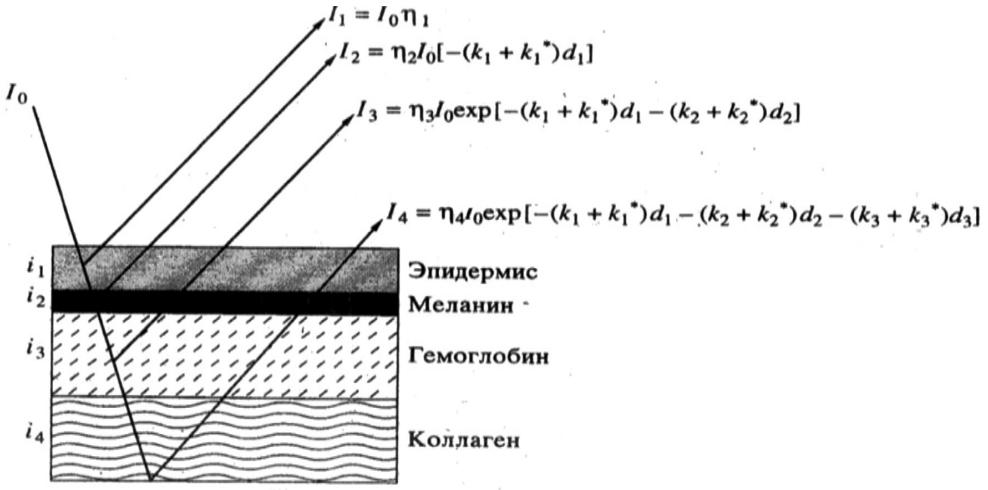


Рис. 3. Оптическая модель челюстно-лицевой области кожной ткани

По разности оптической плотности кожи в зеленой и красной областях спектра имеем

$$E = 100\,[D_{560} + D_{650})]. \qquad (6)$$

Содержание меланина определяли по наклону спектральной зависимости $D(\lambda)$ в диапазоне свыше 600 нм.

Таким образом, можно определить эффективную оптическую плотность нормальной кожи ($D^*_E(\lambda)$ и кожи с эритемой ($D^*_N(\lambda)$ следующим образом:

$$(D^*_E(\lambda)) = \log\left(\frac{I_0\eta q(\lambda)}{I_f^N(\lambda)}\right);$$

$$(D^*_N(\lambda)) = \log\left(\frac{I_0\eta q(\lambda)}{I_f^E(\lambda)}\right), \qquad (7)$$

где $I_f^N(\lambda)$ и $I_f^E(\lambda)$ – интенсивности флуоресценции нормальной и эритемной кожи соответственно.

Полагая λ близкой к максимуму спектра флуоресценции кожи, можно видеть, что разность

$$D^*_E(\lambda) - D^*_N(\lambda) = \log\left(\frac{I_f^N(\lambda)}{I_f^E(\lambda)}\right) \qquad (8)$$

определяет изменение поглощения света кожи за счет изменения содержания крови. Величину

$$E = 100[D^*_E(\lambda) - D^*_N(\lambda)] \qquad (9)$$

определяли как показатель содержания крови в кожной ткани. Индекс меланина можно определить по формуле, аналогичной (9), отличающейся тем, что интенсивности флуоресценции I_f^N и I_f^E измеряются в случае сжатой кожи при давлении – 10^5 Па.

Выводы

1. В спектрах флуоресценции челюстно-лицевой области кожи наблюдается уменьшение интенсивности от времени.
2. В области длин волн 400 нм, 450 нм, 500 нм – наблюдается увеличение содержания крови и меланина.
3. В интервале от 8 до 14 суток наблюдается интенсивное шелушение кожи, что приводит к уменьшению меланина.
4. Уменьшение содержания крови в дерме кожной ткани при ее сдавливании приводит к увеличению меланина.
5. Определены: D – оптическая и $D^{ж}$ – эффективно оптическая плотности кожной ткани, а также индексы – E эритемы и меланина.

Список литературы

1. Соболь И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1968. 64 с.

2. Темирболатова С.А., Урусова Б.И. Применение лазерной спектроскопии для анализа кожи // Вестник КЧГУ. 2016. № 47. С. 141–148.

3. Авандидов Г.Г. Основы количественной патологической анатомии. М., 2011. 103 с.

4. Michaed. Miller B. Mathematics and satistics for finansial risk management. 2nd Edition. 2015. 202 p.

5. Junro Y., Mc-Cauley L. Kay, Antiresorptives and osteonecrosis of the jaw. Journal of Evidence – Based Dental Practice, 2013. P. 168–169.

УДК 620.195

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА СТАЛЬ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Черепашкин С.Е., Кривенко Е.С., Щербакова А.В.

Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, e-mail: egorkriv71@mail.ru

Развитие мощностей нефтегазового комплекса вызывает масштабную постройку нового оборудования, в частности прокладку многокилометровых трубопроводов. Большинство транспортных систем перекачки различных типов углеводородов и углеводородных газов были сконструированы еще в советское время и нуждаются в капитальном ремонте либо замене. При достаточно больших капитальных затратах необходимо обеспечить максимально долгий режим работы оборудования, межремонтный пробег. Основной проблемой на этом пути являются химическая и электрохимическая коррозия оборудования. Помимо прочих методов борьбы за долговечность металлических конструкций высокую эффективность показали методики применения различных типов функциональных ингибиторов коррозионной активности. Однако современные металлические конструкции и сплавы подвергаются многократной термической обработке, что изменяет структуру сталей и сплавов. В статье приведен сравнительный анализ зависимости скорости коррозии от основных вариантов окончательной термообработки образцов в сравнении с контрольным образцом определенного типа углеродистой стали. Проведены исследования изменения поляризуемости поверхности, а также естественная убыль в результате коррозии в среде, определенной ГОСТом для испытаний, являющаяся коррозионно-активной. Сделаны выводы об эффективности применения заданного типа функционального ингибитора коррозии для каждого конкретного образца, подверженного определенному типу термической обработки. Выдвинуты предположения о причине полученных результатов, а также механизме действия коррозии в результате перераспределения потенциала на поверхности образцов.

Ключевые слова: термическая обработка, сталь, коррозия, ингибитор коррозии, поляризуемость, защитный эффект, скорость коррозии, отжиг, нормализация

CHANGE IN PROTECTIVE PROPERTIES OF CORROSION INHIBITORS WHEN EXPOSED TO STEEL AFTER THERMAL TREATMENT

Cherepashkin S.E., Krivenko E.S., Shcherbakova A.V.

Military Innovation Technopolis, Anapa, e-mail: egorkriv71@mail.ru

The development of the capacities of the oil and gas complex causes a large-scale construction of new equipment, in particular, the laying of multi-kilometer pipelines. Most transport systems for pumping various types of hydrocarbons and hydrocarbon gases were constructed in Soviet times and need major repair or replacement. With sufficiently large capital expenditures, it is necessary to ensure the longest operation time of the equipment, the overhaul mileage. The main problem on this path is chemical and electrochemical corrosion of equipment. In addition to other methods of fighting for the durability of metal structures, methods of application of various types of functional corrosion inhibitors have shown high efficiency. However, modern metal structures and alloys are subjected to repeated heat treatment, which changes the structure of steels and alloys. The article presents a comparative analysis of the dependence of the corrosion rate on the main options for the final heat treatment of samples in comparison with a control sample of a certain type of carbon steel. Studies of changes in surface polarizability, as well as the natural loss due to corrosion in an environment defined by GOST for testing, which is corrosive, have been carried out. Conclusions are drawn about the effectiveness of a given type of functional corrosion inhibitor for each specific sample subjected to a specific type of heat treatment. Assumptions are made because of the results obtained, as well as the mechanism of corrosion action as a result of the potential redistribution on the sample surface.

Keywords: heat treatment, steel, corrosion, corrosion inhibitor, polarizability, protective effect, corrosion rate, annealing, normalization

Добыча нефти на российских месторождениях, особенно выработанных и истощенных, напрямую связана с технологиями гидроразрыва пласта и законтурного обводнения. Добыча полезных ископаемых из пористых пород влечет за собой дальнейшие трудности из-за необходимости удаления взвешенных примесей и воды [1]. По одному из видов классификаций товарную нефть подразделяют на виды в зависимости от содержащихся в ней количеств воды и хлоридов, группы представлены в табл. 1.

Такие требования устанавливаются из-за высокой коррозионной активности растворенных хлоридов в водонефтяной эмульсии. Помимо отложений на внутренних стенках трубопроводов вследствие несовершенства изоляции по всей длине магистрали и возникающих из-за этого локальных температурных колебаний, возникает химическая и электрохимическая коррозия. Химическая коррозия заключается в ионном обмене между хлоридами и материалом стенки, что ведет к ее утонению. При перекачке нефтепродукта образуется из-за трения статическое электричество, содержание же хлоридов делает водонефтяную эмульсию отличным проводником, что располагает к возникновению блуждающих токов, растрескиванию материала трубы и повышенному износу в слабых местах (сварной стык) [2].

Таблица 1

Классификация нефти в зависимости от ее обводненности и содержания хлоридов

Показатель качества	I группа	II группа	III группа
Массовая доля воды,%	<0,5	<0,5	<1
Массовая концентрация хлоридов,%	<100	<300	<900

Материальные потери, связанные с этими явлениями, решаются в том числе применением ингибиторов коррозии, позволяющих увеличить межремонтный пробег эстакады трубопроводов, а также использовать при их изготовлении более дешёвые и доступные марки сталей.

Общий принцип действия ингибиторов коррозии состоит в том, что они изменяют физическое, химическое или электрическое состояние металлической поверхности, создавая таким образом защитный слой, который препятствует коррозии. В зависимости от применяемого типа, активные вещества могут вступать в реакцию с элементами сплавов, образуя на их поверхности слои пассивных оксидов или солей, или, наоборот, препятствовать электрохимическим реакциям, которые могли бы приводить к образованию анодных участков на поверхности металла [3].

При термической обработке сталей возникают внутренние напряжения различного характера, которые способны изменять поверхностный электрический потенциал на участках площади стали. Это вызывает изменения в скорости электрохимической коррозии, образуя локальные уязвимые зоны.

Внутренние напряжения появляются в результате различных причин:

– пластическая деформация при обработке;

– появление на поверхности участков повышенной твердости;

– термическая обработка (сварка), что приводит к структурным и фазовым превращениям материала сплава.

Такие термовоздействия, как отжиг и нормализация, помогают снять остаточные напряжения при обработке компонентов деталей, труб и их стыков, однако эти процессы также преобразуют структуры стали, поэтому важно понять, как термообработка будет влиять на последующую коррозию [4].

Цель исследования: исследование эффективности применения различных групп функциональных ингибиторов коррозии в коррозионно-активной среде раствора хлоридов в воде при воздействии на термически обработанные образцы углеродистой стали.

Материалы и методы исследования

В качестве исследуемого образца была выбрана сталь марки ст. 3, которая является углеродистой маркой. Легирующие компоненты, как правило, улучшают эксплуатационные свойства сталей, однако повышают ее стоимость. По этой причине была взята подверженная коррозии углеродистая сталь. Её применение позволит оценить действие ингибиторов для относительно однородного сплава.

В качестве ингибитора применялся NaOH, способный контактировать с материалом образца и образовывать на его поверхности пленку из нерастворимого гидроксида железа.

В качестве коррозионно-активной среды были выбраны водные растворы солей Na_2SO_4 (0,213 г/л), $NaHCO_3$ (0,136 г/л) и $CaCl_2$ (0,333 г/л), что связано с требованиями госта.

Потенциометр для определения поверхностного электрического потенциала как меры коррозионной активности образцов после испытания.

Образцы были зачищены от атмосферных и коррозионных отложений, прокалены в муфельной печи, обеспечивающей равномерный нагрев до соответствующих температур. Был произведен отжиг и нормализация различных образцов. Для сравнения также был введен в исследования контрольный образец в виде необработанной стальной пластинки, с помощью твердомера HRC определялась твердость полученных образцов, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Твердость образцов по Роквеллу HRC

	Номер измерений			
Вид обработки	1	2	3	Среднее
Отжиг	22	23	23	22,6
Нормализация	32	31	33	32
Контрольный образец	27	28	27,5	27,5

Предварительно взвешенные образцы помещались в коррозионно-активный раствор солей на 20 ч при нормальных условиях с применением ингибитора NaOH. После очистки от продуктов коррозии сравнивалась удельная потеря веса образцов, что говорило о коррозионной стойкости в влиянии термической обработки.

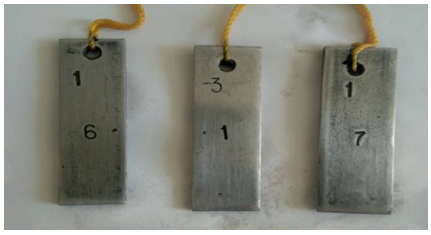


Рис. 1. Образцы перед началом выдержки в растворе

Образцы располагаются слева направо: образец, подвергшийся отжигу, нормализованный образец и контрольная пластина.

Рис. 2. Проведение испытания

Результаты исследования и их обсуждение

Оценивались непосредственно потеря веса образцов, а также поляризационные кривые, снимаемые с помощью потенциостата, с помощью которых можно было судить о поляризуемости металлических образцов и, таким образом, их подверженности электрохимической коррозии.

Пребывание в коррозионно-активной среде привело к уменьшению массы образцов. После зачистки продуктов коррозии сравнивались исходные и полученные массы образцов. Результаты гравиметрических испытаний сведены в табл. 3.

Путём применения известных формул в качестве показателей коррозии и защиты рассчитывались скорость коррозии и защитный эффект для данного типа ингибитора. Результаты приведены в табл. 4.

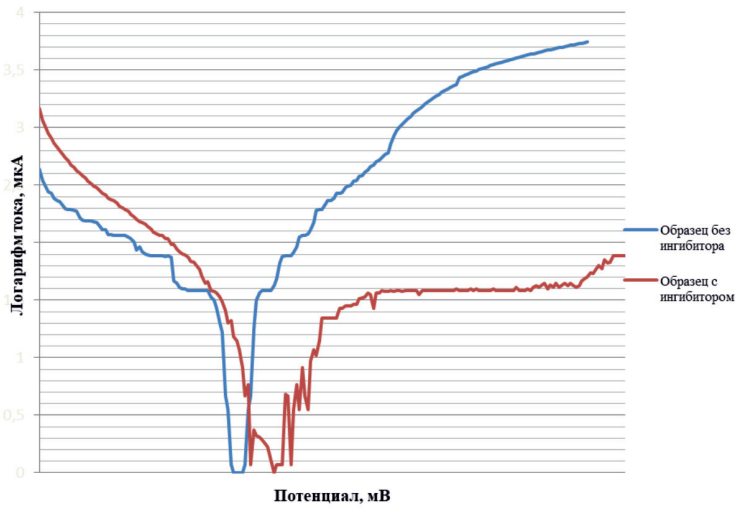


Рис. 3. Поляризационные кривые для контрольного образца

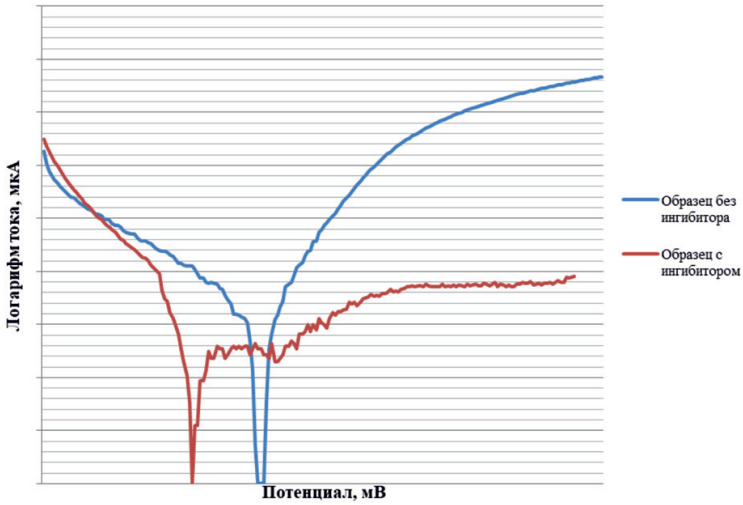


Рис. 4. Поляризационные кривые для образца после нормализации

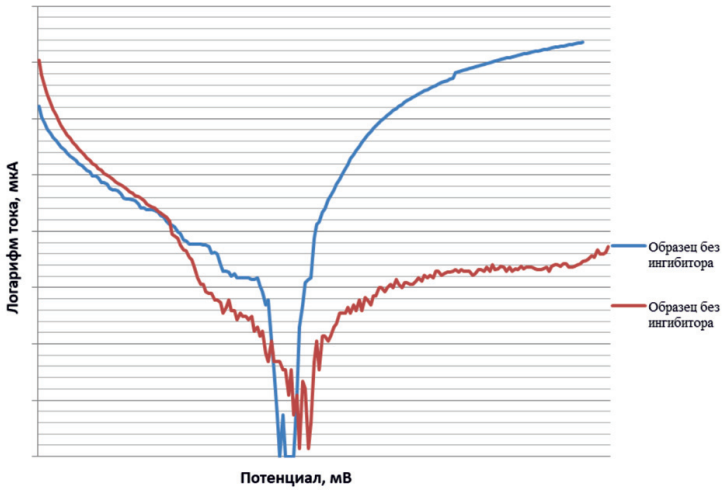


Рис. 5. Поляризационные кривые для образца после отжига

Таблица 3

Результаты коррозионных испытаний

Образец	Масса до испытаний, г	Масса после испытаний без ингибитора, г	Масса до испытаний, г	Масса после испытаний с ингибитором, г
Контрольный	21,2832	21,2784	21,266	21,2657
После нормализации	22,666	22,6602	22,6542	22,6532
После отжига	19,8981	19,8924	19,8819	19,8815

Таблица 4

Определение скорости коррозии и защитного действия ингибитора

Вид обработки	Скорость коррозии в растворе Na_2SO_4, $NaHCO_3$ и $CaCl_2$, г/(м^2· час)	Защитный эффект, %
Отжиг	0,125	–
Нормализация	0,121	–
Контрольный образец	0,106	–
	Скорость коррозии в растворе с ингибитором NaOH, г/(м^2 · час)	
Отжиг	0,0087	93,04
Нормализация	0,0208	82,02
Контрольный образец	0,0066	93,75

Таким образом, для данного типа стали ингибитор был выбран с хорошими показателями защитного действия. Влияние было минимизировано для образца, прошедшего нормализацию. Одной из причиной данного явления могло стать поверхностное изменение структуры сплава, вследствие чего изменились адсорбционные показатели стали. Контакт с ингибитором был снижен или локализован на активных центрах, в результате чего результаты оказались ниже, чем при приведении отжига.

Выводы

Опытным путём подтвердилась зависимость скорости коррозии от прошедшей термообработки образцов. В нашем случае максимальная коррозия сохранялась для нормализованного образца. Полученные данные позволяют утверждать, что при выборе ингибитора необходимо учитывать скорость коррозии, а не только защитный эффект, который может достигать больших процентных значений, однако не защищать должным образом. Так как в лабораториях зачастую образцы-свидетели применяются без термической обработки либо после пластической деформации, есть риск получить более завышенную или заниженную скорость коррозии, чем на реально действующем оборудовании [5]. В связи с этим рекомендуется при лабораторных исследова-

ниях образцы для коррозионных испытаний обрабатывать так же, как и элементы настоящих металлоконструкций.

При этом концентрация ингибитора была постоянной, исследования показывают, что варьированием пределов концентрации возможно сведение к минимуму влияния изменения структуры стали после различных термических обработок [6].

Термообработка приводит к изменению потенциала поверхности стали, что может ускорять (или замедлять) коррозионные процессы, прочность и твердость отдельных участков. Однако применение функциональных ингибиторов, подходящих для каждого определенного случая получения металлических конструкций, позволяет сводить на нет коррозионные процессы.

Список литературы

1 Азаренков Н.А., Литовченко С.В., Неклюдов И.М., Стоев П.И. Коррозия и защита металлов // Химическая коррозия металлов: учеб. пособие. Харьков, 2007. 187 с.

2 Денисенко А.Н., Латыпов О.Р., Спивак А.Е., Мусин И.Г. Осуществление подбора ингибирующего реагента для предотвращения коррозии технологического оборудования: материалы 62-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. С. 142.

3 Мухаметшин Д.Р., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Разработка ингибитора в минерализованных кислородсодержащих средах: материалы 62-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. С. 145.

4 Малахов А.И., Жуков А.П. Основы металловедения и теории коррозии: учебник для машиностроительных техникумов. М.: Высшая школа, 1978. 192 с.

5 Черепашкин С.Е., Латыпов О.Р., Кравцов В.В. Методы коррозионных исследований: учеб. пособие. Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. 86 с.

6 Латыпов О.Р. Исследование влияния электрокинетического потенциала стали на ее скорость коррозии // Prospero. 2015. № 2 (14). С. 46–48.

СТАТЬИ

УДК 539.1.074:504.064.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРЕПАРАТЕ ЛИТИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

[1]Епифанова И.Э., [2]Тертышник Э.Г.

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», Обнинск, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com;

[2]ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета РФ, Обнинск, e-mail: epifanov@rpatyphoon.ru

Целью эксперимента, описанного в данной работе, является проверка предположения о возможности возникновения процессов возгорания в источниках тока на основе лития под воздействием космических лучей при авиатранспортировке таких источников. Были исследованы образцы препарата лития (LiOH) после экспонирования их в космических лучах с применением гамма-спектрометра. В ходе проведения эксперимента препарат лития был размещен вне капитального здания, где подвергался воздействию вторичных космических лучей в течение 10 дней. Затем был произведен анализ данного препарата с помощью гамма-спектрометрической установки, снабжённой детектором из сверхчистого германия (Gem-30185). В аппаратурных спектрах, полученных при гамма-анализе облучённых препаратов, обнаружены пики, обусловленные излучением короткоживущих нуклидов. Приведен метод идентификации (по энергии гамма-линий и периоду полураспада) и расчёта активности нуклидов, которые образуются в литиевом препарате. Определена активность 9 идентифицированных радионуклидов, периоды полураспада которых находятся в диапазоне от 1,708 мин для селена-50 до 211 мин для церия-132, а массовые числа от 46 (калий-46) до 177 (гафний – 177 м). Пирофорные свойства церия и лантана, которые образуются при воздействии космических лучей на литий, могут быть причиной возгорания литиевых источников тока при транспортировке их воздушным путём. Делается предположение, что тяжёлые ядра (A > 170) в препаратах лития образуются после экспонирования во вторичных космических лучах в результате ядерных реакций синтеза, протекающих при мюонном катализе, и последующего взаимодействия мягкой составляющей вторичных космических лучей с продуктами этого синтеза.

Ключевые слова: источники тока на основе лития, космические лучи, гамма-спектрометрия, радионуклиды

RADIONUCLIDES FORMED IN A LITHIUM PREPARATION AS A RESULT OF THE ACTION OF COSMIC RAYS

[1]Epifanova I.E., [2]Tertyshnik E.G.

[1]Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com;

[2]Research&Production Association «Typhoon» of Roshydromet RF, Obninsk, e-mail: epifanov@rpatyphoon.ru

The aim of the experiment described in this article is to check the assumption that the cosmic rays impact on lithium current sources is the factor their spontaneous inflammation during transportation by air. Samples of the lithium preparation after exposure on them cosmic rays has been analyzed by gamma-spectrometry. During the experiment the lithium preparation (LiOH) was located in the open air and was exposed to secondary cosmic rays for 10 days. Further, the lithium preparation was subjected to gamma analysis using a setup equipped the highpure germanium detector (Gem30185). In instrumental spectra obtained with gamma analysis of the irradiated preparations many peaks of radiation-induced short-lived nuclide were detected. A method of identification (based on the energy of gamma-lines and on the half-lives of nuclide) and calculating the activity of nuclide which are formed into the preparation is described. The activity of 9 identified radionuclide, whose half-lives are in the range from 1,708 minutes for selenium-50 to 211 minutes for cerium – 132 and mass numbers from 46 (potassium – 46) to 177 (hafnium – 177 m), have been determined. The pyrophoric properties of cerium and lanthanum which are formed, when the lithium exposed to cosmic rays, can cause a ignite of lithium current sources during its transporting by air. It is assumed that heavy nuclei (A > 170) in lithium preparations after their exposure to cosmic rays are formed as a result of nuclear fusion reactions proceeding under muon catalysis and subsequent interaction of soft cosmic rays component with the products of this synthesis.

Keywords: lithium current sources, cosmic rays, gamma-spectrometry, radionuclides

В настоящее время не перезаряжаемые источники питания и аккумуляторы на основе лития (ЛИТ), характеризующиеся большой удельной энергоёмкостью, высокой нагрузочной способностью при широком диапазоне температур, низким внутренним сопротивлением и очень медленным саморазрядом, широко используются для питания сотовых телефонов, ноутбуков и других портативных устройств [1]. Эксплуатация таких устройств иногда сопровождается самовозгоранием и взрывами литиевых аккумуляторов – подобные инциденты на борту воздушного судна представляют серьёзную опасность. Так как при увеличении высоты над уровнем моря интенсивность космиче-

ского излучения существенно возрастает, можно предположить, что при взаимодействии КЛ с литием в литиевых источниках питания возникают новые стабильные и радиоактивные элементы, которые могут создавать цепные химические реакции, генерирующие тепло и приводящие к возгоранию ЛИТ.

Цель исследования: проверка гипотезы о воздействии космических лучей на литиевую основу источников тока, приводящем к самовозгоранию ЛИТ. В данной работе с помощью гамма-спектрометра изучался радионуклидный состав элементов, образовавшихся в препарате лития после экспонирования препарата в КЛ на высоте примерно 180 м над уровнем моря (Обнинск Калужской области).

Космические лучи

Космические лучи (КЛ) – это поток заряженных частиц высокой энергии, приходящих на Землю со всех направлений космического пространства, на 90% состоящих из протонов. Энергия этих протонов на высоте 50 км от поверхности Земли (у границы атмосферы) составляет 10^6–10^{21} эВ. При взаимодействии протонов первичных КЛ с ядрами атомов земной атмосферы происходит расщепление ядер и образование вторичных протонов, а также нескольких нестабильных элементарных частиц, в основном π-мезонов (пионов) – заряженных (π+, π-) и нейтральных (π0) [2]. Первичные протоны при столкновении теряют в среднем около 50% начальной энергии. Образующиеся при расщеплении ядер вторичные нуклоны (протоны и нейтроны) и рожденные в столкновениях заряженные пионы высокой энергии будут также участвовать в ядерных взаимодействиях и вызывать расщепление ядер атомов воздуха и множественное образование пионов. Многократное повторение последовательных взаимодействий нуклонов и заряженных пионов с ядрами атомов воздуха, сопровождающееся множественной генерацией новых частиц (пионов), приводит к лавинообразному возрастанию числа вторичных ядерно-активных частиц [3]. Общий поток частиц ядерно-активной компоненты по мере дальнейшего проникновения вглубь атмосферы уменьшается и на уровне моря остаётся менее 1% ядерно-активных частиц. Нейтральные пионы практически мгновенно распадаются на два фотона каждый. Этот процесс даёт начало электронно-фотонной компоненте КЛ (она называется также мягкой, т.е. легко поглощаемой, компонентой). В полях атомных ядер эти фотоны рождают электронно-позитронные пары, а электроны и позитроны, в свою очередь, путём тормозного излучения испускают новые фотоны и т.д. Такие процессы, носящие каскадный характер, приводят к лавинообразному нарастанию общего числа частиц – к образованию электронно-фотонного ливня [4]. В результате на уровне моря космическое излучение наблюдается в виде вторичных космических лучей (ВКЛ), которые состоят из жесткой компоненты, проникающей через 10 см свинца, мягкой компоненты и нейтрино. Жёсткую компоненту ВКЛ образуют мюоны – заряженные нестабильные частицы, возникающие при распаде заряженного пиона. Масса мюона в 207 раз больше массы электрона, а время жизни в состоянии покоя составляет $2 \cdot 10^{-6}$ с. Мюоны у земной поверхности составляют 50% всех заряженных частиц. Мягкая компонента ВКЛ – электрон-позитронные пары, протоны, нейтроны и γ-кванты. Протоны и нейтроны присутствуют в равных долях [3].

Методы и аппаратура, использованные при проведении эксперимента

Для исследования воздействия вторичных космических лучей (ВКЛ) на препараты, содержащие литий, кювету, изготовленную из полихлорвинила, с образцом LiOH (7 г) оставляли на 10 дней вне капитального помещения (экспонирование в КЛ). Затем кювету с помощью центрирующего кольца устанавливали на торец германиевого детектора GEM30185 («EG&GOrtec», США) и измеряли гамма-излучение препарата. Детектор размещён внутри защитной камеры – свинцового экрана для снижения фона от внешнего излучения. Толщина стенок защитной камеры 10 см, поэтому воздействие мягкой компоненты ВКЛ прекращается. Процесс распада радионуклидов, образовавшихся под воздействием ВКЛ во время экспонирования препарата, фиксировался путем регистрации гамма-излучения от кюветы с препаратом лития. Регистрация электрических импульсов от детектора осуществлялась с помощью одноплатного амплитудного анализатора (SBS-75, «Грин Стар Инструментс», Россия).

Измерения проводились в следующем порядке: кювету с препаратом устанавливали на торец детектора, размещённого в свинцовой защитной камере; включали набор аппаратурного спектра. Через 1200 с (живое время) набор останавливали, и спектр записывали в память регистрирующего устройства, не обнуляя ранее набранный спектр, включали продолжение набора на 600 с, останавливали набор и записывали аппаратурный спектр, набранный в течение 1800 с. Далее продолжали

набор (без обнуления спектра) ещё в течение 600 с, останавливали набор и записывали спектр. Продолжив такие измерения, получили 5 аппаратурных спектров с временем регистрации 1200, 1800, 2400, 3560 и 4000 с: 27L74A.sps, 27L74B.sps, 27L74C.sps, 27L74D.sps и 27L74E.sps.

На рисунке представлены фрагмент аппаратурного спектра 27L74C.sps, полученного при экспозиции 2400 с (маркер «×», сплошная линия) и нормированный спектр фона (маркер «--», прерывистая линия). В качестве нормирующего множителя K_E использовано отношение времени экспозиции основного спектра (2400 с) к времени экспозиции фона (12000 с). Показано, что эффект от излучения препарата заметно превышает фон. Идентификация нуклидов по соответствующим гамма-линиям и периодам полураспада выполнялась с использованием базы данных National Nuclear Data Center [5], справочной информации [6, 7] и возможностью автоматической нормировки спектров, реализованной в анализаторе SBS-75.

При расчете активности короткоживущих нуклидов для учета радиоактивного распада нуклидов, присутствующих в исследуемом образце во время измерения, использовалось выражение из [8]:

$$A(t_k) = A(t_0) \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \Delta t}}{\lambda \cdot \Delta t}, \qquad (1)$$

где $A(t_k)$ – активность, зарегистрированная к моменту окончания измерения, Бк; $A(t_0)$ – активность на момент начала измерений, Бк; t_0 – время начала измерения, t_k – время окончания измерения; Δt – продолжительность измерения; λ – постоянная распада, c^{-1}.

Выражение (1) использовалось для вычисления коэффициента D_M:

$$D_M = \frac{A(t_k)}{A(t_0)} = \frac{1 - e^{-\lambda \Delta t}}{\lambda \cdot \Delta t}. \qquad (2)$$

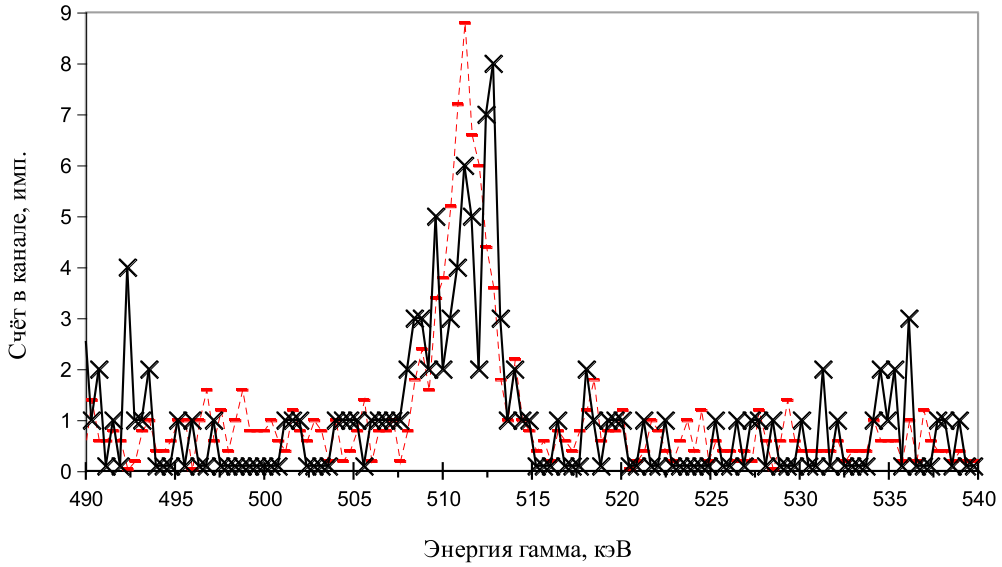
Расчёт активности нуклидов проводили по формуле из [7]:

$$A_{0i} = \frac{N_i - N_{Bi}}{t_i \cdot \varepsilon \cdot \eta \cdot D_{Mi}}, \qquad (3)$$

где A_{0i} – активность радионуклида, рассчитанная по выбранной гамма-линии на момент начала измерений, Бк;
t_i – длительность экспозиции (i = 1, 2, 3, 4, 5; 1200, 1800, 2400, 3560, 4000), с;
N_i – число импульсов, зарегистрированных в выбранном пике за время i-й экспозиции;
N_{Bi} – число импульсов фона, зарегистрированных в том же пике и нормированное на длительность соответствующей экспозиции;
ε, η – эффективность регистрации и квантовый выход для выбранной гамма-линии, соответственно;
D_{Mi} – корректирующий коэффициент, рассчитанный по формуле (2).

Принимались во внимание результаты измерений, которые соответствовали критерию значимости, т.е. число зарегистрированных импульсов превышало число импульсов фона с вероятностью 95 % [8]:

$$(N_i - N_{Bi}) > 1{,}64 \cdot \sqrt{N_{Bi}}. \qquad (4)$$



Фрагмент аппаратурного спектра 27L74C.sps, набранного за 2400 с (маркер «×», сплошная линия) и нормированный спектр фона, зарегистрированный за 12000 с (маркер «--», прерывистая линия)

Таблица 1

Примеры расчёта активности радионуклидов

Нуклид Se-50: $T_{0,5}$, минуты	E_γ, кэВ	Экспозиция, с	Число импульсов		η	ε(*E*)	A_i	Корр. коэф. D_M	A_0
			Препарат + фон	Фон					
1,708	1121,1	1200	3	0	0,995	0,0209	0,120	0,123	0,977
		1800	3	0			0,080	0,082	0,976
		2400	3	0			0,060	0,062	0,969
Нуклид Sb-126m: $T_{0,5}$, минуты	E_γ, кэВ	Экспозиция, с	Число импульсов		η	ε(*E*)	A_i	Корр. коэф. D_M	A_0
			Препарат + фон	Фон					
19,15	414,5	1200	3	0	0,86	0,044	0,066	0,712	0,0927
		1800	4	1			<<*	0,610	–
		2400	5	1			0,044	0,528	0,0834
		3561	5	1			0,030	0,411	0,072
		4000	5	1			0,026	0,377	0,0701
Нуклид Hf-177m2: $T_{0,5}$, минуты	E_γ, кэВ	Экспозиция, с	Число импульсов		η	ε(*E*)	A_i	Корр. коэф. D_M	A_0
			Препарат + фон	Фон					
51,4	277,1	1200	2	1	0,72	0,0557	<<	0,876	–
		1800	3	1			<<	0,822	–
		2400	4	1			<<	0,773	–
		3561	8	1			0,0490	0,688	0,0712
		4000	10	2			0,0499	0,660	0,0756

Примечание. *<< – число импульсов от препарата меньше критерия значимости $(N_i - N_{Bi}) < 1{,}64 \cdot \sqrt[2]{N_{Bi}}$.

Таблица 2

Активность и число ядер идентифицированных нуклидов, образовавшихся в препарате лития под действием космических лучей

Нуклид	Тип распада	Период полураспада, минуты	Энергия используемой гамма-линии, кэВ	Квантовый выход	Активность, Бк	Число ядер
K-46	β^-*	1,75	1345	1,00	0,7	110
Se-50	β^-	1,708	1121,1	0,995	1,0	150
Tc-104	β^-	18,3	358,0	0,89	0,1	160
Sn-106	ε**	1,917	253,2	0,281	1,7	280
Sb-126m	β^-	19,15	414,5	0,86	0,08	130
Sb-130	β^-	39,5	330,9 793,4 839,5	0,78 1,00 1,00	0,06	200
Ce-132	ε	211	182,5	0,774	0,04	730
Nd-151	β^-	12,44	116,8	0,39	0,14	150
Hf-177m2	IT 100% ***	51,4	277,1 311,3 294,9	0,72 0,559 0,624	0,07	300

Примеры расчёта активности нуклидов приведены в табл. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

Несмотря на сравнительно низкую интенсивность зарегистрированных гамма-квантов (и, следовательно, малое число импульсов, превышающих фон в соответствующих пиках полного поглощения), были выполнены идентификация и расчет активности девяти радионуклидов. Результаты представлены в табл. 2. Относительная неопределённость приведённых значений

активности (и числа ядер) составляет примерно 40% и обусловлена малым числом зарегистрированных импульсов. Идентифицированные радионуклиды находятся в широком диапазоне массовых чисел (от ^{46}K до ^{177}Hf) и периодов полураспада (от 1,708 мин для ^{50}Se до 211 мин для ^{132}Ce). Авторы предполагают, что столь тяжёлые ядра (A > 170) в препаратах после экспонирования во ВКЛ образуются в результате ядерных реакций синтеза, протекающих при мюонном катализе [9], и последующего взаимодействия мягкой составляющей ВКЛ с продуктами этого синтеза.

С целью увеличения интенсивности гамма-квантов от исследуемого препарата произведена экспозиция в ВКЛ образца препарата LiOH массой 27 г. После проведения гамма-анализа этого образца было установлено, что увеличение массы литиевого препарата не привело к заметному увеличению активности регистрируемых нуклидов.

В аппаратурных спектрах 2705L*.sps зарегистрировано статистически значимое уменьшение числа импульсов, которые обусловлены гамма-квантами с энергией 511 кэВ, по сравнению с фоном. Эффект дефицита аннигиляционных гамма-квантов может рассматриваться как дефицит позитронов, «расходуемых» в процессе ядерных превращений.

Появление в литиевых источниках тока атомов церия под воздействием КЛ может быть одной из причин возгорания ЛИТ из-за пирофорных свойств церия.

Заключение

1. Предложены и тестированы методы идентификации и расчёта активности нуклидов с периодом полураспада несколько минут.

2. Возможной причиной возгорания источников питания и аккумуляторов на основе лития при их транспортировке по воздуху может являться образование под действием космических лучей изотопов церия, так как церий и образующийся при его распаде лантан обладают пирофорными свойствами.

3. Наиболее значимым результатом работы авторы считают обнаружение в препарате лития радионуклидов с большим значением заряда (Z > 70) и массы (A > 150), образовавшихся в литиевом препарате под воздействием космического излучения.

Список литературы

1. Миронов С.В. Литиевые источники тока: некоторые особенности применения // Новости электроники. 2016. № 4. [Электронный ресурс]. URL: https://www.compel.ru/lib/ne/2016/4/6-litievyie-himicheskie-istochniki-toka-nekotoryie-osobennosti-primeneniya (дата обращения: 11.04.2019).

2. Маурчев Е.А., Балабин Ю.В. Оценка влияния протонов солнечных космических лучей на скорость ионизации нижней атмосферы Земли во время событий GLE NO 61 // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9. № 5–4. С. 82–86.

3. Каликулов О.А., Садуев Н.О., Оскомов В.В. Установка для регистрации электронно-фотонной компоненты космического излучения на высоте 850 м над уровнем моря // Вестник СПбГУ. Сер. 4. 2010. Вып. 3. С. 26–29.

4. Буртебаев Н.Т., Оскомов В.В., Садуев Н.О. и др. Установка для исследования энергетического спектра космических лучей // Вестник КазНУ. Серия Физическая. 2010. Т. 35. № 4. С. 80–84.

5. Справочные данные National Nuclear Data Center. [Электронный ресурс]. URL: https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/ (дата обращения: 11.04.2019).

6. Дорошенко Г.Г., Шлягин К.Н. Справочник по идентификации гамма-излучающих нуклидов. М.: Атомиздат, 1980. 144 с.

7. Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. Цепочки радиоактивных превращений: Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1994. 122 с.

8. Gordon R. Gilmor. Practical Gamma-ray Spectrometry. 2-nd Edition. John Wiley&Sons Ltd, 2008. 408 p. [Electronic resource]. URL: https://www.twirpx.com/file/1235387/ (дата обращения: 11.04.2019).

9. Фильченков В.В. Физические приложения мюкатализа, захват мюона в водороде // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2016. Т. 47. Вып. 4. С. 1093–1153.

УДК 517

ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТВЕЙВЛЕТОВ К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

[1]Кудуев А.Ж., [1]Турсунов Э.А., [2]Абдыкалык Ж.А., [3]Турсунов Д.А.

[1]Ошский государственный университет, Ош, e-mail: altynbek_kuduev@mail.ru;
[2]Ошский государственный юридический институт, Ош, e-mail: gold_chingiz@mail.ru;
[3]Филиал Российского государственного социального университета, Ош, e-mail: tdaosh@gmail.com

При помощи всплесков (вейвлетов) можно анализировать кратковременные локальные особенности сигналов. Поэтому исследователям уже стало известно, что мультивсплески обладают существенными преимуществами по сравнению с преобразованием Фурье. Самым отличительным свойством мультивсплесков является то, что они позволяют построить базис. И в этом базисе данные могут выражаться небольшим количеством ненулевых коэффициентов. А это как раз подходит для сжатия данных (рисунков, видео, аудио и т.п.). Сегодня мультивсплески применяются во всех сферах современной науки и техники. В данной статье рассматривается применение кубических сплайн-всплесков к численному решению двухточечных краевых задач Неймана для линейных неоднородных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Полуортогональные кубические Эрмитовы мультивсплески на суперкомпактном носителе, равном носителю базисного сплайна, построены относительно скалярного произведения с производными. Всплески принадлежат классу непрерывных функций и имеют меньший. Также построены модифицированные базисные сплайн-всплески вблизи граничных точек. Полученные численные результаты демонстрируют преимущество построенных базисных полуортогональных кубических Эрмитовых сплайн-всплесков. Следует отметить, что численные результаты показывают, что точность приближенного решения улучшается с увеличением точек в сетке. И количество точек в сетке не влияет на число обусловленности определяющей матрицы.

Ключевые слова: всплеск, мультивсплеск, сплайн-всплеск, Эрмитов кубический сплайн, краевая задача, численное решение

APPLICATION OF MULTWAVELETS TO THE NUMERICAL SOLUTION OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SECOND ORDER

[1]Kuduev A.Zh., [1]Tursunov E.A., [2]Abdykalyk Zh.A., [3]Tursunov D.A.

[1]Osh State University, Osh, e-mail: altynbek_kuduev@mail.ru;
[2]Osh State Law Institute, Osh, e-mail: gold_chingiz@mail.ru;
[3]Branch of the Russian State Social University, Osh, e-mail: tdaosh@gmail.com

Wavelets have significant advantages over the Fourier transform, because they can be used to analyze short-term local features of signals, such as short bursts or dips, breaks and steps, etc. The unique properties of wavelets allow you to create a basis in which the data can be expressed by a small number of nonzero coefficients. This property makes wavelets attractive for data compression, including video and audio information. Today wavelets are used in all areas of science and technology. This article discusses the use of cubic spline wavelets for the numerical solution of Neumann boundary value problems for linear inhomogeneous second order ordinary differential equations. Hermite's semi-orthogonal cubic multivelets on supercompact carrier, equal to the carrier of the base spline, are built with respect to the scalar product with derivatives. Wavelets belong to the class of continuous functions and have supersupport. Also, modified base spline wavelets near the boundary points are constructed. The obtained numerical results demonstrate the advantage of the constructed basic semi-orthogonal cubic Hermitian wavelets of splines. It should be noted that the numerical results show that the accuracy of the approximate solution increases with increasing points in the grid. And the number of points in the grid does not affect the conditionality number of the defining matrix.

Keywords: wavelet, multiwavelet, spline-wavelet, Hermite cubic spline, boundary value problem, numerical solution

Автором термина «вейвлет» (wavelet) являются Гроссманн (Grossmann) и Морле (Morlet). Они в середине 1980-х гг. при анализе свойств сейсмических и акустических сигналов ввели этот термин [1]. Их работа послужила толчком исследования вейвлетов рядом ученых, таких как Добеши, Мейер, Малл, Фарж, Чуи и др. Термин «вейвлет» звучит как маленькая или короткая волна. Малость относится к условию, что эта функция имеет конечную длину (компактный носитель). Волна относится к условию, что функция колебательная (осциллирующая). В некоторых русскоязычных литературах термин «вейвлет» переведен как «всплеск». Далее мы используем этот термин. К всплеску можно применить две операции: сдвиг и масштабирование. Под сдвигом понимается перемещение области его локализации во времени; а под масштабированием растяжение или сжатие, т.е. перемещение области его локализации по частоте. Использование операций сдвиг и масштабирование, с учетом свойства локальности всплеска в частотно-временной области, позволяет нам

анализировать данные на различных масштабах и точно определять положение их характерных особенностей во времени [2, 3]. В работе [4] исследованы реализации сплайн-всплескового разложения первого порядка. А в [5] интерполяционные всплески применены в краевых задачах Дирихле в круге для однородного уравнения с оператором Лапласа.

В [6] было доказано, что полуортогональные кубические мультивсплески на суперкомпактном носителе, равном носителю базисного сплайна, можно построить относительно скалярного произведения с производными. В [3] для случая сплайнов третьей степени получен алгоритм всплеск-преобразования в виде решения трехдиагональной системы линейных уравнений со строгим диагональным преобладанием. Представлены результаты численных экспериментов по вычислению производных дискретно заданной функции. Применение эрмитовых мультивсплесков седьмой степени для решения дифференциальных уравнений четвертого порядка рассмотрено в [7].

Цель исследования: применить Эрмитовы кубические сплайн-всплески к численному решению обыкновенных дифференциальных уравнений и показать преимущества предлагаемого метода.

Результаты исследования и их обсуждение

Введем следующие обозначения:

$H^1(0,1)$ – пространство непрерывных функций на интервале (0,1), т.е. $u(x) \in C(0,1)$ таких, что $u'(x) \in L_2(0,1)$;

$H_1^1(0,1)$ – замыкание множества $\{u \in C[0,1] \cap C'[0,1] : u'(0) = u'(1) = 0\}$ в $H^1(0,1)$;

Π_3 – множество кубических многочленов;

V_n – пространство кубических сплайнов, удовлетворяющих следующим условиям, $n > 0$:

а) $v \in C[0,1] \cap C'[0,1]$;

б) $v'(0) = v'(1) = 0$;

в) $v|_{(j/2^n,(j+1)/2^n)} \in \Pi_3|_{(j/2^n,(j+1)/2^n)}$,

$j = 0,1,...,2^n - 1$ $j = 0,\ldots,2^n - 1$;

$$\dim(V_n) = 2^{n+1}; \|u(t) - u_n(t)\|_2 = \sqrt{\int_0^1 (u(t) - u_n(t))^2},$$

$C(A_n)$ – число обусловленности матрицы A_n.

Ранее построенные всплески, например вейвлеты Добеши, Мейер, Малл, Фарж, Чуи и др., не имеют аналитического представления и расположены на достаточно широком носителе. Эти свойства можно считать недостатками всплесков. Аналитическое представление всплесков с суперкомпактным носителем удачно подходит к применению всплесков для численного анализа. В работах [6] предложен новый подход к построению базисных всплесков с суперкомпактным носителем на пространстве эрмитовых кубических сплайнов, т.е. всплески ортогональны со скалярным произведением производных $<u',v'>$. Всплески ортогональные со скалярным произведением производных $<u',v'>$ лучше подходят для применения мультивсплесков к численному решению дифференциальных уравнений второго порядка. В работах [8, 9] эти всплески применены для решения интегро-дифференциальных уравнений второго порядка.

Пусть ϕ_1 и ϕ_2 кубические сплайны вида [8, 9]:

$$\phi_1(x) = (x+1)^2(1-2x)\chi_{[-1,0]}(x) + (1-x)^2(1+2x)\chi_{[0,1]}(x),$$

$$\phi_2(x) = (x+1)^2 \mathrm{x}\, \chi_{[-1,0]}(x) + (1-x)^2 \mathrm{x}\, \chi_{[0,1]}(x),$$

где $\chi_{[a,b]}(x)$ – характеристическая функция, $\chi_{[a,b]}(x) = 1$, при $x \in [a,b]$ и $\chi_{[a,b]}(x) = 0$, при $x \notin [a,b]$.

Множество $\Phi_n := \{\phi_1(2^n \cdot - j) : j = 0,1,...,2^n\} \cup \{\phi_2(2^n \cdot - j)|_{(0,1)} : j = 1,...,2^n - 1\}$, является базисом для пространства V_n. Элементы множества Φ_n обозначим через $\{v_1,...,v_2^{n+1}\}$.

Множество всплесков обозначим через Ψ_n:

$$\Psi_n := \{\psi_1(2^n \cdot - j) : j = 0,1,...,2^n\} \cup \{\psi_2(2^n \cdot - j)|_{(0,1)} : j = 1,...,2^n - 1\}.$$

Пространство, натянутое на множество всплесков, обозначим через W_n. Нетрудно заметить, что размерность этого пространства $\dim(W_n) = 2^{n+1}$.

Всплески ψ_1, ψ_2 конкретизируются ниже.

В работе [6] доказано следующее равенство:

$$\int_0^1 w'(x)v'(x)dx = 0,\ \forall w \in \Psi_n,\ \forall v \in \Phi_n. \tag{1}$$

Пересечение пространств сплайнов V_n и всплесков W_n не пустое, т.е. $V_n \cap W_n = \{0\}$. Как отмечено выше, размерности этих пространств $\dim(V_n) = 2^{n+1}$, $\dim(W_n) = 2^{n+1}$ и если учитывать, что сумма $V_n + W_n \subseteq V_{n+1}$ то

$$\dim(V_n + W_n) = \dim(V_n) + \dim(W_n) = 2^{n+1} + 2^{n+1} = 2^{n+2} = \dim(V_{n+1}).$$

Отсюда получаем, что $V_{n+1} = V_n \oplus W_n$, т.е. $V_{n+1} = V_n \oplus W_n$, $V_n = V_{n-1} \oplus W_{n-1}$, ..., $V_3 = V_2 \oplus W_2$, $V_2 = V_1 \oplus W_1$. Таким образом, получаем разложение пространства $H_1^1(0,1)$:

$$H_1^1(0,1) = V_1 \oplus W_1 \oplus W_2 \oplus \dots .$$

Как отмечено выше, $\Phi_1 = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$; а элементы множества вейвлетов Ψ_n обозначим через $\Psi_n = \{w_2^{n+1}, \dots, w_2^{n+2}\}$, $n \in \mathbf{N}$.

Теперь приступим к построению базиса Рисса.

Введем обозначение, пусть $g_k := v_k / \|v'_k\|_2$ при $k = 1,2,3,4$ и $g_k := w_k / \|w'_k\|_2$ при $k > 4$. Тогда $\|g'_k\|_2 = 1$ при $n \in \mathbf{N}$. Последовательность $(g'_k)_{k \in \mathbf{N}}$ является последовательностью Рисса в $L_2(0,1)$ [8, 9].

Очевидно, что эрмитовы кубические сплайны ϕ_1 и ϕ_2 удовлетворяют условиям

$$\phi_1, \phi_2 \in C^1[0,1], \phi_1(0) = 1, \phi'_1(0) = 0, \phi_2(0) = 0, \phi'_2(0) = 1.$$

Поэтому эрмитова интерполяция для непрерывно дифференцируемой функции в оси $f \in C^1(R)$ имеет следующий вид:

$$u = \sum_{j \in Z} f(j)\varphi_1(\cdot - j) + f'(j)\varphi_2(\cdot - j),$$

где $u(j) = f(j),\ u'(j) = f'(j),\ j \in Z$.

Пусть пространство S представляет собой инвариантное пространство сдвигов, порожденное сплайнами ϕ_1 и ϕ_2. В таком случае, функция g принадлежит пространству S тогда и только тогда, когда существуют две последовательности b_1, b_2 на множестве целых чисел $\mathbf{Z}$, для которых выполняется равенство [8, 9]:

$$g = \sum_{j \in Æ} \left[b_1(j)\varphi_1(\cdot - j) + b_2(j)\varphi_2(\cdot - j) \right].$$

Пусть $S_1 = \{g(2\cdot): g \in S\}$, тогда $S \subset S_1$. Мы ищем пространство всплесков W, для которого выполняется условие $S_1 = S \oplus W$, т.е. «дополняет» пространство S до S_1. Мы ищем два всплеска ψ_1, ψ_2, сдвиги которых порождают пространство всплесков W. Учитывая (1), также требуем выполнение равенств

$$< \psi'_1, \phi'_1(\cdot - j) > = < \psi'_2, \phi'_1(\cdot - j) > = 0,\ j \in Z,$$

$$< \psi'_1, \phi'_2(\cdot - j) > = < \psi'_2, \phi'_2(\cdot - j) > = 0,\ j \in Z. \tag{2}$$

Для этой цели нам необходимо вычислить скалярное произведение производных сдвигов кубических эрмитовых сплайнов ϕ_1 и ϕ_2. Заметим, что

$$\phi'_1(x) = -6x(x+1)\chi_{[-1,0]}(x) + 6x(x-1)\chi_{[0,1]}(x),$$

$$\phi'_2(x) = (1+x)(1+3x)\chi_{[-1,0]}(x) + (1-x)(1-3x)\chi_{[0,1]}(x).$$

Предположим, что искомые всплески имеют вид

$$\psi(x) = \sum_{k \in Æ} \left[b_1(k)\varphi_1(2x-k) + b_2(k)\varphi_2(2x-k) \right],\ x \in \mathbf{R}.$$

Вычисляя скалярное произведение с производными, получим

$$20 < \psi', \phi'_1(\cdot - \mathrm{j}) >= -21b_1(2\,\mathrm{j}-2) + 42b_1(2\,\mathrm{j}) - 21\mathrm{b}_1(2j+2) - 3b_2(2j-2) + 4b_2(2j-1) -$$

$$-4b_2(2j+1) + 3b_2(2j+2),$$

$$120 < \psi', \phi'_2(\cdot - j) >= 33(b_1(2j-2) - b_1(2j+2)) - 60(b_1(2j-1) - b_1(2j+1)) +$$

$$+4(b_2(2j-2) + b_2(2j+2)) - 12(b_2(2j-1) + b_2(2j+1)) + 28b_2(2j).$$

Чтобы найти неизвестные коэффициенты, введем преобразование Лапласа последовательностей b_1, b_2 на множестве целых чисел. Здесь положительная или отрицательная степень z означает сдвиг на один шаг по шаблону узлов эрмитового сплайна вправо или влево. Тогда

$$q_{11}(z) = \sum_{j\in Z} b_1(2j+1) z^{2j+1}, \quad q_{12}(z) = \sum_{j\in Z} b_1(2j) z^{2j},$$

$$q_{21}(z) = \sum_{j\in Z} b_2(2j+1) z^{2j+1}, \quad q_{22}(z) = \sum_{j\in Z} b_2(2j) z^{2j}.$$

Составляем функциональное уравнение. Решение функционального уравнения

$$Q(z)q(z) = 0,$$

где $z \in C\backslash\{0\}$, $j \in \mathrm{Z}$, $q(z) = colon\{q_{11}(z)\ q_{12}(z)\ q_{21}(z)\ q_{22}(z)\}$,

$$Q(z) = \begin{pmatrix} 0 & -21z^2 + 42 - 21z^{-2} & 4z - 4z^{-1} & -3z^2 + 3z^{-2} \\ -60z + 60z^{-1} & 33z^2 - 33z^{-2} & -12z - 12z^{-1} & 4z^2 + 28 + 4z^{-2} \end{pmatrix},$$

будет означать, что скалярное произведение с производными равняется нулю, т.е.

$$< \psi', \phi'_m(\cdot - \mathrm{j}) >= 0,\ m = 1, 2.$$

Решая функциональное уравнение, находим два линейно независимых решения:

$$q_{11}(z) = -2z^{-1} - 2z,\ q_{12}(z) = 4,\ q_{21}(z) = -21z^{-1} + 21z,\ q_{22}(z) = 0;$$

и

$$q_{11}(z) = z^{-1} - z,\ q_{12}(z) = 0,\ q_{21}(z) = 9z^{-1} + 9z,\ q_{22}(z) = 12.$$

Эти два решения порождают искомые всплески ψ_1, ψ_2, их также называют материнскими всплесками:

$$\psi_1(x) = -2\phi_1(2x+1) + 4\phi_1(2x) - 2\phi_1(2x-1) - 21\phi_2(2x+1) + 21\phi_2(2x-1),$$

$$\psi_2(x) = \phi_1(2x+1) + \phi_1(2x-1) + 9\phi_2(2x+1) + 12\phi_2(2x) + 9\phi_2(2x-1).$$

Носителями построенных всплесков ψ_1, ψ_2 является отрезок от –1 до 1, они удовлетворяют условию (2), и их сдвиги генерируют пространство всплесков W, так что S_1 является прямой суммой S и W. Кроме того, ψ_1 – симметричен, а ψ_2 – антисимметричен.

Теперь мы построим всплеск-базис в пространстве $H_1^1(0,1)$ из этих сплайн-всплесков. Пусть выполняется равенство (1) и $v \in V_1$, $w_n \in W_n, n \in N$, тогда имеем, что для любого натурального n выполняется соотношение

$$< v', \mathrm{w}'_n >= 0,\ < w'_m, \mathrm{w}'_n >= 0,\ m \neq n.$$

Отсюда, получаем равенство

$$\left\| v' + \sum_{n=1}^{\infty} w'_n \right\|^2_{L_2(0,1)} = \|v'\|^2_{L_2(0,1)} + \sum_{n=1}^{\infty} \|w'_n\|^2_{L_2(0,1)}.$$

Пусть, при $n \in N$, $0 < x < 1$:

$$\psi_{n,j}(x) = \frac{1}{\sqrt{307,2}} 2^{-n/2} \psi_2\left(2^n x - \frac{j}{2}\right), \text{ при } j = 2,4,...,2^{n+1} - 2,$$

$$\psi_{n,j}(x) = \frac{1}{\sqrt{1459,2}} 2^{-n/2} \psi_1\left(2^n x - \frac{j-1}{2}\right), \text{ при } j = 3,5,...,2^{n+1} - 1,$$

$$\psi_{n,1}(x) = \frac{1}{\sqrt{729,6}} 2^{-n/2} \psi_1\left(2^n x\right), \quad \psi_{n,2^{n+1}}(x) = \frac{1}{\sqrt{729,6}} 2^{-n/2} \psi_1\left(2^n x - 2^n\right),$$

$$\varphi_{1,1}(x) = \sqrt{\frac{5}{12}} \varphi_1(2x), \quad \varphi_{1,2}(x) = \sqrt{\frac{5}{24}} \varphi_1(2x-1),$$

$$\varphi_{1,3}(x) = \sqrt{\frac{5}{12}} \varphi_1(2x-2), \quad \varphi_{1,4}(x) = \sqrt{\frac{15}{8}} \varphi_2(2x-1).$$

Тогда имеем

$$\left\|\psi'_{n,j}\right\|_{L_2(0,1)} = 1, \; j = 1,...,2^{n+1}, \quad \left\|\phi'_{1,j}\right\|_{L_2(0,1)} = 1, \; j = 1,2,3,4.$$

Ясно, что пространство V_1 разлагается на $\phi_{1,1}, \phi_{1,2}, \phi_{1,3}, \phi_{1,4}$. Отсюда следует, что $H_1^1(0,1)$ разлагается на $g_1, g_2, ..., g_{2^{n+1}}$, здесь $g_1 = \phi_{1,1}$, $g_2 = \phi_{1,2}$, $g_3 = \phi_{1,3}$, $g_4 = \phi_{1,4}$, $g_{2^{k+1}+j} = \psi_{k,j}$, $k = 1, 2,..., n-1$, $j = 1,\ldots,2^n$.

Нетрудно доказать, что $\left(\psi'_{n,j}\right)_{n \in N, 1 \le j \le 2^{n+1}}$ является базисом Рисса в $L_2(0,1)$, или можно посмотреть [6].

Применение. В этом разделе мы используем построенные всплески для решения дифференциальных уравнений второго порядка вида

$$-\frac{d^2u}{dx^2} + p(x)\frac{du}{dx} + q(x)u(x) = f(x), \quad 0 < x < 1, \tag{3}$$

с граничным условием Неймана

$$u'(0) = u'(1) = 0, \tag{4}$$

где $p, q, f \in C[0,1]$. Коэффициенты уравнения (4) удовлетворяют условиям: $0 \le p(x) \le c_3$, $0 \le q(x) \le c_4$, $x \in [0,1]$.

Если $q(x) \equiv 0$, то для разрешимости задачи (3)–(4) требуем выполнение условия

$$\int_0^1 f(x)\,dx = 0.$$

Введем билинейную форму $a(u, v)$:

$$a(u,v) = \int_0^1 u'(x)v'(x)\,dx + \int_0^1 p(x)u'(x)v(x)\,dx + \int_0^1 q(x)u(x)v(x)\,dx,$$

где $u, v \in H_1^1(0,1)$.

Учитывая билинейную форму, задачу (3)–(4) можно записать в виде

$$a(u,v) = \langle f, v \rangle, \; \forall v \in H_0^1(0,1).$$

Отсюда получаем задачу Галеркина:

Найти $u_n \in V_n$, для которых выполняется равенство

$$a(u_n, v) = \langle f, v \rangle \; \forall v \in V_n. \tag{5}$$

Задача (5) имеет единственное решение [10]. Мы будем использовать выше построенное множество всплесков $G = \{g_1,\ldots,g_{2^{n+1}}\}$ как базис для пространства V_n. Тогда задача (5) дискретизируется следующим образом:

$$\sum_{k=1}^{2^{n+1}} a\left(g_j, g_k\right)c_k = \left\langle g_j, f\right\rangle, \qquad j = 1,\ldots,2^{n+1}.$$

Введем обозначение $A_n = \left(a\left(g_j, g_k\right)\right)_{1\le j,k\le 2^{n+1}}$.

Экспериментальная часть. Ниже привели применение построенных базисных всплесков G_n к конкретным дифференциальным уравнениям.

Вычисления проведены в системе MathCad 15.

Пример 1. $-u'' + u = 2t^3-3t^2-12t + 6$, $u'(0) = u'(1) = 0$.

Точное решение $u(t) = 2t^3-3t^2$,

численное решение $u_{16}(t) = -5{,}821\times10^{-6}g_1(t)-1{,}095g_2(t)-1{,}549g_3(t)-0{,}548g_4(t)-$

$$-1{,}736\times10^{-7}g_5(t)-2{,}021\times10^{-11}g_6(t) + 1{,}742\times10^{-7}g_7(t) + 6{,}122\times10^{-7}g_8(t) +$$

$$+ 2{,}205\times10^{-6}g_9(t) + 3{,}702\times10^{-7}g_{10}(t) + 1{,}044\times10^{-6}g_{11}(t) + 9{,}274\times10^{-7}g_{12}(t) +$$

$$+ 5{,}646\times10^{-7}g_{13}(t)-1{,}312\times10^{-6}g_{14}(t) + 3{,}148\times10^{-6}g_{15}(t) + 4{,}187\times10^{-7}g_{16}(t);$$

$$\|u(t)-u_4(t)\|_2 = 3{,}933\times10^{-6},\ \|u(t)-u_8(t)\|_2 = 3{,}933\times10^{-6},\ \|u(t)-u_{16}(t)\|_2 = 3{,}933\times10^{-6},$$

$$C(A_4) = 19{,}69;\ C(A_8) = 19{,}69,\ C(A_{16}) = 19{,}69.$$

Пример 2. $-u'' + e^t u = \pi^2\cos(\pi t) + e^t\cos(\pi t)$, $u'(0) = u'(1) = 0$.

Точное решение $u(t) = \cos(\pi t)$,

численное решение $u_8(t) = 1{,}556g_1(t)-2{,}771\times10^{-6}g_2(t)-1{,}556g_3(t)-1{,}179g_4(t)-$

$$-0{,}026g_5(t) + 5{,}798\times10^{-7}g_6(t) + 0{,}026g_7(t) + 0{,}029g_8(t);$$

$$\|u(t)-u_4(t)\|_2 = 2{,}389\times10^{-3},\ \|u(t)-u_8(t)\|_2 = 2{,}092\times10^{-4},\ \|u(t)-u_{16}(t)\|_2 = 1{,}468\times10^{-5},$$

$$C(A_4) = 1{,}723;\ C(A_8) = 2{,}342,\ C(A_{16}) = 3{,}201.$$

Пример 3. $-u'' + u' + u = t^4 + 2t^3-17t^2 + 14t-2$, $u'(0) = u'(1) = 0$.

Точное решение $u(t) = t^2(1-t)^2$,

численное решение: $u_8(t) = 3{,}502\times10^{-3}g_1(t) + 0{,}142g_2(t) + 3{,}331\times10^{-3}g_3(t)-1{,}503\times10^{-5}g_4(t)-$

$$-0{,}019g_5(t)-0{,}026g_6(t)-0{,}019g_7(t) + 5{,}576\times10^{-5}g_8(t);$$

$$\|u(t)-u_4(t)\|_2 = 1{,}37\times10^{-3},\ \|u(t)-u_8(t)\|_2 = 1{,}528\times10^{-4},\ C(A_4) = 20{,}9;\ C(A_8) = 21{,}21.$$

Следует отметить, что численные результаты показывают, что точность улучшается с повышением n. И значение n не влияет на число обусловленности матрицы A_n.

Работа выполнена при поддержке МОиН КР.

Список литературы

1. Grossmann A., Marlet J. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. SIAM J. Math. Anal. 1984. no. 15. P. 723–736. DOI: 10.1137/0515056.

2. Шумилов Б.М. О сплайн-вейвлетах, полуортогональных с производными, и алгоритме с расщеплением // Сиб. журн. вычисл. матем. 2017. Т. 20. № 1. С. 107–120. DOI: 10.15372/SJNM20170108.

3. Сулайманов З.М., Шумилов Б.М. Алгоритм с расщеплением вейвлет-преобразования кубических сплайнов на неравномерной сетке // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2017. Т. 57. № 10. С. 1600–1614. DOI: 10.7868/S004446691710012X.

4. Демьянович Ю.К., Пономарев А.С. О реализации сплайн-всплескового разложения первого порядка // Численные методы и вопросы организации вычислений. XXIX, Зап. научн. сем. ПОМИ. 2016. № 453. С. 33–73.

5. Субботин Ю.Н., Черных Н.И. Интерполяционные всплески в краевых задачах // Тр. ИММ УрО РАН. 2016. Т. 22. № 4. С. 257–268. DOI: 10.21538/0134-4889-2016-22-4-257-268.

6. R.-Q. Jia, S.-T. Liu. Wavelet bases of Hermite cubic splines. Adv. Comput. Math. 2006. no. 25. P. 23–39.

7. Турсунов Д.А. Применение эрмитовых мультивейвлетов седьмой степени для решения дифференциальных уравнений четвертого порядка // Известия АлтГУ. 2013. С. 72–75.

8. Турсунов Д.А. Применение сплайн-вейвлетов для решения интегро-дифференциальных уравнений // Известия АлтГУ. 2011. С. 42–44.

9. Турсунов Д.А., Эшаров Э.А., Бекмуратов А.Т. Численное решение интегро-дифференциальных уравнений с помощью эрмитовых сплайн-вейвлетов // Вестник КРСУ. 2010. Т. 10. № 9. С. 140–142.

10. Brenner S.C., Scott L.R. The Mathematical Theory of Finite Element Methods (Texts in Applied Mathematics). Volume 15: 3rd ed. Springer-Verlag New York. 2008. 400 p. DOI: 10.1007/978-0-387-75934-0.

УДК 004.032.26

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ ПО РИСУНКУ ВНУТРЕННЕЙ СТОРОНЫ ЛАДОНИ ПОСРЕДСТВОМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Понкратов А.Ю., Лобов Д.В., Осауленко Р.Н.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, e-mail: veteri@mail.ru

Целью исследования в данной работе являлась идентификация личности по рисунку внутренних линий кисти руки посредством искусственной нейронной сети. В качестве образцов выступали ладони десяти человек. Прикладная часть работы заключалась в сборе и компьютерной обработке изображений ладоней, программировании работы искусственной нейронной сети на базе многослойного персептрона, ее обучении и анализе результатов ее работы. В ходе исследования был разработан способ обработки фотографий ладони для выделения сгибательных линий. Рабочие разрешения изображений областей ладони: от 30x30 до 200x200 пикселей. Также было написано программное обеспечение, позволяющее искать конфигурации нейросети, способные обучаться распознавать рисунок ладони человека. Для организации искусственной нейронной сети использовалась открытая библиотека функций машинного обучения «TensorFlow» компании «Google». Данная библиотека позволяет упростить процесс построения и развертывания нейронной сети. В результате проведенного исследования была доказана возможность применения искусственной нейронной сети для проведения биометрической идентификации. Были получены оптимальные параметры нейронной сети при разрешениях образцов до 75x75 точек при приемлемом времени обучения.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, искусственная нейронная сеть, программирование, сгибательные линии ладони, многослойный персептрон

PERSONAL IDENTIFICATION BY THE INNER SIDE PALM THROUGH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Ponkratov A.Yu., Lobov D.V., Osaulenko R.N.

Petrozavodsk State University, Петрозаводск, e-mail: veteri@mail.ru

The aim of the study in this paper was to identify a person by the lines of his palm through an artificial neural network. The palms of ten different people served as samples. The applied part of the work consisted in the collection and computer processing of images of palms, programming the work of an artificial neural network based on a multilayer perceptron, its training and analysis of the study results. During the study, a method of processing images of the palm was developed to highlight the palm lines. Working resolution of palm images: from 30x30 to 200x200 pixels. Software has also been written that allows you to search for neural network configurations that can be trained to recognize a person's palm pattern. The program used – «Google TensorFlow», an open program library for machine learning designed to solve the problems of building and training a neural network in order to automatically find and classify images. As a result, the possibility of using an artificial neural network for biometric identification was proved. The optimal parameters of the neural network were obtained at sample resolutions of up to 75x75 points with optimal training time.

Keywords: biometric identification, artificial neural network, programming, palm flexor lines, multilayer perceptron

Основным инструментом взаимодействия в информационном обществе являются ЭВМ и сети коммуникаций. Вопрос идентификации человека является актуальной проблемой современного «виртуального» мира, так как установление личности человека необходимо для обмена конфиденциальной и личной информацией.

Существует много различных способов подтверждения личности (использование электронно-цифровой подписи, пара «логин – пароль», подтверждения по SMS или по электронной почте и т.п.). Биометрическая идентификация – это способ или набор способов персональной идентификации личности человека, основанный на использовании его уникальных биометрических параметров (идентификаторов). При использовании биометрии аутентификация и идентификация происходят одновременно. При этом нет необходимости запоминать, хранить и защищать логин и пароль или физический носитель с цифровой подписью.

Самым распространенным и наиболее известным методом определения личности человека является дактилоскопия. Она позволяет идентифицировать человека по отпечаткам пальцев или по отпечаткам ладоней рук на основе папиллярных линий.

Кисть – очень подходящий объект в качестве носителя биометрической информации. Потому аутентификация субъекта по рисунку вен ладони распространена в качестве тем научных исследований в данной области. Например, популярность данной темы подкреплена успешным применением данной технологии в крупнейших банках [1]. В научных работах, посвященных данной теме, удалось создать технические устройства идентификации личности и достичь высокого качества распознавания [2–4].

Также перспективно выглядит метод биометрической идентификации по изображению внешней стороны кисти руки. При таком методе распознавания не требуется конструировать техническое устройство для получения биометрической характеристики, достаточно лишь наличия устройства фиксации изображения (фотоаппарат или его аналог) и аппаратных и программных средств для его обработки [5].

Несправедливо, на наш взгляд, недостаточное внимание к внутренней стороне кисти, имеющей неповторимый «отпечаток» папиллярных линий. В отличие от большинства животных, у которых линии на руке бессистемны, – у человека присутствует строгая системность в их расположении. Также сгибательные линии ладони можно считать не менее защищенной биометрической характеристикой, нежели отпечаток пальца.

Во времена активного развития области машинного обучения нельзя не обратить внимание на способность искусственной нейронной сети (ИНС) распознавать различные по своей природе объекты и выделять и запоминать совокупности признаков этих объектов. С помощью нейронной сети можно добиться запоминания биометрических характеристик и аутентифицировать их с данными о конкретном субъекте. Применение искусственной нейронной сети для биометрии становится особенно востребованным на фоне появления специализированных нейронных сопроцессоров, встроенных в обычные современные телефоны [6–8].

Цель исследования: выявление параметров возможности проведения биометрической аутентификации личности посредством искусственной нейронной сети (ИНС). В качестве биометрической характеристики использовался рисунок линий внутренней стороны ладони.

Основные задачи, решаемые в данной работе:

– разработка способа преобразования фотографий ладоней к виду, готовому для восприятия искусственной нейронной сетью;

– выбор топологии ИНС и обозначение диапазонов значений ее параметров;

– написание программы перебора большинства возможных значений признаков нейронной сети для обучения выявлению ладоней конкретных субъектов;

– проведение тестирования распознавания на каждой конфигурации сети;

– анализ результатов и выявление значений параметров ИНС, показавших наилучшие результаты.

Материалы и методы исследования

В работе применялся метод биометрической идентификации по изображению внутренней стороны ладони. При таком методе распознавания отсутствует необходимость конструировать техническое устройство для получения биометрической характеристики. Для получения биометрических признаков из фотографий кисти можно применять фильтры для распознавания границ объектов (например, двумерный фильтр Габора). После получения совокупности признаков необходимо сравнить полученный результат с имеющимися в базе и сделать вывод об уровне успешности идентификации. Теоретически, при использовании такого метода аутентификации возможен высокий уровень распознавания, сопоставимый с методом дактилоскопии [5, 9].

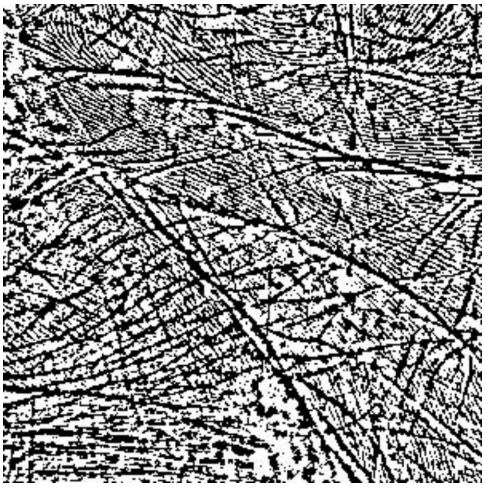
В настоящей работе используются методы машинного обучения, в частности методы ИНС. Они расширяют возможности ассоциативно запоминать информацию и распознавать образы разной степени сложности и в больших количествах. Сгибательные линии так же, как и папиллярные линии, обладают относительной устойчивостью и уникальностью.

Результаты исследования и их обсуждение

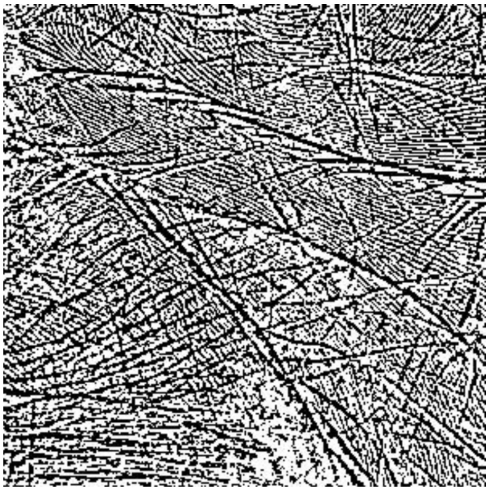
В качестве языка программирования выбирался Python; библиотекой для обработки изображений служил OpenCV [10]; в качестве библиотеки для построения ИНС – Google TensorFlow [7].

Для корректного обучения и проверки работы искусственной нейронной сети в качестве образцов были выбраны одинаковые области внутренней стороны кисти разных людей. Для каждого идентифицируемого человека использовались две фотографии с максимальным количеством четких линий. При этом выбранные фотографии имели отличия в положении пальцев, ладони, запястья для имитации реальных условий идентификации; затем все фотографии были выровнены по третьей фаланге указательного пальца, выставив его левую границу вертикально; далее на фотографиях ладони была выделена (методом кадрирования) область с наибольшим количеством сгибательных линий и затем полученное изображение приводилось к различным размерностям (30x30, 50x50, 75x75, 100x100, 150x150, 200x200) с обесцвечиванием в оттенках серого. Все преобразования проводились посредством стандартных функций библиотеки OpenCV [10].

Выделение линий на изображении ладони осуществлялось с помощью пороговой функции «ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C» из библиотеки OpenCV. На рисунке изображены примеры работы адаптивной функции «ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C» в сравнении с «ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C» с уже подобранными параметрами.



adaptiveMethod =
ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C
blockSize = 11
C = 1



adaptiveMethod =
ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C
blockSize = 11
C = 1

Примеры обработки изображений с выбранными параметрами

Таблица 1

Количество конфигураций ИНС с успешным распознаванием ладони

Параметры	1	2	3	4	5	6
Разрешение образцов	30x30	50x50	75x75	100x100	150x150	200x200
Кол-во конфигураций ИНС с успешным распознаванием	252	266	160	44	23	15

В качестве базы изображений для анализа с помощью ИНС дополнительно были подготовлены образцы (по десять штук), искусственно искаженные с помощью аффинного преобразования (поворота) для создания дополнительного препятствия распознавания изображений.

Одним из наиболее распространенных видов ИНС является многослойный персептрон. Его топология представляет собой многослойную сеть с полными и прямыми связями. Этот вид сети прост и в то же время универсален [6].

Использование библиотеки Google TensorFlow [7] позволяет уделить максимальное внимание проектированию архитектуры ИНС, подготовке набора тестовых и обучающих образцов, выбору параметров и тестированию сети. При этом процессы, протекающие внутри искусственной нейронной сети, такие как суммирование весов, функции активации, вычисление ошибки и расчет новых весов, библиотека позволяет скрыть.

Приоритет параметров ИНС был выбран следующим:

– размер (разрешение) изображений (количество пикселей в плоскости изображения);

– кол-во образцов для обучения (размер тензора);

– кол-во слоев ИНС;

– кол-во нейронов в каждом слое;

– кол-во эпох обучения.

В результате работы созданной программы формируется модель ИНС с рассчитанными параметрами и проходит ее обучение. После этого с помощью тестовых образцов выполняется проверка, а ее результаты записываются в файл отчета. Вначале были исследованы шесть моделей ИНС, каждая из которых имела различные размеры изображений (разрешений). На первом этапе полученные файлы отчетов с результатами идентификации анализировались с целью определения параметров ИНС, при которых показатель качества аутентификации тестового и обучающего образцов класса «идентифицируемая личность» имел максимальные значения. В этом случае качество отождествления образцов класса «другая личность» было минимальной величиной. Результаты проведенного анализа размещены в табл. 1, где представлено количество успешных распознаваний в зависимости от разрешения изображения.

Таблица 2

Параметры, отобранные для ИНС

Разрешение образцов	Множитель образцов для обучения	Количество случайных образцов	Количество нейронов	Количество слоев	Количество эпох
30x30	1, 3, 5, 7, 9	11–99	30	2	25–1500
50x50	1, 3, 5, 7, 9	11–99	50	2	25–1500
75x75	1, 7, 9	11	50	2	25–1500
100x100	1	11	100, 150, 200	2	25–900
100x100	1	11	150	3	75–1500
150x150	1	11	150, 200	3	25–1500
150x150	1	11	200	4	25–1500
200x200	1	11	200, 250	4	25–1500

Из данных в табл. 1 видно, что число успешных распознаваний уменьшается с увеличением разрешения изображения. Это свидетельствует о том, что улучшение качества изображения образцов ведет к росту сложности разделения классов ИНС. Однако в ходе исследования удалось обнаружить такие конфигурации, которые позволяют провести успешную идентификацию ладони для двух классов даже при использовании разрешения 200x200. Следующим шагом был поиск и выделение непрерывных диапазонов значений параметров ИНС, при которых число успешных распознаваний было наибольшим. Результаты выбора параметров представлены в табл. 2. Указанные в таблице значения позволяют подобрать условия и провести обучение ИНС так, чтобы аутентификация личности по рисунку линий ладони проходила наиболее успешно. Данные параметры будут считаться универсальными, если столь же успешная идентификация будет осуществляться и в ходе применения их для идентификации других людей, ладони которых будут выбраны в качестве образцов для обучения.

Контрольное тестирование выбранных диапазонов значений параметров ИНС состояло в проверке обучения нейронной сети с целью подтверждения независимости данных значений параметров от выбора ладони. В результате экспериментов с образцами разрешением 30x30 более 80% тестируемых комбинаций значений параметров сети (всего рассматривалось 90 комбинаций) успешно справились с идентификацией ладони любой из десяти личностей. Время обучения варьировалось в зависимости от комбинации – от 1 до 30 с. С увеличением разрешения образцов увеличиваются и отличия между изображениями ладони одного человека. Поэтому при увеличении разрешения изображений результат обучения будет хуже. Например, при работе с образцами разрешением 50x50 с идентификацией справились около 40% тестируемых комбинаций значений параметров сети. При этом было установлено, что наибольшую результативность при обучении (например, для разрешений 70x70 и более) нейронная сеть показывала с несколькими слоями при значении множителя образцов для обучения, равном 1.0. При данном значении этого параметра ИНС успешно прошла обучение уже на семи ладонях из десяти. В этом случае число неправильных распознаваний оказывалось минимальным. Ложные распознавания возникали только в случае малого количества эпох обучения. Однако при больших разрешениях изменение числа нейронов или увеличение количества слоев не оказывает существенного влияния на улучшение качества обучения.

Искусственная нейронная сеть для идентификации человека по рисунку линий его ладони имеет наиболее универсальную конфигурацию при значениях параметров, приведенных в табл. 3. При этом использовался сетевой оптимизатор типа «АДАМ». Образцы, выбранные для обучения ИНС, представляли собой 11 копий изображения одной и той же ладони при её повороте вправо и влево на один градус.

Таблица 3

Оптимальные параметры искусственной нейронной сети для проведения идентификации человека по рисунку линий ладони

Параметры ИНС	Значение
Разрешение образцов	75 на 75
Множитель образцов для обучения	1
Количество образцов, выбранных случайно	11
Количество нейронов в слое 1	50
Количество нейронов в слое 2	25
Количество нейронов в слое 3	12
Функция активации	RULU
Количество эпох	700
Время, затраченное на обучение, с	6

Заключение

Идентификация личности по линиям рисунка ладони с помощью искусственной нейронной сети возможна. Для этой сети необходимо определять оптимальные параметры, исходя из диапазона успешных конфигураций ИНС при разрешениях образцов до 75x75 точек. Данное разрешение позволяет провести обучение сети на любом количестве ладоней при оптимальном времени обучения.

Список литературы

1. Дремин А.В. Биометрические технологии по рисунку вен ладони. Решения для банков // Алгоритм безопасности. 2015. № 3. С. 52–54.

2. Матуров Р.Р., Мифтахова Л.Х. Биометрическая идентификация по рисунку вен ладони: материалы II Международного конкурса выпускных квалификационных и курсовых работ: сб. ст. Казань, 2017. С. 69–75.

3. Rajalakshmi M., Ganapathy V., Rengaraj R. Palm-dorsal vein pattern authentication using convoluted neural network (CNN). International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2017. Vol. 116. No. 23. P. 525–532.

4. Баранов С.О., Абрамов Д.Б. Система биометрической идентификации пользователя по рисунку вен ладони // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность! 2013. № 2. С. 006–008.

5. Чернышов В.Г. Метод биометрической идентификации по изображению внешней стороны ладони // Математические методы распознавания образов. 2017. № 18. С. 106–107.

6. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс. М.: «Вильямс», 2006. 1104 с.

7. Google TensorFlow: официальная документация библиотеки TensorFlow. 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://www.tensorflow.org/ (дата обращения: 16.04.2019).

8. Шевелев И. Зачем в мобильные процессоры встраивают нейронные сети // Pixel-Story.ru – сайт о мобильных технологиях. 2017. [Электронный ресурс]. URL: https://pixel-story.ru/2017/10/zachem-v-processory-vstavlyayut-nejronnye-seti (дата обращения: 16.04.2019).

9. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. М.: «Мир», 1992. 236 с.

10. OpenCV Documentation: официальная документация OpenCV. 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.opencv.org/3.3.0/index.html (дата обращения: 16.04.2019).

УДК 517.983:519.65

ПОЛУЧЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ, ОПИСЫВАЕМЫХ ЛИНЕЙНЫМИ ОПЕРАТОРНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

[1]Чекиров К.М., [2]Джумагулов К.Р.

[1]Международный Кувейтский университет, Бишкек;

[2]Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, Бишкек,

e-mail: kubat_djumagulov@inbox.ru

На сегодняшний день нельзя не заметить важность исследования некорректных задач абстрактного моделирования, так как многие процессы нашей жизнедеятельности могут описываться операторными (дифференциальными и интегральными) уравнениями. Прямые и обратные задачи, описываемые данными уравнениями, не всегда представляются корректными, и зачастую решения подобных задач не могут быть получены аналитически, или аналитическое решение настолько громоздко, что появляется необходимость поиска решения менее сложными методами приближенных решений. Поэтому данная работа посвящена обоснованию итерационных алгоритмов для решения задач, описываемых в абстрактной форме операторным уравнением первого рода, вида Ax = y. Предлагается оптимальный выбор параметра останова. Строится итерационный алгоритм, дающий оптимальное по порядку решение. Предлагаемая в данной работе функция риска имеет своеобразный прикладной характер, поскольку зачастую процессы, моделируемые и формализуемые в абстрактные математические формулы и уравнения, в полученной модели имеют погрешности, изучение которых важно и актуально в практическом смысле. Таким образом, построение приближенного решения методами итераций, нахождение оптимального решения поставленной задачи посредством изучения функции риска, а также установление правила прекращения поиска решения и остановки на оптимальном решении (правило останова) имеют место исследования в данной работе.

Ключевые слова: некорректная задача, решающая процедура, функция риска, метод итераций, приближенное решение, операторное уравнение

OBTAINING APPROXIMATE OPTIMAL SOLUTIONS OF PROBLEMS DESCRIBED BY LINEAR OPERATOR EQUATIONS

[1]Chekirov K.M., [2]Dzhumagulov K.R.

[1]International University of Kuwait, Bishkek;

[2]Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek, e-mail: kubat_djumagulov@inbox.ru

To date, it is impossible not to notice the importance of studying ill-posed abstract modeling problems, since many of our life processes can be described by operator (differential and integral) equations. Direct and inverse problems described by these equations are not always correct, and, often, the solution of such problems cannot be obtained analytically, or the analytical solution is so cumbersome that it becomes necessary to search for solutions using less complex methods of approximate solutions. Therefore, this paper is devoted to the justification of iterative algorithms for solving problems that are described in abstract form by an operator equation of the first kind, of the form Ax = y. An optimal selection of the stop parameter is proposed. An iterative algorithm is constructed that gives a solution that is optimal in order. The risk function proposed in this paper has a peculiar applied character, since, often, processes modeled and formalized into abstract mathematical formulas and equations, in the resulting model, have errors, the study of which is important and relevant in a practical sense. Thus, the construction of an approximate solution by iteration methods, finding the optimal solution of the problem by studying the risk function, as well as establishing the rule for stopping the search for a solution and stopping at the optimal solution (the stopping rule), there are studies in this work.

Keywords: incorrect problem, solving procedure, risk function, iteration method, approximate solution, operator equation

В силу некоторой априорной информации о неизвестном точном решении поставленная задача классифицируется как некорректная задача [1, 2]. И поскольку класс задач, поставленных некорректно, зачастую требует регуляризующих алгоритмов для получения тех или иных решений, то поиск решения задачи сводится к нахождению решающей процедуры, качество которой охарактеризовано так называемой функцией риска, или средней величиной погрешности решения. Получение оптимальных решений [3] приближенными методами – процесс достаточно трудоемкий. Поиск оптимальных решений задач, поставленных некорректно, чаще всего оборачивается итерационным процессом [4], который в свою очередь должен быть обеспечен нахождением правила останова, что вызывает трудности и громоздкость при попытке оценить погрешности [5]. Подобные итерационные процессы и проблемы поиска оптимальных решений детально изучены в научных исследованиях известных ученых, таких как А.М. Федотов, а также в работах В.П. Тананы [6], А.Б. Бредихиной [7], А.П. Гогина [8], К.М. Чекирова [9], Е. Чжана [10]. В силу своей актуальности исследования по итерационным процессам и некорректным задачам, а также по методам регуляризации встречаются во

многих других работах современных исследователей в области вычислительной математики. Основой для дальнейших рассуждений получения подобных оптимальных решений посредством итераций является изучение поведения исходных данных с аддитивными случайными погрешностями. Таким образом, получая ошибки в исходных данных, смоделированных случайными величинами и имеющих корреляционную взаимосвязь, имеем задачу, классифицируемую как некорректная задача и требующую нахождения решения методами регуляризации, в результате применения которых имеет место возникновение погрешности решения, или так называемой функции риска. В классе всех решающих процедур с указанной функцией риска требуется найти оптимальное решение, поиском и нахождением которого, и обусловлена актуальность и научная значимость данной работы.

Цель исследования: получение оптимального решения операторного уравнения первого рода в гильбертовом пространстве, посредством нахождения соответствующего вида оператора для множеств с регулярной границей. Наряду с этим построить оптимальный минимаксный алгоритм и задать способ построения регуляризующего алгоритма, а также параметра регуляризации для установки правила останова рассматриваемого итерационного процесса поиска решающей процедуры среди множества решающих процедур.

Материалы и методы исследования

В данной работе применены методы исследования операторных уравнений, операторы действуют в гильбертовых пространствах, исходные данные моделируются случайными величинами, то есть погрешности исходных данных заданы в соответствии с законами теории вероятностей и случайных величин. Использованы понятия нахождения решающей процедуры и функции риска, характеризующей качество решающей процедуры, итерационные методы нахождения оптимальных решений поставленной задачи посредством установки правила останова, а также модифицированный способ построения регуляризующего алгоритма получения оптимального решения и оценки их погрешностей.

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть задан класс задач, описываемый в абстрактной форме операторным уравнением первого рода вида

$$Ax = y, \tag{1}$$

где $A: X \to Y$ – линейный оператор, действующий в гильбертовых пространствах X, Y, x – искомый, а y – данный элементы. Будем предполагать, что исходные данные заданы с аддитивной случайной погрешностью, т.е. вместо точного значения исходных данных y известно

$$\tilde{y} = y + \xi. \tag{2}$$

Ошибки в задании исходных данных моделируются случайной величиной со значениями в пространстве Y с нулевым средним и заданным корреляционным оператором R, то есть

$$\begin{cases} M(\xi, u) = 0, \\ M\left[(\xi, u)(\xi, V)\right] = (Ru, V). \end{cases}$$

Для всех $u, V \in Y$ здесь M – математическое ожидание, (ξ, u) – скалярное произведение в пространстве Y. Относительно неизвестного точного решения уравнения (1) задана априорная информация вида

$$x \in W \subset X, \tag{3}$$

где W – компактное, абсолютно-выпуклое подмножество пространства решений X. Если оператор уравнения (1) не имеет ограниченного, то рассматриваемая задача относится к классу некорректно поставленных [1].

Следуя [2], произвольное отображение $d: Y \to X$ будем называть решающей процедурой для задачи (1)–(3). Качество произвольной решающей процедуры будем характеризовать ее функцией риска $R(x, d) = M\left\|d(Ax + \xi) - x\right\|^2$, то есть средней величиной погрешности решения при условии, что точное решения уравнения (1) равно x. Оптимальной решающей процедурой будем называть отображение d_0, для которого справедливо $\sup_{x \in W} R(x, d_0) \inf_d \min_{x \in W} R(x, d)$.

В монографии [2] доказано, что при выполнении основного ограничения на задачу (1)–(3)

$$A[W] \subset Ran(R^{1/2}). \tag{4}$$

В классе всех решающих процедур с конечной функцией риска существует оптимальная, а в классе всех линейных решающих процедур построена последовательность линейных операторов, минимизирующая функционал погрешности вида $\theta[L] = \sup_{x \in W} R(x, L)$.

Эта последовательность имеет вид

$$L_n = B_n (E + FB_n)^{-1} A^* R^{-1}, \tag{5}$$

где $F = A^* R^{-1} A$ – информационный оператор задачи, B – последовательность операторов конечного ранга, максимизирующих функцию.

$$\gamma(B) = tr(B(E + FB_n)^{-1}). \tag{6}$$

На множестве $T(W)$ – выпуклой оболочки семейства операторов единичного ранга $\{S_x\}_{x\in W}, S_x u = [u,x]x$. Как отмечено в [2], выполнение условия (4) достаточно для того, чтобы информационный оператор задачи $F = A^* R^{-1} A$ является непрерывным.

В некоторых частных случаях задача о максимизации функции (6) решается аналитически, например когда множество W – эллипсоид или параллелепипед в пространстве X (см. раздел 14 в [2]). В случае параллелепипеда оператор B, максимизирующий функцию (6), суть оператор, этот параллелепипед порождающий. Ограничимся в целях простоты изложения априорным множеством, заданным в виде параллелепипеда. Для рассматриваемой в дальнейшем задачи итерационного уточнения, это довольно-таки общий случай, так как параллелепипед характеризует покоординатную точность априорного приближения к решению. Численная реализация задачи построения минимизирующей последовательности сопряжена с целым рядом сложностей, возникающих из-за необходимости обращать матрицы достаточно высокого порядка, к тому же при малом уровне шума являющиеся плохо обусловленными.

В настоящей работе сделана попытка обойти трудности, связанные с обращением матриц, при помощи итерационного процесса, дающего приближение к оптимальному решению с учетом того, что априорное множество W не слишком велико.

Будем считать, что нам из каких-либо предварительных вычислений известно приближение $\tilde{x}$ к точному решению уравнения (1) и W – есть выпуклое центрально-симметричное множество с центром в $\tilde{x}$ (точность приближения $\tilde{x}$). Наша задача состоит в построении итерационного уточнения приближения $\tilde{x}$. Не ограничивая общности $\tilde{x}$, можно считать нулем пространства решения X.

Рассмотрим итерационный процесс вида

$$\begin{cases} x_0 - \tilde{x} = 0, \\ x_{n+1} = Vx_n + (1+V)A^{-1}\tilde{y}, \end{cases} \tag{7}$$

где V – оператор перехода итерационного процесса (7). Например, для метода простой итерации, рассмотренного для задачи (1)–(3) в работе [9], оператор $V_1 = E - \tau A^* A$, а процесс (7) превращается в

$$x_{n+1} = x_n + \tau A^*(Ax_n - \tilde{y}). \tag{8}$$

То есть в легко реализуемую вычислительную процедуру. Из широко используемых на практике итерационных процессов приведем еще процесс с оператором перехода $V_2 = (A+Q)^{-1}Q$, для которого процесс (7) примет вид

$$x_{n+1} = (A+Q)^{-1}Qx_n + (A+Q)^{-1}\tilde{y}. \tag{9}$$

Оператор Q выбирается из условий простоты обращения оператора $A + Q$. Итерационный процесс (9) порождает широко известное семейство регуляризованных, итерационных процессов.

В дальнейшем оператор перехода V будем выбирать из условия, что всегда определен оператор вида $(E - V_n)A^{-1}$.

Итерационный процесс (7) порождает семейство решающих процедур $\{dn\}_{n=1}^{\infty} : d_n(\tilde{y}) = x_n$. Функция риска решающей процедуры d_n порождаемой процессом (7), примет вид

$$R(x,d_n) = \left\|V^n x\right\|^x + tr((E-V^n)F^{-1}(E-V^n)^*).$$

Рассмотрим правило останова итерационного процесса (7). Будем выбирать оптимальное число итераций n_0 из следующих условий

$$n_0 = \max\{n : \sup_{x\in W}\left\|V^n x\right\|^2 \geq$$
$$\geq tr((E-V^n)F^{-1}(E-V^n)^2). \tag{10}$$

При данном выборе числа итераций максимальная погрешность оптимальной итерационной процедуры допускает оценку

$$\sup_{x\in W} R(x,d_{n_0}) \leq 2\sup_{x\in W}\left\|V^{n_0}x\right\|^2, \tag{11}$$

которая для параллелепипедного множества корректности W согласно [2] примет вид

$$\sup_{x\in W} R(x,d_{n_0}) \leq 2tr(V^{n_0}B(V^{n_0})^*). \tag{12}$$

В работе [7] было показано, что итерационный процесс (8) с $\tau \leq 1/\left\|A^*A\right\|$, если число итераций n_0 выбирать по правилу останова (10), определяет состоятельную решающую процедуру, т.е. $\lim\limits_{\delta\to 0}\sup\limits_{x\in W} R(x,d_0) = 0$, однако ее скорость сходимости для произвольного оператора Q будет меньше скорости сходимости оптимальной решающей процедуры (5).

Модифицируем теперь правило останова [9] так, чтобы итерационный процесс (7) определял оптимальную по порядку решающую процедуру, то есть имеющую ту же скорость сходимости к нулю при $\delta\to 0$ что и оптимальная линейная решающая процедура [9]. Далее, приняв во внимание (12), правила прекращения решения для процесса поиска оптимального решения, запишем в виде

$$n_0 = \max\{n : tr(V^n B(V^n)^* - (E-V^n)F^{-1}(E-V^n)^*) \leq 0\}. \tag{13}$$

Для простоты предположим, что оператор V – самосопряженный положительный и все операторы, входящие в представление (13), перестановочны. Определим следующее правило останова:

$$n_1 = \min\{n : V^n B^{1/2} < (E - V^n)F^{-1/2}\}. \quad (14)$$

Откуда следует, что $V^{n_1} < (B^{1/2}F^{1/2} + E)^{-1}$, следовательно

$$V^{n_1}B^{1/2} < B((B^{1/2}F^{1/2} + E)^2)^{-1} < B(BF + E)^{-1}.$$

Таким образом, $tr(V^{n_1}BV^{n_1}) \le tr(B(BF + E)^{-1})$, из правила (14) получаем

$$\sup R(x, d_1) \le 2tr((E - V^{n_1})F^{-1}(E - V^{n_1})) \le$$
$$\le 2tr(V^{(n_1-1)}BV^{(n_1-1)}) \le 2\left\|V^{-1}\right\|^2 tr(V^{n_1}BV^{n_1}) \le 2\left\|V^{-1}\right\|^2 tr(B(BF + E)^{-1}.$$

что гарантирует оптимальность по порядку итерационного процесса (7) с правилом останова (14). Очевидно, подобное правило останова можно определить и для неперестановочных операторов.

Следует отметить, что численная реализация итерационного процесса (7) значительно легче, чем реализация оптимальной линейной решающей процедуры, поскольку не требует обращений плохо обусловленных матриц, которые возникают при малых значениях мощности шума (мала величина $\|R\|$). Само правило останова можно существенно упростить, рассматривая неравенства для норм Гильберта – Шмидта, входящих в итерационный процесс матриц.

Для практической реализации наиболее удобен процесс вида (9) с матрицей $Q = B$ или $Q = \alpha E + B$, если B вырождена, $\alpha \ge 0$. Этот процесс требует для достижения момента останова значительно меньше итераций, чем процесс вида (8).

Отметим также, что правило останова (10) пригодно и для произвольного множества корректности W.

Заключение

В данной работе построены линейные оптимальные, регуляризующие и итерационные алгоритмы для построения приближенных решений задач, описываемых линейным операторным уравнением, исходные данные которой представлены приближенными значениями. И на основе рассмотрения понятия класса решающих процедур для данного уравнения вводится понятие функции риска решающих процедур, порождаемых итерационными процессами. Методом модификации правила останова существующей процедуры установлено правило останова для исследуемого итерационного процесса, посредством чего находится оптимальное по порядку решение поставленной задачи. Стоит отметить, что подобные алгоритмы могут быть применимы и для других некорректно поставленных задач с перестановочными операторами. Особенностью рассмотренных методов поиска приближенного решения является то, что вместе с получением решения мы также получаем и оценку его погрешности.

Данный итерационный процесс построен в попытке избежать сложностей при аналитических решениях задач подобного рода.

Список литературы

1. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука 1986. Изд. 3-е. 288 с.

2. Федотов А.М. Некорректные задачи со случайными ошибками в данных. Новосибирск: Наука, 1990. 279 с.

3. Бредихина А.Б. Исследование оптимальности метода проекционной регуляризации // Системы управления и информационные технологии. 2010. Т. 41. № 3. С. 70–72.

4. Гогин А.П., Карчевский М.М. Об одном итерационном методе для смешанных схем конечных элементов // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. 2011. Т. 153. № 4. С. 5–10.

5. Гогин А.П., Карчевский М.М. Об оценках погрешности одного варианта смешанного метода конечных элементов // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. 2013. Т. 155. № 2. С. 44–53.

6. Танана В.П., Бредихина А.Б. Об оптимальности одного обобщения метода М.М. Лаврентьева при решении уравнений с ошибкой в операторе // Труды института математики и механики УРО РАН. 2013. Т. 19. № 1. С. 258–263.

7. Бредихина А.Б. Исследование и оценки погрешности некоторых методов регуляризации линейных операторных уравнений и их приложения: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.07. Челябинск, 2013. 117 с.

8. Гогин А.П. Оценки точности и итерационные процессы для смешанных методов конечных элементов решения квазилинейных эллиптических уравнений: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.07. Казань, 2014. 108 с.

9. Чекиров К.М. Анализ задачи аналитического продолжения в круге с целью построения эффективных алгоритмов: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.07. Красноярск, 1995. 98 с.

10. Чжан Е. Методы решения линейных некорректных задач с априорной информацией и оценка погрешностей: дис. … канд. физ.-мат. наук: 01.01.03. Москва, 2014. 122 с.

СТАТЬИ

УДК 543.544.43

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СУБСТАНЦИИ АСД-2Ф ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

[1]Абдрахманов В.И., [2]Краснов В.Л., [3]Логутов В.И., [2]Орлов А.В., [4]Сахипов В.Р.

[1]ООО «Ареал Медикал», Москва, e-mail: abdrax-man@yandex.ru;
[2]Дзержинский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексеева, Дзержинск;
[3]Дзержинский филиал Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Дзержинск;
[4]ООО «Гамма-Хим НН», Дзержинск

Представлены результаты исследования субстанции АСД-2Ф методами газожидкостной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии. Подробно обсуждаются условия анализов. Обоснован выбор набора веществ-стандартов, которые могут быть и маркерами органических соединений, определяющих лечебно-профилактическое действие АСД-2Ф, и показателями качества субстанции. Установлено, что выдержка исходной субстанции при температуре 80 °С в течение трёх часов позволяет провести концентрирование органических веществ без их потери и добиться обнаружения в пробе значительного количества веществ, не обнаруживаемых без предварительного концентрирования. Показано, что совместное применение газожидкостной хроматографии с капиллярной колонкой ZB-FFAP и хромато-масс-спектрометрии с капиллярной колонкой HP-5 позволяет определить наличие около 170 пиков веществ, входящих в состав органической части субстанции АСД-2Ф. Найдена концентрация двадцати шести органических веществ-стандартов, входящих в состав органической части субстанции АСД-2Ф. Суммарное содержание этих веществ составляет около 50% от общего количества органических веществ в АСД-2Ф, причём более 40% составляют семь легкодоступных веществ-маркеров, среди которых четыре ациклических соединения (уксусная и масляная кислоты и их амиды) и три азотсодержащих гетероциклических соединения (2-пиперидинон; 5,5-диметилгидантоин и 5-метил-5-этил-гидантоин). Впервые установлено присутствие среди органических веществ субстанции значительного количества семи циклических дипептидов и их производных, таких как: 3,6-диметил-2,5-дикетопиперазин, 3-изопропил-6-метил-2,5-дикетопиперазин, 3,6-диизопропил-2,5-дикетопиперазин, 3,6-диизобутил-2,5-дикетопиперазин, 3-бензил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин, N-ацетил -3-метил-1,4-диазабицикло-[4.3.0]-нонан-2,5-дион, а также 1,3-Диметилдигидро-2,4(1Н,3Н)-пиримидиндион, и подтверждено наличие в препарате АСД-2Ф двух найденных ранее гетероциклических дипептидов пролина: 3-изобутил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазина и 5,10-диэтокси-2,3,7,8-тетрагидро-1Н,6Н-дипирроло-[1,2-а;1’,2’-d]-пиразина.

Ключевые слова: химический состав, антисептик-стимулятор Дорогова, субстанция АСД-2Ф, газожидкостная хроматография, хромато-масс-спектрометрия, вещества-стандарты

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE DRUG ASD-2F BY CHROMATOGRAPHIC METHODS

[1]Abdrakhmanov V.I., [2]Krasnov V.L., [3]Logutov V.I., [2]Orlov A.V., [4]Sakhipov V.R.

[1]limited Liabbility Company «Areal Medical», Moscow, e-mail: abdrax-man@yandex.ru;
[2]Dzerzhinsky Polytechnic Institute (branch) of Nizhny Novgorod state technical University named after R.E. Alekseev, Dzerzhinsk;
[3]Dzerzhinsky branch of Nizhny Novgorod state University named after N.I. Lobachevsky», Dzerzhinsk;
[5]Limited Liabbility Company «Gamma-Chim NN», Dzerzhinsk

The results of the study of the substance ASD-2F by gas-liquid chromatography and chromato-mass spectrometry are presented. A detailed discussion of the conditions of the tests. The choice of a set of substances-standards that can be markers of organic compounds that determine the therapeutic and preventive effect of ASD-2F, and indicators of the quality of the substance. It was found that the exposure of the initial substance at a temperature of 80 °C for three hours allows the concentration of organic substances without loss and to achieve detection in the sample of a significant amount of substances not detected without pre-concentration. It is shown that the combined use of gas-liquid chromatography with capillary column ZB-FFAP and chromatography-mass spectrometry with capillary column HP-5 allows to determine the presence of about 170 peaks of substances that are part of the organic part of the substance ASD-2F. The concentration of twenty-six organic substances-standards included in the organic part of the substance ASD-2F-was found. The total content of these substances is about 50% of the total amount of organic substances in ASD-2F, with more than 40% being seven readily available marker substances, among which four acyclic compounds (acetic and butyric acids and their amides) and three nitrogen-containing heterocyclic compounds (2-piperidinone; 5.5-dimethylgidantoin and 5-methyl-5-ethyl-gidantoin). First established a presence among the organic substances of the substance of a significant number of seven cyclic dipeptides and their derivatives, such as 3,6-dimethyl-2,5-diketopiperazine, 3-isopropyl-6-methyl-2,5-diketopiperazine, 3,6-diisopropyl-2,5-diketopiperazine, 3,6-diisobutyl -2,5-diketopiperazine, 3-benzyl – 1,6-propylene-2,5-diketopiperazine, N-acetyl -3-methyl-1,4 –diazabicyclo-[4.3.0]-nonen-2,5 – dione, and 1,3-dimethylbicyclo -2,4(1H,3H)-pyrimidinedione, and confirmed the presence of the drug ASD-2F two previously found heterocyclic dipeptides of proline such as 3-isobutyl-1,6-propylene-2,5-diketopiperazine and 5,10-diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrole-[1,2-a;1’,2’-d]-pyrazine.

Keywords: chemical composition, Dorogovs antiseptic-stimulator, substance ASD-2F, gas-liquid chromatography, chromatography-mass spectrometry, substances-standards

В настоящее время продолжает оставаться актуальным вопрос определения химического состава ветеринарной субстанции АСД-2Ф (в дальнейшем – субстанции).

Известно [1], что с химической точки зрения АСД-2Ф представляет раствор органических веществ – продуктов совместного пиролиза белков и жиров животного происхождения – в водно-аммонийном буферном растворе, причём именно их определение вызывает наибольшие затруднения.

Определенных успехов в решении данной задачи достигли авторы [2], обнаружившие методом хромато-масс-спектроскопии в составе органической части АСД-2Ф около 120 индивидуальных органических веществ. Однако отсутствие фактических данных по методике проведения эксперимента не позволяет в полной мере применять полученные результаты на практике.

Цель работы: исследование химического состава субстанции АСД-2Ф и её концентратов методами газожидкостной хроматографии и хромато-масс-спектроскопии.

Материалы и методы исследования

Во всех опытах использовали образцы субстанции АСД-2Ф, произведенной ООО «Ареал Медикал», а также образцы концентратов субстанции (в дальнейшем – органическая часть, или ОЧ), приготовленные по разработанному нами ранее способу [3].

Газожидкостная хроматография

Подготовку пробы субстанции АСД-2Ф проводили следующим образом: в пластиковую пробирку для центрифугирования объёмом 15 мл пипеткой помещали 0,5 г субстанции, после чего туда же добавляли 10 мл этанола. Ввиду образования суспензии из-за выпадения осадка углеаммонийных солей пробирку центрифугировали в течение 10 мин при скорости вращения 3500–3900 об/мин, после чего из осветлённой части отбирали пробу для анализа.

ОЧ получали концентрированием органических веществ субстанции в соответствии с [3] упариванием образцов исходной субстанции в электрическом шкафу при температурах 60, 80, 100 °С до прекращения убыли веса. Масса органической части обычно составляла 5,5÷7 % от исходной при времени нагрева от 2,5 ч (для 100 °С) до 10 ч (для 60 °С).

После окончания упаривания готовили раствор концентрата (ОЧ) в этаноле из расчёта 10 мл растворителя на 0,5 г подготовленной пробы.

В качестве стандартов использовали реактивы с содержанием основного вещества не менее 95,0 %, причём значительное количество составили стандартные образцы для хроматографии, закупленные в российских фирмах. Такие вещества, как 2-пироллидинон, 2-пиперидинон, 3-метилбутанамид, 2-амино-3-метилпиридин, 5,5-диметилгидантоин, 5-этил-5-метилгидантоин, произведённые Acros Organics, 3-изобутил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин, произведенный фирмой Santa Crus Biothechnology, были предоставлены НВЦ «Агроветзащита».

Исследование проводили на хроматографе Хроматэк-Кристалл-5000.1 2003 г. выпуска в комплектации: испаритель капиллярный, детектор пламенно-ионизационный и капиллярная колонка ZB-FFAP 50 м×0,32 мм×0,50 μм. Режим работы хроматографа: температура испарителя 250 °С, температура ПИД 250 °С, начальная температура колонки 145 °С, выдержка начальной изотермы 1 мин, скорость подъема температуры колонки 10 град/мин, конечная температура колонки 225 °С. Газ-носитель гелий в режиме поддержания постоянного давления перед колонкой 150 КПа, коэффициент деления потока 1/30, режим экономии газа. Газовый режим ПИД: расход водорода 30 мл/мин, расход воздуха 300 мл/мин, поддув инертного газа (гелия) 30 мл/мин. Объем вводимой в испаритель пробы 1 мкл. Общая длительность анализа 70 мин.

Выбор FFAP в качестве фазы капиллярной колонки был обусловлен тем, что значительное число индивидуальных веществ АСД-2Ф являются полярными азотсодержащими соединениями с молекулярной массой до 150–200 углеродных единиц, что позволяло ожидать достаточно качественное разделение компонентов смеси.

Хромато-масс-спектроскопию (ГХ-МС) образцов АСД-2Ф проводили на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 Plus, оборудованном пламенно-ионизационным детектором, масс-детектором GCMS-QP2020 и капиллярной колонкой HP-5 30м×0,32мм×0,25 мкм. Режим проведения анализа: температура испарителя 250 °С, температура ПИД 250 °С, температура ионного источника 210 °С, температура интерфейса 210 °С, температурная программа термостата колонки – 140 °С 15 мин, нагрев 10 °С/мин до 240 °С, общее время анализа 35 мин. Газ-носитель гелий в режиме постоянного давления перед колонкой 53 кПа, коэффициент деления потока 1/20, расход водорода 40 мл/мин, воздуха 400 мл/мин. Режим работы масс-детектора: температура ионного источника 210 °С; температура интерфейса 210 °С, скорость сканирования – 1425, интервал сканируемых масс – от m/z 30 до m/z 450, скорость развертки одного цикла – 0,3 с, напряжение детектора – 0,9 кВ, устранение эффекта растворителя – 1,5 мин.

Выбор фенил (5 %)полиметилсилоксана в качестве фазы капиллярной колонки был обусловлен тем, что данная фаза является менее полярной и более высокотемпературной, чем FFAP. Это должно было позволить получить на хроматограмме пики веществ с большей молекулярной массой, чем на колонке с FFAP.

Анализу подвергали раствор ОЧ АСД-2Ф в этаноле (0,5г в 10 мл соответственно), полученной в результате упаривания исходных образцов в течение 3 ч при температуре 80 °С.

Расшифровку полученных масс-спектров проводили с использованием программного обеспечения GCMS PostrunAnalysis. Идентификацию компонентного состава образцов проводили сравнением масс-спектра компонента, присутствующего в пробе, с его библиотечным масс-спектром (базы данных библиотек – NIST-14 и NIST-14s).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа непосредственно субстанции АСД-2Ф методом ГЖХ были получены хроматограммы, содержащие до 80 пиков, а концентрирование субстанции

позволило в тех же условиях получить хроматограммы, содержащие до 140 пиков индивидуальных органических веществ.

При обработке полученных хроматограмм учитывали лишь пики с соотношением сигнал/шум более 10. При увеличении соотношения сигнал/шум до 20 и 50 количество пиков уменьшалось лишь на 3–10 %, а суммарная площадь пиков уменьшалась лишь на 5–20 % соответственно.

Идентификация и количественное определение содержания некоторых компонентов субстанции проводились на основе модельных (искусственно приготовленных) смесей, содержащих 26 компонентов, доступных в приобретении и распределенных по всей протяжённости получаемой хроматограммы. Градуировку хроматографа проводили по 4–5 смесям в диапазоне концентраций веществ-стандартов от 0,05 до 8 % мас.

В табл. 1 представлены основные результаты этих исследований.

Из данных табл. 1 видно, что использование для разделения колонки ZB-FFAP позволило установить более 50 % мас. органических веществ, входящих в состав субстанции АСД-2Ф.

Таблица 1

Влияние условий упаривания на содержание органических веществ в концентрате АСД-2Ф

№ поз.	Наименование вещества-стандарта	Время удерживания T_R, мин	Содержание вещества, % мас.			
			Исходный АСД-2Ф	Условия концентрирования (температура, °С)/ длительность выдержки, час)		
				60/10	80/3	100/2,5
1	2-Метилпиридин	3,11	0,01	0	0	0
2	Диметилформамид	3,63	0,1	0,04	0,04	0,01
3	**Уксусная к-та**	**3,85**	**0,727**	**0,131**	**0,26**	**0,004**
4	N,N-Диметилацетамид	4,04	0,03	0,073	0,071	0
5	Пропионовая к-та	4,36	0.072	0,066	0,085	0,024
6	**Масляная к-та**	**4,99**	**0,230**	**0,061**	**0,106**	**0**
7	Изовалериановая к-та	5,37	0,01	0,086	0,073	0,013
8	N-Метилацетамид	5,42	0,017	0,087	0,077	0,012
9	N-Метилформамид	5,52	0,005	0,022	0,02	0
10	Валериановая к-та	5,89	0,01	0,083	0,084	0,01
11	**Ацетамид**	**6,47**	**0,39**	**1,155**	**1,205**	**0,165**
12	**Пропионамид**	**6,80**	**0,16**	**0,529**	**0,535**	**0,086**
13	Капроновая к-та	6,87	0,01	0,119	0,12	0,007
14	Бутирамид	7,62	0,034	0,159	0,156	0,057
15	3-Метилбутанамид	7,88	0,09	0,188	0,107	0,067
16	2-Аминопиридин	7,97	0,024	0,177	0,147	0,053
17	2-Амино-3-метил-пиридин	8,21	0,012	0,088	0,086	0,03
18	Уротропин	8,57	0,054	0,053	0,055	0,027
19	Валерамид	8,71	0,034	0,025	0,024	0,013
20	Каприловая к-та	8,94	0,002	0,112	0,395	0,575
21	2-Пирролидинон	9,63	0,08	0,898	0,901	0,550
22	**2-Пиперидинон**	**10,81**	**0,36**	**1,985**	**1,87**	**2,096**
23	Пиколинамид	14,51	0,068	0,113	0,151	0,047
24	**5,5-Диметилгидантоин**	**33,90**	**0,68**	**10,404**	**10,488**	**9,86**
25	**5-Метил-5-этил-гидантоин**	**39,20**	**0,31**	**4,106**	**4,08**	**4,456**
26	3-Изобутил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин	57,20	0,03	0,292	0,394	0,827
27	Всего веществ – стандартов,%		3,48	21,05	21,5	18,99
28	Всего веществ-маркеров,%		2,86	18,40	18,55	16,67
28	Содержание ОЧ,%		6,3	6,55	6,3	5,45
30	Определено веществ ОЧ,%		55,2	22,9	22,2	19,1

Набор веществ-стандартов, включающий представителей самых различных групп органических соединений и представленный в табл. 1, практически исключает возможность фальсификации препарата. Одновременно нельзя не отметить, что для реализации метода анализа в производственных условиях достаточно использовать нескольких маркерных веществ, отличающихся высоким содержанием в субстанции, легкодоступных при приобретении, а также достаточно стабильных при хранении.

Эти вещества выделены в таблице «жирным» шрифтом: уксусная кислота, масляная кислота, ацетамид, пропионамид, 2-пиперидинон, 5,5-диметилгидантоин, 5-метил-5-этилгидантоин, причём их суммарная концентрация составляет более 40 % от массы ОЧ.

Анализ этих данных с точки зрения химического состава ОЧ также показывает, что значительное количество органических веществ АСД-2Ф относятся к жирным органическим кислотам, а также их амидам. Суммарная концентрация органических кислот практически равна 1 %, так же как и амидов данных кислот.

Следует учитывать, что вещества, определяемые на хроматограмме как органические кислоты, существуют в исходном АСД-2Ф в виде их соответствующих аммонийных солей. Поэтому нами было проведен специальный опыт, доказывающий, что в представленных условиях анализа кислоты и их аммонийные соли в исходной пробе дают одинаковый результат хроматографического анализа.

Достаточно много в АСД-2Ф индивидуального вещества 2-пиперидинона, концентрация которого составляет около 0,4 %.

Особый интерес представляют 5,5-алкилпроизводные гидантоинов, имеющие высокую суммарную концентрацию (около 1 %) и обладающие подтверждённым антисептическим действием

Рассматривая изменение химического состава образцов АСД-2Ф в результате выдержки при различных температурах можно отметить, что упаривание образцов АСД-2Ф даже при относительно невысокой (до 60 °С) температуре позволяет осуществить концентрирование органических веществ субстанции. Так, например, содержание производных гидантоинов в концентрате повышается в 15 раз по сравнению с исходной субстанцией.

При выдержке образцов при температуре 100 °С начинается интенсивное испарение легколетучих веществ и воды, в результате чего на хроматограмме концентрата наблюдается менее половины из использованных 26 веществ-стандартов.

Таким образом, наиболее подходящими условиями подготовки субстанции АСД-2Ф для производственного ГЖХ-анализа является, по мнению авторов, концентрирование органических веществ при температуре 80 °С в течение 3 ч.

В табл. 2 представлены результаты хромато-масс-спектроскопии субстанции АСД-2Ф (условные обозначения: t – время удерживания, мин; S – относительная площадь сигнала, %; SI – степень совпадения с данными библиотеки; [2, 4] литературные результаты).

Таблица 2

Результаты ГХ-МС субстанции АСД-2Ф

№ поз.	Наименование вещества	Параметры сигнала			Данные [2, 4] S, %
		t, мин	S, %	SI, ед.	
1	**Пропионовой кислоты амид**	2,596	0,77	92	4,41
2	Масляной кислоты амид	2,797	0,34	88	0,07
3	Глицерин	2,869	0,83	96	
4	Изовалериановой кислоты амид	2,965	0,67	90	4,81
5	Метилянтарной кислоты ангидрид	3,097	3,63	90	
6	6-Гептеновая кислота	3,168	0,55	72	5,0
7	2-Пирролидинон	3,361	1,07	95	2,0÷7,0
8	3-Пиридинол	3,416	2,77	93	0,13
9	N-Циклогексилформамид	3,577	2,59	72	
10	3-Амино-2,4-диметилпентан	3,897	0,15	85	
11	Гексанамид	4,097	0,67	90	
12	N-Ацетилпирролидин	4,130	0,76	73	
13	**2-Пиперидинон**	4,274	3,19	96	8,0÷15,7
14	Дигидро-3-метил-2,4-пиримидиндион	5,090	0,76	81	
15	Пиколинамид	5,172	0,28	79	1,8

Окончание табл. 2

№ поз.	Наименование вещества	Параметры сигнала			Данные [2, 4] S,%
		t, мин	S, %	SI, ед.	
16	**5,5-Диметилгидантоин**	5,879	25,36	96	4,6÷6,3
17	5-Метилгидантоин	6,291	2,37	91	
18	3-Фенилнпропионовая кислота	6,393	0,36	80	
19	Капролактам	6,73	0,33	73	0,29
20	**5-Метил-5-этилгидантоин**	7,828	13,38	94	3,7
21	N-(-1-Метилпропил)-2-бутанамин	7,945	0,45	82	
22	5-Этилгидантоин	8,22	1,22	93	1,85÷4,62
23	2-Ацетамидо-N-метилбутирамид	8,569	0,24	75	0,32
24	N-Метилфталимид	9,041	0,11	82	
25	N, N-Дибутилформамид	9,359	1,16	74	
26	5-(2-Метилпропил)-гидантоин,(S)	9,750	2,84	90	
27	5-Метил-5-(2-метилпропил)-гидантоин,(S)	10,291	0,17	86	
28	3,3/-Тиобиспропионитрил	10,474	0,63	93	0,13
29	Нитрил миристиловой кислоты	10,752	0,22	73	
30	6-Аминоиндазол	11,305	3,07	80	
31	N-Метил-N-гексадецилэтиламин	12,344	0,16	71	
32	3,6-Диметил-2,5-дикетопиперазин	12,667	0,93	66	
33	N-Циклогексилимид янтарной кислоты	14,482	0,75	73	
34	2-Метил-1-Н-пирроло [2,3-b] пиридин-6-амин	14,996	1,21	85	
35	1-Н-Имидазо (4,5-d) пиразин-7-ол	15,676	0,68	80	
36	6-Метил-[1,2,4] триазоло [4,3-b] пиразин-8-ол	16,644	0,59	73	
37	7-Метиладенин	17,753	0,18	61	
38	3-Изопропил-6-метил-2,5-дикетопиперазин	18,022	0,44	82	1,3÷2,4
39	(3S,6S) -3-Бутил-6-метилпиперазин-2,5-дион	18,385	0,75	82	
40	1,3-Диметилтетрагидро-2-пиримидинон	18,764	0,16	81	
41	(E)-3-Гексеновая кислота	19,379	0,86	54	
42	Децилoвый эфир N-винилкарбонилглицина	20,392	2,07	73	
43	N-ацетил -3-метил-1,4 –диазабицикло [4.3.0] нонан-2,5 дион	20,523	0,56	85	
44	3,6-Диизопропил -2,5-дикетопиперазин	20,744	0,71	83	2,4÷6,3
45	Мочевая кислота	21,030	4,16	78	3,48
46	3-Изобутил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин	21,479	5,87	96	3,8-7,0
47	1-(2-Пропил-1,2,4-триазол-3-ил)-этанамин	21,950	0,34	74	
48	1,3-Диметилдигидро -2,4(1H,3H)-пиримидиндион	22,469	0,48	68	
49	L-Пролин, N-валерил, гептадециловый эфир	22,584	0,22	79	
50	3,6-диизобутил -2,5-дикетопиперазин	23,063	1,99	57	
51	L-Пролин, N-валерил, октадециловый эфир	24,474	0,16	76	
52	5,10-Диэтокси-2,3,7,8-тетрагидро-1H,6H-дипирроло-[1,2-a;1', 2'-d]-пиразин	24,639	4,03	90	3,0-9,2
53	3-Бензил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин	31,365	0,13	91	
	ИТОГО,%		98,3		

Выбор индивидуальных веществ производили не только по степени соответствия характеристик спектра соответствующим библиотечным данным, но и с учётом существующих представлений [5–7] о возможном механизме совместного пиролиза белков и жиров животного происхождения в безвоздушной среде при температуре в диапазоне 200–500 °C.

При этом основной чертой механизма пиролиза мы считали возможное образование из аминокислот, представленных в животных белках, циклических и линейных дипептидов, а также их производных. Предполагали, что дипептиды могли бы образоваться из таких аминокислот, как глицин, лейцин, фенилаланин, аланин, валин, пролин, гидроксипролин, изолейцин.

Однако до сих пор по данным [2, 4] удалось обнаружить в аналогичных продуктах пиролиза лишь 3-изобутил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин и эфирное производное дипептида 5,10-диэтокси-2,3,7,8-тетрагидро-1H,6H-дипирроло [1,2-a; 1',2'-d] пиразин. Поэтому мы обоснованно предполагали, что в спектре анализируе-

мых образцов АСД-2Ф должны присутствовать и иные дипептиды. Наличие этих веществ не удалось определить методом ГЖХ с колонкой FFAP, в то время как ГХ-МС с использованием колонки HP-5 позволило определить наличие десяти дипептидов и их эфиров.

Для органической части всего нами были определены 150 веществ, причём 53 вещества, представленные в табл. 2, имеют относительную площадь сигнала более 0,1%, а сумма относительных площадей их пиков составляет более 98%.

Эти вещества распределяются по нескольким основным группам: более 90% всех веществ (по суммарной относительной площади сигнала) представляют азотосодержащие вещества, в том числе:

– амиды карбоновых кислот и амины – более 7%;

– алкилгидантоины – 32%;

– дипептиды, в том числе циклические – 16%.

Остальные вещества являются отдельными представителями лактамов и других азотосодержащих гетероциклов, производными аминокислот и карбоновых кислот. Жирным шрифтом в таблице выделены вещества, возможность использования которых в качестве маркеров химического состава АСД-2Ф обсуждалась нами при рассмотрении данных табл. 1.

В диапазоне времени удерживания 8–32 минуты, то есть после 5-метил-5-этилгидантоина, методом ГХ-МС были найдены около 30 веществ с суммарной относительной площадью пиков более 30%, которые не наблюдались на хроматограмме при проведении определения на колонке FFAP.

Выводы

1. Показано, что совместное применение газожидкостной хроматографии с капиллярной колонкой ZB-FFAP и хромато-масс-спектрометрии с капиллярной колонкой HP-5 позволяет определить наличие около 170 пиков веществ, входящих в состав органической части субстанции АСД-2Ф.

2. Определена концентрация 26 органических веществ-стандартов, входящих в состав органической части субстанции АСД-2Ф. Суммарное содержание этих веществ составляет около 50% (мас.) от общего количества органических веществ в АСД-2Ф, причём более 40% (мас.) составляют семь легкодоступных веществ-маркеров (уксусная и масляная кислоты, а также их соответствующие амиды; 2-пиперидинон; 5,5-диметилгидантоин и 5-метил-5-этилгидантоин).

3. Впервые установлено значительное количество среди органических веществ субстанции циклических дипептидов и их производных, таких как 3,6-диметил-2,5-дикетопиперазин, 3-изопропил-6-метил-2,5-дикетопиперазин, 3,6-диизопропил-2,5-дикетопиперазин, 3,6-диизобутил-2,5-дикетопиперазин, 3-бензил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазин, N-ацетил-3-метил-1,4-диазабицикло-[4.3.0]-нонан-2,5-дион, а также 1,3-диметилдигидро-2,4(1H,3H)-пиримидиндион, и подтверждено наличие в препарате АСД-2Ф двух найденных ранее гетероциклических дипептидов пролина: 3-изобутил-1,6-пропилен-2,5-дикетопиперазина и 5,10-диэтокси-2,3,7,8-тетрагидро-1H,6H-дипирроло-[1,2-a; 1',2'-d]-пиразина.

Выражаем благодарность канд. хим. наук А.Л. Есиповичу, доценту кафедры «Химическая технология» Дзержинского политехнического института (филиала) НГТУ имени Р.Е. Алексеева за участие в проведении анализов АСД-2Ф методом ГХ-МС и помощь в обсуждении полученных результатов, а также канд. ветеринар. наук Е.С. Енгашевой, начальнику отдела НВЦ «Агроветзащита», канд. хим. наук В.А. Кашаеву, нач. отдела АО «ГосНИИ «Кристалл» за помощь в подборе и приобретении образцов стандартов химических веществ и обсуждении результатов.

Список литературы

1. Абдрахманов В.И., Сахипов В.Р., Краснов В.Л. Исследование химического состава препарата АСД-2Ф // Проблемы современной науки и образования. 2015. № 11 (41). С. 58–64.

2. Енгашев С.В., Сидорин Д.Н., Рогова Н.В., Ремизова Н.Ю., Енгашева И.В. Способ получения стабилизированной формы антисептика-стимулятора Дорогова – фракции 2 (АСД-2) // Патент РФ № 2494750. Патентообладатель ООО «НВЦ Агроветзащита». 2013. Бюл. № 28.

3. Енгашев С.В., Абдрахманов В.И., Сахипов В.Р., Краснов В.Л., Кондрашкин Е.М., Логутов В.И., Дорогова О.А., Енгашева Е.С., Абрамов В.Е. Концентрированная фармацевтическая композиция и способ её получения // Патент РФ № 2657775. Патентообладатель ООО «НВЦ Агроветзащита». 2018. Бюл. № 17.

4. Hydrothermal liquefaction of waster water algae mixtures into bio-grude oil. Wan-TingChen, Urbana, Illinois 2013, 83 p. P. 52–54.

5. Васина Я.А., Смельцова И.Л., Фаерман В.И., Яблоков В.А. Продукты твёрдофазного термического превращения L-α-аминокислот в вакуумированной системе // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. 2016. № 11 (29). [Электронный ресурс]. URL: htth://7universum.com/ru/nature/archive/item/3827 (дата обращения: 15.04.2019).

6. Смельцова И.Л., Зеляев И.А., Митрофанова С.В. Термическая стабильность алифатических аминокислот // Естественные и математические науки в современном мире. 2012. № 1. С. 145–151.

7. Chaalaand A., Roy C. Recycling of Meat and Bone Meal Animal Feed by Vacuum Pyrolysis. Depatmentde Genie Chimique, UniversityLaval, Santa-Foy, Quebec, Canada/Environ. Sci. Technol. 2003. V. 37 (19). P. 4517–4522.

УДК 547.992:577.11

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА АТРАЗИН ИМПРИНТИРОВАННЫХ ГУМИН-МЕТАКРИЛАТНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Жоробекова Ш.Ж., Кыдралиева К.А., Худайбергенова Э.М., Прохоренко В.А.
Институт химии и фитотехнологий НАН КР, Бишкек, e-mail:h_elnura@mail.ru

Методом «Cooling-Heating» синтезированы атразин молекулярно импринтированные полимеры (МИП) с использованием смеси метакриловой кислоты (МАК) и гуминовых кислот (ГК) в качестве функциональных мономеров. ГК являются природными детоксикантами, проявляющими аффинность к атразину и образующими с ним комплексы. Использование ГК в технологических процессах затруднено изменением их молекулярной структуры под воздействием различных факторов. В связи с этим для получения механически прочного и химически устойчивого сорбента проведена сополимеризация ГК с МАК в присутствии кросслинкера. В работе использованы также этиленгликоль диметакрилат (ЭДМА) – кросслинкер, бензоил пероксид (БПО) – инициатор свободнорадикальной полимеризации, растворители – хлороформ, метанол, ацетонитрил, а также атразин в качестве темплата. Методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), ИК-Фурье спектроскопии, ртутной порозиметрии (РП), низкотемпературной адсорбции и десорбции азота проведена сравнительная характеристика физических параметров синтезированных полимеров: диаметра пор, общего объема пор, площади поверхности пор, а также общей пористости. Проведена оценка способности полимеров к молекулярному распознаванию атразина. На основе экспериментальных данных по статической адсорбции, полученных методом высокоразрешающей жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), определены величины констант связывания полимеров с атразином и констант диссоциации образующихся при этом продуктов, а также кажущихся максимальных чисел связывающих центров. Выявлено, что молекулярно импринтированные полимеры, характеризуются более высокой способностью к молекулярному распознаванию атразина по сравнению с неимпринтированными полимерами.

Ключевые слова: молекулярно импринтированные полимеры, атразин, темплат, уравнение Скэтчарда, молекулярное распознавание

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF ATRAZINE IMPRINTED HUMIN-METACRYLATE POLYMERS

Zhorobekova Sh.Zh., Kydralieva K.A., Khudaybergenova E.M., Prokhorenko V.A.
Institute of Chemistry and Phytotechnologies of NAS KR, Bishkek, e-mail:h_elnura@mail.ru

Atrazine imprinted polymers (MIP) were synthesized using methacrylic acid (MAC) and humic acids (HA) as functional monomers using the «Cooling-Heating» method. HAs are natural detoxicants, showing affinity for atrazine and forming complexes with it. The use of HA in technological processes is complicated by changes in their molecular structure under the influence of different factors. In this regard, to obtain a mechanically strong and chemically stable sorbent, copolymerization of HA with MAK in the presence of a crosslinker was performed. Ethylene glycol dimethacrylate (EDMA) – crosslinker, benzoyl peroxide (BPO) – free radical polymerization initiator, solvents – chloroform, methanol, acetonitrile, and atrazine as a template were also used in the work. A comparative characteristic of the physical parameters: pore diameter, total pore volume, pore surface area, and total porosity of the synthesized polymers was carried out by use of the methods of scanning electron microscopy (SEM), FTIR spectroscopy, mercury porosimetry (MP), low-temperature adsorption and nitrogen desorption. An assessment of the ability of polymers to molecularly recognization atrazine was carried out. Based on the experimental data on static adsorption obtained by high-resolution liquid chromatography (HPLC), the values of the binding constants of polymers with atrazine and the dissociation constants of the formed products as well as the apparent maximum numbers of binding centers were determined. It is revealed that molecularly imprinted polymers are characterized by a higher ability for molecular recognition of atrazine as compared to unimprinted polymers.

Keywords: molecularly imprinted polymers, atrazine, template, Scatchard equation, molecular recognition

Гербициды, как известно, широко используются в качестве химических средств защиты растений [1]. Однако чрезмерное использование гербицидов, имеющее следствием накопление их в окружающей среде, представляет особую опасность для живых организмов. Помимо токсического эффекта они проявляют мутагенное воздействие на живые клетки, вызывая геномные и структурные перестройки [2, 3]. Анализ объектов окружающей среды на содержание гербицидов и разработка соответствующих детоксикантов имеют важное значение. Ранее в этих целях были использованы молекулярно импринтированные полимеры [МИП] [4, 5]. Такие полимеры, распознающие целевые молекулы с высокой аффинностью и селективностью, привлекают особое внимание [6–8]. В настоящей работе синтезированы атразин импринтированные полимеры на основе гуминовых кислот (ГК) и метакриловой кислоты (МАК). Гуминовые кислоты являются природными детоксикантами, проявляющими аффинность

к атразину и образующие с ним комплексы. Однако использование ГК в технологических процессах затруднено изменением их молекулярной структуры под воздействием химических и механических факторов. В связи с этим представляет интерес повышение механической прочности и химической устойчивости ГК путём сополимеризации их с другими реагентами и получения жёсткой разветвленной структуры под воздействием кросслинкера. Аналогом структурных фрагментов ГК, рассматриваемых в качестве функциональных мономеров в реакции полимеризации, выбрана метакриловая кислота, сополимеризация с которой должна привести к «обогащению» полимерного продукта сайтами, предназначенными для молекулярного распознавания целевых молекул атразина.

Цель исследования: синтез полимеров на основе гуминовых кислот (ГК) (природных сорбентов) и метакриловой кислоты (МАК), предназначенных для специфического связывания атразина, характеристике текстурных свойств синтезированных полимеров и определению способности их к молекулярному распознаванию атразина.

Материалы и методы исследования

В работе использованы атразин (темплат), гуминовые кислоты и метакриловая кислота – как функциональные мономеры, этиленгликольдиметакрилат (ЭДМА) – кросслинкер, бензоил пероксид (БПО) – инициатор свободнорадикальной полимеризации, растворители – метанол, ацетонитрил, хлороформ, уксусная кислота и бидистиллированная вода. Гуминовые кислоты выделены из окисленного бурого угля, характеристика их представлена в работе [9]. Синтез молекулярно импринтированного полимера (МИП) осуществлялся следующим образом: раствор атразина (0,025 г) в хлороформе (2,5 мл) вносился в предполимеризационный раствор, состоящий из МАК (4 ммоль). ГК (1 г), ЭДМА (0,525 мл), БПО (0,07 г), а также ацетонитрила (5 мл). Реакционная смесь охлаждалась при – 5 °С в течение 60 мин и затем подвергалась термической обработке при 70 °С в течение 150 мин. Неимпринтированные полимеры (НИП) синтезированы без участия атразина (темплата), при этом все другие участники реакции полимеризации оставались прежними. После полимеризации твёрдый продукт размельчался, просеивался. Темплат удалялся из импринтированных полимеров последовательным промыванием смесью уксусной кислоты (AcOH) и метанола (1:9, v/v) , а затем метанолом в течение 6 ч. Эта процедура повторялась 4 раза. Полученные полимеры были высушены при 60 °С в течение 24 ч в вакууме и сохранялись для следующих экспериментов.

Для физической и физико-химической характеристики полученных полимеров были использованы методы ИК-Фурье спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), ртутной порозиметрии (РП), низкотемпературной адсорбции азота, жидкостной хроматографии высокого разрешения (ВЭЖХ). Для исследования связывающей способности полученных полимеров были проведены эксперименты по статической адсорбции атразина. 20,0 мг частиц полимера были смешаны с атразином различной концентрации (от 0,1 до 1,6 ммоль/л) в хлороформе. Смесь взбалтывалась при 120 об/мин в термостатированной качалке при 25 °С в течение 24 ч. Затем растворы были отцентрифугированы и отфильтрованы для определения в них концентрации свободного атразина методом ВЭЖХ. Регистрацию оптической плотности раствора проводили при 250 нм. Количество молекул атразина, связанных с полимером на единицу массы, которое обозначено как Q, определялось по формуле $Q = (C_o - C_f)V_S/W_S$, где C_o – исходная концентрация атразина в растворе, C_f – концентрация свободного (несвязанного с полимером атразина), V_S – общий обьём растворителя, W_S – масса частиц полимера.

Результаты исследования и их обсуждение

Текстурная характеристика синтезированных полимеров, полученная с использованием СЭМ, представлена на рис. 1.

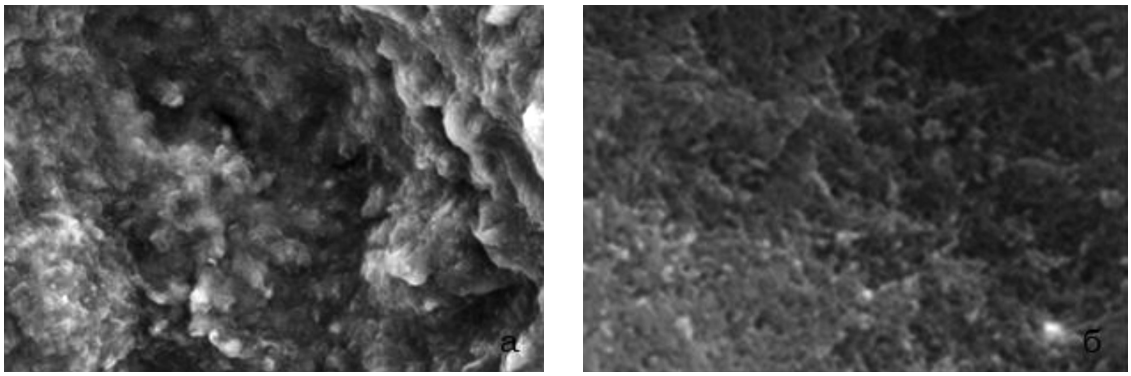


Рис. 1. Структура НИП (а) и МИП (б)

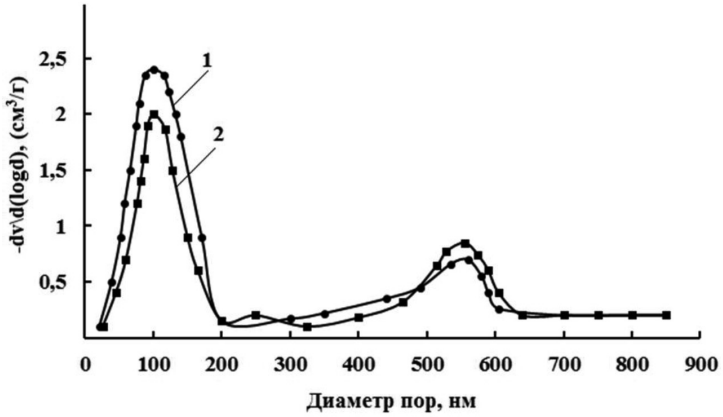


Рис. 2. Сравнительное распределение пор по размерам синтезированных полимеров: 1 – МИП, 2 – НИП

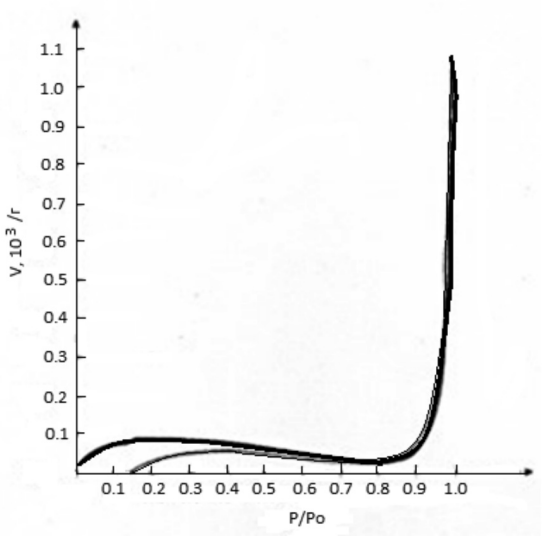


Рис. 3. Изотерма низкотемпературной адсорбции азота на МИП

Сравнительный анализ снимков указывает на различие морфологии поверхностей НИП и МИП. Молекулярно импринтированные полимеры характеризуются повышенной пористостью по сравнению с неимпринтированными полимерами и обладают более мелкими порами, но на их поверхности количество таких пор больше. Из данных, полученных методом РП, следует, что размеры пор НИП и МИП различаются незначительно и варьируют в пределах от 80 нм до 900 нм. Для этих полимеров выявлены две области наибольшего распределения пор. В первой из них распределялись поры со средними диаметрами от 10 нм до 200 нм, а во второй – более крупные поры с диаметрами от 200 нм до 900 нм. Основная часть пор МИП и НИП характеризуется размерами, близкими к 100 нм и к 570 нм. Кривые распределения частиц полимеров по размерам пор характеризуются широкими пиками с отсутствием чётко выраженных максимумов, что свойственно полидисперсным системам (рис. 2).

Общий объём и диаметр пор в ГК, НИП и МИП рассчитаны по изотермам адсорбции БЭТ. Форма изотерм низкотемпературной адсорбции и десорбции азота во всех случаях сигмоидальна и представляет изотерму адсорбции БЭТ второго типа (рис. 3). Этот тип изотерм описывает неограниченную моно-мультислойную адсорбцию.

Диаметры пор для ГК, рассчитанные по изотермам БЭТ, варьируют в пределах от 130–1060 нм и от 1240–10480 нм. Отсюда следует, что в ГК присутствуют мезопоры. Общая пористость составляет 60%. В импринтированных полимерах участки молекулярного распознавания атразина представляют собой полости, диаметры которых намного меньше по сравнению с размерами мезопор в гуминовых кислотах. Однако величины площади поверхности и общего объёма этих пор превышают таковые для ГК (табл. 1).

Объяснением этому, очевидно, служит уплотнение аморфной структуры ГК при полимеризации в смеси с МАК с участием кросслинкера. Сшивающий компонент играет ключевую роль в процессе полимеризации, «закрепляя» пространственную конфигурацию участков молекулярного распознавания и обеспечивая механическую устойчивость полимерной матрицы. Гуминовые кислоты являются дополнительным источником свободных радикалов [10], что является следствием повышенной пористости полимерных продуктов. Определяющую роль, вероятно, играет ещё и количественный фактор, поскольку в результате полимеризации с участием ГК и МАК следует ожидать образование разветвлённых полимеров со множеством пор. Выявлено, что пористость полимера повышается при добавлении темплата. Размеры пор, общий объём пор и общая пористость МИП, больше по сравнению с таковыми для НИП.

Таблица 1

Характеристика полимерных сорбентов

Полимер	Общий объём пор ($см^3/г$)	Площадь поверхности ($м^2/г$)	Общая пористость, %	Средний d, нм
МИП	0,70	310,14	80,04	350
НИП	0,64	256,40	72,45	430
ГК	0,62	177,30	60,00	3150

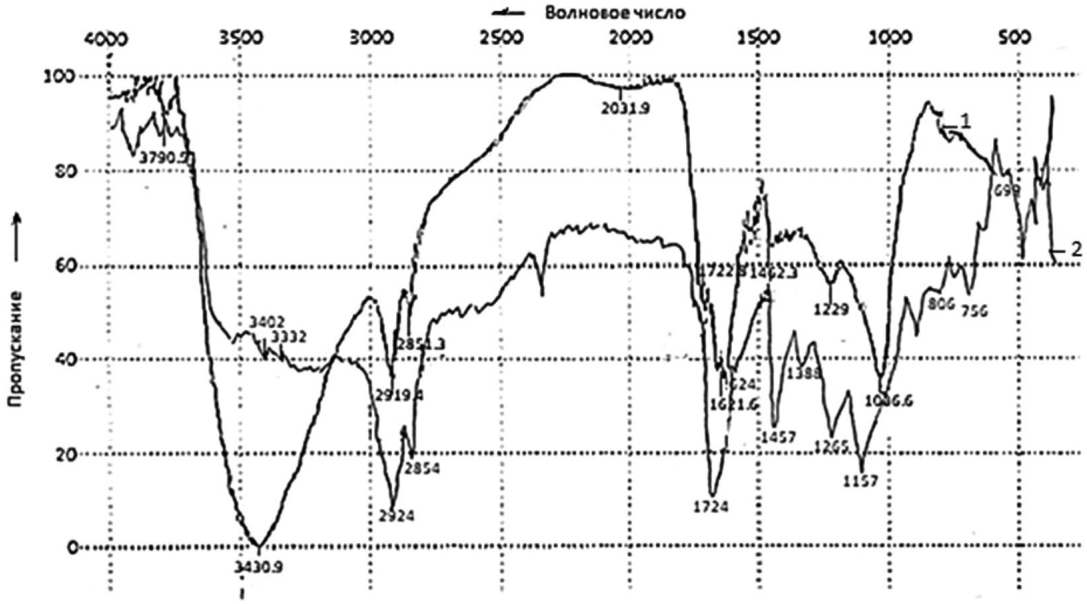


Рис. 4. ИК-спектры ГК (1) и МИП (2)

В формировании в структуре импринтированных полимеров высокоаффинных и специфических участков распознавания важное значение имеет возможность связывания темплатов с функциональными мономерными единицами посредством нескольких механизмов. В связи с этим следует отметить, что структура метакриловой кислоты предполагает связывание с атразином посредством водородной связи через карбонильную группу, донорно-акцепторной связи с гидроксильной группой карбоксила, а также гидрофобной связи с метильной группой. С другой стороны, как следует из данных, описанных ранее в работах [9], в процессах связывания ГК с атразином помимо механизмов связывания, указанных для метакриловой кислоты, реализуются ещё π-π взаимодействия посредством перекрывания орбиталей ароматического ядра гуминовых кислот и двойных связей триазинового кольца атразина.

В ИК-спектрах гуминовых кислот и неимпринтированных полимеров не наблюдается каких либо особых различий в полосах поглощения. Имеются чётко выраженные полосы поглощения, характерные для карбоксильных групп при 1710–1722 $см^{-1}$, относящиеся к деформационным колебаниям C=O связей, при 1220 $см^{-1}$ – к растяжению связей O–C–O и при 3400 $см^{-1}$ – к O–H группам, участвующим в образовании водородных связей. В области 1470–1370 $см^{-1}$ имеются несколько полос, обусловленных деформационными колебаниями C-H, O-H и C-O связей. В области волновых чисел менее 1000 $см^{-1}$ имеются слабоинтенсивные полосы в области 900–750 $см^{-1}$, относящиеся к деформационным колебаниям C-H в ароматических кольцах. ИК-спектры импринтированных полимеров до удаления темплата характеризуются следующими полосами. Слабые пики при 3404 $см^{-1}$ и 3332 $см^{-1}$ относятся к деформационным колебаниям связи N-H в первичных и вторичных аминах. Полосы при 2924 $см^{-1}$ и 2854 $см^{-1}$ обусловлены соответственно асимметричными и симметричными колебаниями связи C-H метиленовой группы. Поглощение при 1724 $см^{-1}$ и 1388 $см^{-1}$ вызвано соответственно деформационными колебаниями связей C=O и N-H.

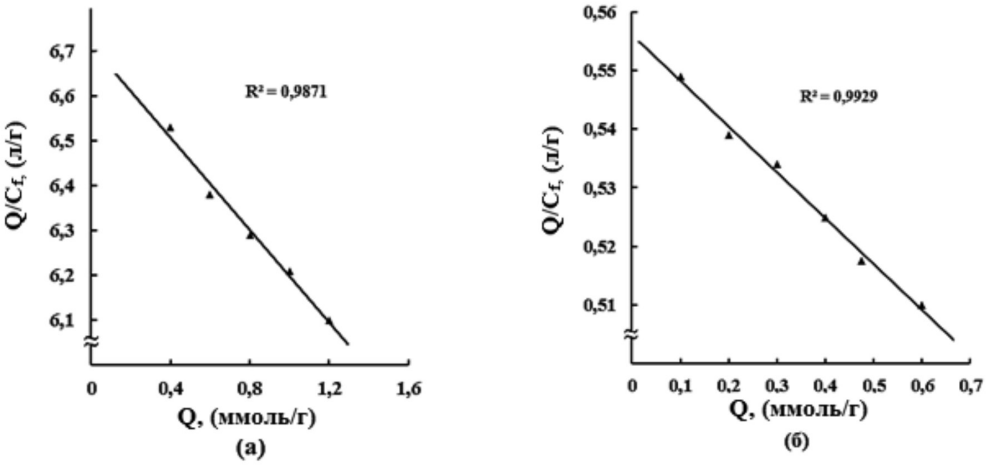


Рис. 5. График Скэтчарда для связывания атразина с МИП^{ГК} (а) и НИП^{ГК} (б)

Таблица 2

Параметры связывания атразина с полимерами

Полимер	K_d, л/моль	K_a, моль/л	Q_{max}, ммоль/г
МИП	$2{,}00 \cdot 10^{-2}$	$0{,}50 \cdot 10^{3}$	13,40
НИП	$1{,}25 \cdot 10^{-2}$	$0{,}80 \cdot 10^{2}$	6,97
ГК	$3{,}23 \cdot 10^{-2}$	$0{,}30 \cdot 10^{2}$	6,40

Пик при 1624 см$^{-1}$ относится к деформации связи N-H в первичных аминах, тогда как пик при 1457 см$^{-1}$ выражает деформационные колебания C-H в карбоксильных группах. Поглощение 1265 см$^{-1}$ и 1157 см$^{-1}$ относится соответственно к деформациям связи C-H в первичных и вторичных ароматических аминах. Слабые полосы поглощения в области 900–660 см$^{-1}$ обусловлены колебаниями N-H в аминах (рис. 4).

Для определения кажущейся величины максимального числа связывающих центров и константы связывания экспериментальные результаты по статической адсорбции атразина на полимерных сорбентах обработаны в координатах Скэтчарда согласно уравнению

$$\frac{Q}{C_f} = -\frac{1}{K_d}Q + \frac{Q_{max}}{K_d},$$

где Q – концентрация атразина, связанного с полимером, C_f – концентрация свободного атразина, Q_{max} – кажущееся максимальное число связывающих центров, K_d – равновесная константа диссоциации образующегося комплекса «атразин – полимер». Константа ассоциации (образования) этого комплекса $K_a = 1/K_d$.

Диаграммы Скэтчарда для связывания атразина с полимерами и рассчитанные на их основе величины K_d, K_a, Q_{max}, представлены на рис. 5, а также в табл. 2.

Сравнительный анализ величин K_a, K_d и Q_{max} показывает на более высокое сродство МИП с атразином по сравнению с ГК и НИП. В неимпринтированных полимерах связывание атразина носит неспецифический характер, и при этом наблюдаются пониженные значения K_a и Q_{max}.

Заключение

Синтезированы неимпринтированные и атразин импринтированные полимеры с использованием в качестве функциональных мономеров гуминовых кислот, выделенных из окисленного бурого угля и метакриловой кислоты. Проведен сравнительный анализ текстурной характеристики и способности полимеров к молекулярному распознаванию атразина. Выявлено, что наиболее эффективными сорбентами для атразина являются МИП.

Список литературы

1. Tu M., Hurd C., Randall J.M. Weed Control Methods Handbook. The Nature Conservancy, Chapter 6.7. [Electronic resource]. URL: https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1532&context=govdocs (appeal date: 12.05.2019).

2. Solomon K.R., Baker D.R., Richards R.P., Dixon K.R., Klaine S.J., La Point T.W., Kendall R.J., Weisskopf C.P., Giddings J.M., Giesy J.P., Hall L.W., Williams W.M. Ecotoxicological risk aassessment of atrazine in North Ammerican surface waters. Environ. Toxicol. Chem. 1996. 15. P. 31–76.

3. De Ventura Campo B, de Angelis Fransceschi D, Marin-Morales MA. Mutagenic and genotoxic effects of the atrazine herbicide in Oreochromis niloticus (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay. Biochem. Physiol. 2008. 90. P. 42–51.

4. Jun Chen, Lian-Yang Bai, Kun-Feng Liu, Run-Qiang Liu, and Yu-Ping Zang. Atrazine Molecular Imprinted polymers: Comparative Anylysis by Far-Infrared and Ultraviolet Induced Polymerization. Int. J. Mol. Sci. 2014. № 15. P. 574–587.

5. Idha Royani, Widayani, Mikrajuddin Abdullah, Khairurrijal. An Atrazine Molecularly Imprinted Polymer Synthesized Using a Cooling-Heating Method with Repeated Washing: Its Physico-chemical Characteristics and Enhanced Cavities. Int. J. Electrochem. Sci. 2014. № 9. P. 5651–5662.

6. Дмитриенко Е.В., Булушев Р.Д., Пышная И.А., Пышный Д.В. «Слепки» жизни – полимеры с молекулярной памятью // Наука из первых рук. 2011. № 37 (1). С. 86–93.

7. Fan J., Wei Y, Waang J., Wu C., Shi H. Study of molecularly imprinted solid-phase extraction of diphenyl-guanidine and its structural analogs. Anal. Chim. Acta. 2009. № 639. P. 42–50.

8. Lopez C., Claude B., Morin P., Max J.P., Pena R., Ribet J.P. Synthesis and study of a molecularly imprinted polymer for the specific extraction of indole alkaloids from Catharanthus roseus extracts. Anal. Chim. Acta. 2011. № 683. P. 198–205.

9. Ли С.П., Худайбергенова Б.М., Пулатова З.М., Прохоренко В.А. Детоксицирующие свойства гуминовых препаратов по отношению к Cd(II), Pb(II), Cu(II) // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 71–76.

10. Senesi N., Steelin C. Application of ESR Spectroscopy to the study of substances / In: Hayes MHB et al (ed.) Humic substances. In: Search for the structure. Chichester; Wiley. 2010. P. 373–408.