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

№ 5 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 21.05.2019
Дата выхода номера 21.06.2019

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

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 21
Тираж 500 экз.
Заказ МЖПиФИ 2019/5

© НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ТЕРМОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ ПСЕКУПСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Богомаз О.Д., Владимиров И.А., Павлова О.А., Богомаз Д.И. 9

ИЗУЧЕНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Водянова М.А., Сбитнев А.В., Матвеева И.С., Антропова Н.С., Абрамов Е.Г. 15

ВОДНЫЙ ГОМЕОСТАЗ И СОСТАВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ МОЛОДЫХ И ЗРЕЛЫХ ЖИВОТНЫХ

Демченко Г.А., Булекбаева Л.Э., Абдрешов С.Н., Нурмаханова Б.А., Осикбаева С.О. 20

ЗАВИСИМОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДЫ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ СИСТЕМНОГО ГОМЕОСТАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА-АССОЦИАТОВ ПЕРОКСИДНЫХ АНИОН-РАДИКАЛОВ

Иксанова Т.И., Каменецкая Д.Б., Стехин А.А., Яковлева Г.В. 26

ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРАНОВО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ КЫРГЫЗСТАНА

Иманбердиева Н.А., Качыбекова С.Д., Жолболдиев Б.Т. 30

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РЕДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В ХАКАСИИ

Кравцова Л.П. 35

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ГУЛЬКЕВИЧИ С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ-БИОИНДИКАТОРОВ

Нагайченко Е.О., Бергун С.А. 40

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ НАГРУЗОК ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ БИОСИСТЕМУ С ВЫСШИМИ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Раимбеков К.Т. 45

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИОКАРДА У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ТРЕНИРОВКИ

Балберова О.В., Ярышева В.Б. 52

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ БИОПСИИ СИГНАЛЬНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ФГБУ «РОСТОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ» МЗ РФ

Босенко Е.С., Луганская Р.Г., Шатова Ю.С., Ващенко Л.Н., Касьяненко В.Н., Максимова Н.А., Ильченко М.Г., Агаркова Е.И., Мамай В.И., Полупанов Н.С., Чурилов С.А. 57

МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ СИМПТОМОВ БЕЛКОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ ПОЧЕК

Гусейнов Х.М. 62

НЕВЫНАШИВАНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ: ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСКОБОВ ИЗ ПОЛОСТИ МАТКИ

Кушубекова А.К., Самигуллина А.Э., Бообекова А.А. *66*

АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОННОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИЯХ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СТАЦИОНАРНОГО ТИПА

Русаков Н.В., Бобровницкий И.П., Калинина Н.В., Русакова Е.В., Гапонова Е.Б., Банин И.М., Яковлев М.Ю., Балакаева А.В. *72*

КОНТРОЛИРУЕМОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЛЕВАНТНОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ГЕМОГРАФИЧЕСКИХ И ФИЗКОЛЛОИДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОЛОСТНОЙ КРОВИ ДЛЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ РЕИНФУЗИИ

Чынгышова Ж.А., Чапыев М.Б. *77*

СОДЕРЖАНИЕ ЙОДА И СЕЛЕНА В ОРГАНИЗМЕ ШКОЛЬНИКОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВЕРХНЕГО ОТДЕЛА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА И ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Шебалина А.О., Анфиногенова О.Б. *83*

ОБЗОРЫ

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЗАПАХОМ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Шипулина З.В. *88*

ОСОБЕННОСТИ ГЕСТАЦИОННОГО ПЕРИОДА И ЕГО ИСХОДЫ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

Петров Ю.А., Оздоева И.М.-Б., Султыгова Л.А. *93*

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ГРАММАТИЧЕСКИМ ОМОНИМАМ

Балтабаева Ж.К., Сулейменова Ж.Н. *98*

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

Дзюин А.Г. *103*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СУПЕРТОНКИЕ ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ АЛЕВРОЛИТА И БАЗАЛЬТА, ДОБЫВАЕМЫХ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Айдаралиев Ж.К., Кайназаров А.Т., Исманов Ю.Х., Абдиев М.С., Атырова Р.С., Сопубеков Н.А. *109*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГОРЕНИЯ ЗА ТУРБИННЫМИ ПРОФИЛЯМИ

Достияров А.М., Умышев Д.Р., Кибарин А.А., Катранова Г.С. *115*

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В РАМКАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО КРУЖКА «ЭНЕРГОАУДИТОР»

Семёнов А.С. *122*

К ВОПРОСУ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК
МЕЖДУ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКОЙ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ

Шатманов О.Т., Эсеналиев Т.Б., Молдалиев Э.Д. *129*

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПОВЕРХНОСТНЫЙ И ОБЪЕМНЫЙ НАГРЕВ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА
С ТЕМПЕРАТУРНО-ПЛОТНОСТНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ

Горбунов А.А., Емельянов В.М., Леднев А.К. *135*

ИСКАЖЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ САМОРЕПРОДУКЦИЙ
ПРОЗРАЧНОЙ ПЛАСТИНОЙ

Тынышова Т.Д. *142*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

СРАВНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ МАСЕЛ

Воловик В.Т., Леонидова Т.В., Коровина Л.М., Блохина Н.А., Касарина Н.П. *147*

КОНТРОЛЬ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ЕЁ СОСТАВА

Савиных Ю.В., Чуйкина Д.И. *153*

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ
ГИДРОПРИВОДОВ ВОРОТ И ЗАТВОРОВ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

Морозов В.Н., Гнеденко В.В., Павлович И.Л. *158*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЗАЛОГОВОГО ИМУЩЕСТВА
В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННОЙ ПРОДАЖИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Сихимбаев М.Р., Тапин Д.К., Легостаева А.А., Сраилова Г.Н. *163*

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

THE DIVERSITY STUDY OF THERMOPHILIC BACTERIA FROM THE PSEKUPS THERMAL WATER DEPOSIT

Bogomaz O.D., Vladimirov I.A., Pavlova O.A., Bogomaz D.I. 9

THE STUDY OF AEROSOL AIR POLLUTION AS A RESULT OF APPLICATION OF DEICING MATERIALS

Vodyanova M.A., Sbitnev A.V., Matveeva I.S., Antropova N.S., Abramov E.G. 15

WATER HOMEOSTASIS AND COMPOSITION OF BIOLOGICAL LIQUIDS OF YOUNG AND MATURE ANIMAL

Demchenko G.A., Bulekbaeva L.E., Abdreshov S.N., Nurmakhanova B.A., Osikbaeva S.O. 20

THE DEPENDENCE OF WATER BIOLOGICAL ACTIVITY WITH THE CONCENTRATION OF THE HOMEOSTATIC SYSTEM CONTROLLER – THE PEROXIDE ANION-RADICAL ASSOCIATES

Iksanova T.I., Kamenetskaya D.B., Stekhin A.A., Yakovleva G.V. 26

RADIONUCLIDE POLLUTION OF THE SOIL OF THE URANIUM-TECHNOGENIC PROVINCE IN MIN-KUSH, KYRGYZSTAN

Imanberdieva N.A., Kachybekova S.D., Zholboldiev B.T. 30

THE ASSESSMENT OF RARE MEDICINAL PLANTS AT INTRODUCTION IN THE REPUBLIC OF KHAKASSIA

Kravtsova L.P. 35

ASSESSMENT OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC ENVIRONMENT OF THE CITY OF GULKEVICHI WITH THE HELP OF PLANTS-BIOINDICATORS

Nagaychenko E.O., Bergun S.A. 40

IDENTIFICATION OF ACCEPTABLE LOADS OF POLLUTANTS ON THE BIOSYSTEM WITH HIGHER WATER PLANTS

Raimbekov K.T. 45

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

MONITORING OF ELECTROPHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF THE MYOCARDIUM IN ATHLETES OF CYCLIC TYPES OF SPORT AT VARIOUS STAGES OF TRAINING

Balberova O.V., Yarysheva V.B. 52

EXPERIENCE OF SENTINEL LYMPH NODE BIOPSY TECHNIQUE IN PATIENTS WITH BREAST CANCER AT ROSTOV RESEARCH INSTITUTE OF ONCOLOGY

Bosenko E.S., Luganskaya R.G., Shatova Yu.S., Vashchenko L.N., Kasyanenko V.N., Maksimova N.A., Ilchenko M.G., Agarkova E.I., Mamay V.I., Polupanov N.S., Churilov S.A. 57

MULTIVARIATE DISPERSION ANALYSIS OF SYMPTOMS OF PROTEIN-ENERGY INSUFFICIENCY IN CHRONIC KIDNEY DISEASE

Guseynov Kh.M. 62

NON-CARE OF PREGNANCY: HISTOLOGICAL STUDY OF CEREBRATES FROM THE CAVITY OF THE UTERUS

Kushubekova A.K., Samigullina A.E., Boobekova A.A. *66*

ATMOSPHERIC ELECTRICITY AND RESULTS OF RESEARCHES OF THE ION REGIME IN PREMISES OF MEDICAL ORGANIZATIONS OF THE STATIONARY TYPE

Rusakov N.V., Bobrovnitskiy I.P., Kalinina N.V., Rusakova E.V., Gaponova E.B., Banin I.M., Yakovlev M.Yu., Balakaeva A.V. *72*

CONTROLLED CLINICAL TRIAL AND DETERMINE THE RELEVANCE OF CLINICAL AND EXPERIMENTAL CONTROL GEOGRAFICHESKIH AND FISCALLINI INDICATORS OF THE STATE OF THE CAVERNOUS BLOOD FOR INTRAOPERATIVE REINFUSION

Chyngyshova Zh.A., Chapyev M.B. *77*

CONTENTS OF IODINE AND SELENIUM IN THE ORGANISM OF SCHOOLCHILDREN WITH DISEASES OF THE TOP DEPARTMENT OF THE DIGESTIVE TRACT AND THYROID

Shebalina A.O., Anfinogenova O.B. *83*

REVIEW

ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF STUDYING OF THE ODOUR AIR POLLUTION IMPACT ON POPULATION HEALTH

Budarina O.V., Sabirova Z.F., Shipulina Z.V. *88*

FEATURES OF THE GESTATIONAL PERIOD AND ITS OUTCOMES IN DIABETES MELLITUS

Petrov Yu.A., Ozdoeva I.M-B., Sultygova L.A. *93*

PEDAGOGICAL SCIENCES

ARTICLES

PROBLEMS OF TRAINING GRAMMATIC HOMONYMS

Baltabaeva Zh.K., Suleymenova Zh.N. *98*

AGRICULTURAL SCIENCES

ARTICLES

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS IN LONG-TERM HOSPITALITY OF CROP ROTATION AND AGROCHEMICAL INDICATORS OF SOIL

Dzyuin A.G. *103*

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

SUPERFINE FIBERS ON THE BASIS OF ALEURROLITE AND BASALT PRODUCED IN KYRGYZSTAN

Aydaraliev Zh.K., Kaynazarov A.T., Ismanov Yu.Kh., Abdiev M.S., Atyrova R.S., Sopubekov N.A. *109*

EXPERIMENTAL STUDY OF COMBUSTION PROCESS FOR TURBINE PROFILES

Dostiyarov A.M., Umyshev D.R., Kibarin A.A., Katranova G.S. *115*

ANALYSIS OF THE RESULTS OF ELECTROMAGNETIC, THERMAL AND OPTICAL MEASUREMENTS IN THE FRAMEWORK OF THE ACTIVITIES OF THE STUDENT SCIENTIFIC CIRCLE «ENERGY AUDITOR»

Semenov A.S. *122*

TO THE QUESTION OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION BETWEEN THE KYRGYZ REPUBLIC AND THE CHINESE PEOPLE'S REPUBLIC

Shatmanov O.T., Esenaliev T.B., Moldaliev E.D. *129*

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ARTICLES

BOUNDARY AND BULK HEATING OF INHOMOGENEOUS SUPERCRITICAL FLUID UNDER WEIGHTLESSNESS

Gorbunov A.A., Emelyanov V.M., Lednev A.K. *135*

DISTORTIONS OF THE SEQUENCE OF SELF-REPRODUCTIONS BY TRANSPARENT PLATE

Tynyshova T.D. *142*

CHEMICAL SCIENCES

ARTICLES

COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITION OF DIFFERENT EDIBLE OILS

Volovik V.T., Leonidova T.V., Korovina L.M., Blokhina N.A., Kasarina N.P. *147*

CONTROL OF DEVELOPMENT OF OIL FIELDS TO CHANGE ITS COMPOSITION

Savinykh Yu.V., Chuykina D.I. *153*

ECONOMICAL SCIENCES

ARTICLES

METHODOLOGY OF ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF MODERNIZATION OF HYDRAULIC GATES AND VALVES OF LOCKS

Morozov V.N., Gnedenko V.V., Pavlovich I.L *158*

STUDY OF VALUATION OF COLLATERALIZED ASSETS UNDER CONDITIONS OF CONSTRAINED SALE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Sikhimbaev M.R., Tapin D.K., Legostaeva A.A., Srailova G.N. *163*

СТАТЬИ

УДК 579.68

ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ТЕРМОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ ПСЕКУПСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

[1]Богомаз О.Д., [1,2]Владимиров И.А., [1]Павлова О.А., [1,3]Богомаз Д.И.

[1]ООО «Бигль», Санкт-Петербург, e-mail: lisokot@list.ru, olga.an.pavlova@gmail.com;
[2]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: ivanpentod@gmail.com;
[3]Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого, Санкт-Петербург, e-mail: bogomazden@mail.ru

Псекупское месторождение минеральных вод обеспечивает потребности бальнеологического курорта Горячий ключ, а также завода по производству минеральных вод. В данной работе изучили микробиологический состав минеральной воды из данного месторождения с целью проверки гипотезы о возможном наличии терапевтического действия данной воды не только за счет химического состава, но и за счет входящих в её состав микроорганизмов. Среда и условия пробоотбора подобраны таким образом, чтобы выявлять виды бактерий, с одной стороны, способных переносить без потери жизнеспособности нахождение в горячем источнике, и, с другой стороны, способных к росту в нормальных условиях и теоретически хотя бы некоторое время способных выживать в ЖКТ человека. Видоидентификацию выделенных микроорганизмов произвели с помощью ПЦР 16S рДНК с последующим секвенированием. В ходе исследования были обнаружены термофильные бактерии следующих таксономических единиц: *Ureibacillus thermosphaericus*, *Geobacillus sp.*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus borbori*, *Streptomyces sp.* Произведен анализ литературы на предмет продукции данными микроорганизмами биологически активных веществ, потенциально обладающих терапевтическим эффектом (антибиотиков, ферментов и т.п.). Для ряда микроорганизмов примеры таких веществ действительно были найдены.

Ключевые слова: микробиота, биоразнообразие, термофильные бактерии, горячие источники, Псекупское месторождение минеральных вод

THE DIVERSITY STUDY OF THERMOPHILIC BACTERIA FROM THE PSEKUPS THERMAL WATER DEPOSIT

[1]Bogomaz O.D., [1,2]Vladimirov I.A., [1]Pavlova O.A., [1,3]Bogomaz D.I.

[1]Beagle Ltd., St. Petersburg, e-mail: lisokot@list.ru, olga.an.pavlova@gmail.com;
[2]St. Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: ivanpentod@gmail.com;
[3]St. Petersburg Polytechnic University Peter the Great, St. Petersburg, e-mail: bogomazden@mail.ru

The Psekupskoe mineral water deposit provides the mineral water for the balneological resort Goryachiy Klyuch, as well as a mineral water production plant. In this paper, we have studied the microbiological composition of mineral water from this deposit in order to test the hypothesis about the possible presence of the therapeutic effect of this water not only due to the chemical composition, but also due to the microorganisms in it. The environment and conditions of sampling were selected in such a way as to identify the types of bacteria that, on the one hand, could be tolerance to hot spring conditions without losing vitality, and, on the other hand, were capable to grow under normal conditions and theoretically could survive in the human gastrointestinal tract for at least some time. Species identification of the isolated microorganisms was performed using 16S rDNA PCR followed by sequencing. The study revealed thermophilic bacteria of the following taxonomic units: *Ureibacillus thermosphaericus*, *Geobacillus sp.*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus borbori*, *Streptomyces sp.* An analysis of the literature on the subject of production of biologically active substances by these microorganisms, potentially having a therapeutic effect (antibiotics, enzymes, etc.) was made. For a number of microorganisms, examples of such substances have indeed been found.

Keywords: microbiota, biodiversity, thermophilic bacteria, hot springs, Psekupskoe mineral water deposit

В нашей работе осуществлены поиск и видоидентификация термофильных бактерий в Псекупском месторождении минеральных вод.

Псекупское месторождение минеральных вод находится в южной части территории г. Горячий ключ. Город расположен в 65 км к юго-востоку от краевого центра г. Краснодара в предгорье Кавказского хребта в долине реки Псекупс. Местность в районе месторождения имеет сложное геологическое строение и находится на стыке предгорий Кавказа и Прикубанской низменности. Источниками сульфатных вод Псекупского месторождения являются высокотермальные воды нижнемеловых отложений, разгружающиеся по отдельным тектонически ослабленным зонам. Смешение этих вод с более холодными поверхностными водами в различных соотношениях приводит к большому разнообразию состава вод в различных скважинах данного месторождения [1]. Данная ситуация является уникальным случаем и представляет собой очень интересную для исследований нестабильную и динамически меняющую-

ся экологическую нишу, где экстремальные термофилы, преимущественно анаэробы, попадают в аэробные и значительно менее минерализованные условия с пониженной до 50–60 °С температурой, а преимущественно аэробы из холодных поверхностных вод попадают в условия нехарактерных для них высоких температур и минерализации. На выходе минерального источника имеется совершенно новое, активно расселяющееся по опустевшей экологической нише микробиологическое сообщество, оптимизированное под создавшиеся в процессе смешивания вод условия.

Потребление минеральной воды Псекупского источника благотворно сказывается на здоровье человека при различных заболеваниях. Принято считать, что полезные свойства минеральной воды обусловлены исключительно её минеральным составом, однако мы предположили, что микробиологический состав воды также может влиять на профилактические и терапевтические свойства воды. На пути к проверке этой гипотезы было принято решение изучить максимально представленные аэробные виды, способные некоторое время поддерживать жизнеспособность в условиях ЖКТ человека.

Цель исследования: поиск и видоидентификация умеренно термофильных аэробных бактерий в Псекупском месторождении минеральных вод.

Материалы и методы исследования

В работе использовались: вода из Псекупского месторождения минеральных вод г. Горячий Ключ (Россия, Краснодарский край) (рис. 1).

Вода из источника «2-к» была собрана 15.08.2015 в стерильную посуду и доставлена в место проведения эксперимента.

Рис. 1. Схема Псекупского месторождения [2] и расположение места пробоотбора – источника «2-к» (красная стрелка)

Непосредственно перед экспериментом была приготовлена среда LB [3] с модификациями, оптимизированная для роста умеренно термофильных аэробов (О.К. Кабоев, устное сообщение).

Образцы воды из источника были пропущены через бактериальную мембрану размером пор 25 μm с использованием максимального давления фильтрации до 67 psi для концентрирования бактерий. На каждые 150 мл воды был использован один фильтр. Мембрана с микроорганизмами была перенесена на питательную среду и далее микроорганизмы выращивались в термостате на температуре 60 °C. Эта температура сходна с температурой в горячем источнике и позволяет подавить рост других бактерий и грибов, которые могут попасть в образец в результате его возможного загрязнения.

Далее образцы колоний были расштрихованы для получения чистой культуры (рис. 2).

Соскоб культуры размером со спичечную головку ресуспендировали в 300 мкл дистиллированной воды, замораживали при температуре –70 °C, а затем нагревали до 96 °C в течение 15 мин. Остатки клеток и свернувшиеся белки удаляли центрифугированием (10 мин, *10000 g).

Постановка ПЦР: объем реакционной смеси – 20 мкл на пробирку. Состав реакционной смеси для ПЦР с праймерами к последовательности 16S рДНК: 1x буфер для Taq-полимеразы, 2,5 мМ магния хлорид, 0,125 мМ трифосфаты нуклеотидов 0,25 мкМ праймер прямой, 0,25 мкМ праймер обратный, 0,125 е.а./мкл Taq-полимераза, 0,2 % БСА.

Использовали праймеры 16SF: GTGCCAGCMGCCGCGGTAA; 16SR: GGACTACVSGGGTATCTAAT [4].

Реакцию проводили по программе: начальная денатурация – 94 °C (5 мин), далее 45 циклов: 94 °C (18 с), 50 °C (40 с), 72 °C (40 с), финальная элонгация – 72 °C (5 мин). Анализ результатов ПЦР произведен методом электрофореза в агарозном геле. Продукты ПЦР-реакции были секвенированы. Обработка сиквенсов производилась с использованием программы «Mega5». Последовательность праймера длиной 19 нуклеотидов из сиквенса вычиталась и в дальнейшем анализе не использовалась.

Анализ сиквенса производился путем поиска гомологичных последовательностей с помощью базы данных NCBI.

В случае, если полученный сиквенс был одинаково похож на последовательности бактерий разных видов, определение производилось только до рода. Такое ограничение связано с малой длиной ампликона, из-за чего у достаточно близкородственных бактерий может не быть различий в последовательности 16S рДНК в пределах участка-мишени.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе выполнения работы получены концентрированные образцы природных организмов, обитающих в Псекупском месторождении минеральных вод. После высева образцов на культуральную среду были получены одиночные колонии, позже расштрихованные для получения чистой культуры (рис. 2).

Была проведена ПЦР с праймерами к таксономически значимыми районам 16S рДНК, ПЦР продукты были секвенированы.

Рис. 2. Расштрихованные образцы с колоний

В ходе исследования были обнаружены термофильные бактерии следующих таксономических единиц:

Ureibacillus thermosphaericus, *Geobacillus sp*., *Bacillus licheniformis*, *Bacillus borbori*, *Streptomyces sp*

На рис. 3 и 4 сиквенсы, представленные ниже (Query), получены в ходе работы.

Sbjct – последовательность из базы.

Bacillus licheniformis – грамположительная мезофильная спорообразующая бактерия. Широко представлена в разнообразных сообществах, в частности в почве. Выделялась также и из вод разнообразных горячих источников. Данные бактерии являются продуцентами высокоэффективных антибиотиков, в частности бацитрацина – циклопептидного антибиотика, эффективно действующего на грамположительную патогенную микрофлору, в частности на стрептококки и стафилококки.

Еще одной интересной особенностью этих бактерий является способность продуцировать ферменты, разрушающие внеклеточную ДНК (extracellular DNA, eDNA) [5]. Внеклеточная ДНК является важным компонентом внеклеточного матрикса, участвующего в построении биопленок различных видов бактерий, включая патогенные штаммы. Одним из примеров подобного рода является зубной налет [5]. В экспериментах *in vitro* фермент, выделенный из *Bacillus licheniformis*, разрушал существующие биопленки бактерий, вызывающих появление зубного налета, а также препятствовал образованию новых. Бактерии рода *Bacillus* довольно характерны для горячих источников, в частности они обнаружены в водах источников Горячий ключ (Приморский край, Россия) и Чистоводное (Приморский край, Россия) [6].

Ureibacillus thermosphaericus strain DSM 10633 16S ribosomal RNA gene, partial sequence
Sequence ID: ref|NR_040961.1| Length: 1540 Number of Matches: 1

Range 1: 571 to 788 GenBank Graphics ▼ Next Match ▲ Previous Match

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
396 bits(214)	2e-110	217/218(99%)	1/218(0%)	Plus/Plus

```
Query  1    CGT-AAGCGCGCGCAGGCGGTCTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCCGGCTTAACCGGGG  59
            ||| ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  571  CGTAAAGCGCGCGCAGGCGGTCTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCCGGCTTAACCGGGG  630

Query  60   AGGGTCATTGGAAACTGGGAGACTTGAGTGCAGGAGAGGGAAGCGGAATTCCATGTGTAG  119
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  631  AGGGTCATTGGAAACTGGGAGACTTGAGTGCAGGAGAGGGAAGCGGAATTCCATGTGTAG  690

Query  120  CGGTGAAATGCGTAGAGATATGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTCCTGGCCTGTA  179
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  691  CGGTGAAATGCGTAGAGATATGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTTCCTGGCCTGTA  750

Query  180  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGG  217
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  751  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGG  788
```

Geobacillus galactosidasius strain CF1B 16S ribosomal RNA gene, partial sequence
Sequence ID: ref|NR_108140.1| Length: 1426 Number of Matches: 1

Range 1: 468 to 685 GenBank Graphics ▼ Next Match ▲ Previous Match

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
396 bits(214)	2e-110	217/218(99%)	1/218(0%)	Plus/Plus

```
Query  1    CGT-AAGCGCGCGCAGGCGGTCCCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGG  59
            ||| ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  468  CGTAAAGCGCGCGCAGGCGGTCCCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCAACCGTGG  527

Query  60   AGGGTCATTGGAAACTGGGGGACTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGCGGAATTCCACGTGTAG  119
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  528  AGGGTCATTGGAAACTGGGGGACTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGCGGAATTCCACGTGTAG  587

Query  120  CGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTCTCTGGTCTGTA  179
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  588  CGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTCTCTGGTCTGTA  647

Query  180  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGG  217
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  648  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGG  685
```

Рис. 3. Результаты поиска гомологичных последовательностей в базе данных NCBI. Выявлена гомология последовательностей к 16S рДНК Ureibacillus и Geobacillus

Из бактерий вида *Streptomyces globisporus* рода *Streptomyces* выделяют аминогликозидный антибиотик стрептомицин. Этот антибиотик используется для лечения туберкулеза в различных локациях, венерической гранулемы, туляремии, бруцеллеза, чумы, кишечных инфекций, инфекций мочевыводящих путей и бактериального эндокардита [7].

Интересно отметить, что очень похожий состав бактериальных сообществ получен для высокотемпературных компостов [8]. Важно подчеркнуть, что эти бактерии (*Bacillus* sp., *Ureibacillus* sp. и др.) в указанной работе обнаружены в среде, в которой температура почти на 20 °C превышает максимальные для роста данных бактерий температуры.

Как и предполагалось, экстремальных термофилов обнаружено не было. Подтверждена высокая биологическая активность обнаруженных микроорганизмов, многие из них являются источниками высокоэффективных антибиотиков и обладают активностью к разрушению биопленок. Таким образом, микробиота минеральных вод Псекупского источника проявляет выраженные антимикробные свойства и не исключено, что профилактические и терапевтические её свойства связаны с микробиологическим составом. В случае дальнейшего подтверждения этого тезиса необходимо будет пересматривать способы подготовки, сроки и варианты использования бутилированной минеральной воды и рассматривать минеральную воду в качестве пробиотического препарата. На настоящий момент максимальный титр жизнеспособных бактериальных клеток в минеральной воде для внутреннего применения жестко нормируется ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия», а для выполнения этих требований производителями нередко применяются жесткие методики обеззараживания (включая обработку ультрафиолетом) и глубокую фильтрацию.

Bacillus licheniformis strain DSM 13 16S ribosomal RNA gene, complete sequence
Sequence ID: ref|NR_118996.1| Length: 1545 Number of Matches: 1

Range 1: 570 to 787 GenBank Graphics ▼ Next Match ▲ Previous Match

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
396 bits(214)	2e-110	217/218(99%)	1/218(0%)	Plus/Plus

```
Query  1    CGT-AAGCGCGCGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCCGGCTCAACCGGGG  59
            ||| ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  570  CGTAAAGCGCGCGCAGGCGGTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCCGGCTCAACCGGGG  629

Query  60   AGGGTCATTGGAAACTGGGGAACTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGTGGAATTCCACGTGTAG  119
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  630  AGGGTCATTGGAAACTGGGGAACTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGTGGAATTCCACGTGTAG  689

Query  120  CGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTCTCTGGTCTGTA  179
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  690  CGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGACTCTCTGGTCTGTA  749

Query  180  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCGAACAGG  217
            |||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  750  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCGAACAGG  787
```

Streptomyces leeuwenhoekii strain C34 16S ribosomal RNA gene, partial sequence
Sequence ID: ref|NR_126200.1| Length: 1416 Number of Matches: 1

Range 1: 464 to 681 GenBank Graphics ▼ Next Match ▲ Previous Match

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
396 bits(214)	2e-110	217/218(99%)	1/218(0%)	Plus/Plus

```
Query  1    CGT-AAGAGCTCGTAGGCGGCTTGTCGCGTCGGTTGTGAAAGCCCGGGGCTTAACCCCGG  59
            ||| ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  464  CGTAAAGAGCTCGTAGGCGGCTTGTCGCGTCGGTTGTGAAAGCCCGGGGCTTAACCCCGG  523

Query  60   GTCTGCAGTCGATACGGGCAGGCTAGAGTTCGGTAGGGGAGATCGGAATTCCTGGTGTAG  119
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  524  GTCTGCAGTCGATACGGGCAGGCTAGAGTTCGGTAGGGGAGATCGGAATTCCTGGTGTAG  583

Query  120  CGGTGAAATGCGCAGATATCAGGAGGAACACCGGTGGCGAAGGCGGATCTCTGGGCCGAT  179
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  584  CGGTGAAATGCGCAGATATCAGGAGGAACACCGGTGGCGAAGGCGGATCTCTGGGCCGAT  643

Query  180  ACTGACGCTGAGGAGCGAAAGCGTGGGGAGCGAACAGG  217
            |||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  644  ACTGACGCTGAGGAGCGAAAGCGTGGGGAGCGAACAGG  681
```

Bacillus borbori strain DX-4 16S ribosomal RNA, partial sequence
Sequence ID: ref|NR_132725.1| Length: 1453 Number of Matches: 1

Range 1: 541 to 758 GenBank Graphics ▼ Next Match ▲ Previous Match

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
396 bits(214)	2e-110	217/218(99%)	1/218(0%)	Plus/Plus

```
Query  1    CGT-AAGCGCGCGCAGGCGGCTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCGCAGCTCAACTGCGG  59
            ||| ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  541  CGTAAAGCGCGCGCAGGCGGCTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCGCAGCTCAACTGCGG  600

Query  60   AGGGTCATTGGAAACTGGGAAGCTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGTGGAATTCCACGTGTAG  119
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  601  AGGGTCATTGGAAACTGGGAAGCTTGAGTGCAGAAGAGGAGAGTGGAATTCCACGTGTAG  660

Query  120  CGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTCTCTGGTCTGTA  179
            ||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  661  CGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTCTCTGGTCTGTA  720

Query  180  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGG  217
            |||||||||||||||||||||||||||||||||||||||
Sbjct  721  ACTGACGCTGAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGG  758
```

Рис. 4. Результаты поиска гомологичных последовательностей в базе данных NCBI. Выявлена гомология последовательностей к 16S рДНК Bacillus и Streptomyces

Все идентифицированные бактерии выделены в виде чистых культур и поставлены на хранение, что дает возможности для их дальнейшего изучения.

Выводы

В Псекупском месторождении минеральных вод обнаружены термофильные микрорганизмы родов *Ureibacillus*, *Geobacillus*, *Bacillus*, *Streptomyces*. Показана потенциальная антимикробная активность минеральной воды, в том числе к патогенным бактериям формирующим биопленки.

Авторы работы выражают искреннюю благодарность В.Ю. Богомаз и П.В. Фоми-

ну за помощь в получении материала, а также за всестороннюю помощь и поддержку.

Список литературы

1. Мишурина В.М. Зависимость содержания сероводорода от условий эксплуатации сульфидных минеральных вод // Геология, география и глобальная энергия. Геология, поиски и разведка нефти и газа. 2013. № 1 (48). С. 38–46.

2. Машукова Л.И., Бжассо С.Х. Отчет о ведении объектного мониторинга минеральных вод и лечебных грязей на месторождениях, разрабатываемых ООО «Краснодарской ГГРЭС» // Псекупское месторождение минеральных вод. ГГРЭС, 2010. С. 4–15.

3. Bertani G. Studies on lysogenesis. The mode of phage liberation by lysogenic *Escherichia coli*. J. Bacteriol. 1958. vol. 62. P. 293–300.

4. Davis J.P, Youssef N.H., Elshahed M.S. Assessment of the Diversity, Abundance, and Ecological Distribution of Members of Candidate Division SR1 Reveals a High Level of Phylogenetic Diversity but Limited Morphotypic Diversity // Appl Environ Microbiol. 2009. Vol. 75. no 12. P. 4139–4148.

5. Rostami N., Shieds R.C., Yassin S.A., Hawkins A.R., Bowen L., Luo T.L., Rickard A.H., Holliday R., Preshaw P.M., Jakubovics N.S. A Critical Role for Extracellular DNA in Dental Plaque Formation. J Dent Res. 2017. vol. 96. no 2. P. 208–216.

6. Калитина Е.Г., Никулина Т.В., Челноков Г.А., Брагин И.В., Зорин С.А. Микроорганизмы и водоросли в термальных источниках Горячий ключ и Чистоводное (Приморский край, Россия) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2014. № 6. С. 281–293.

7. Реестр лекарственных средств России. [Электронный ресурс]. URL http://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_1605.htm (дата обращения: 18.04.2019).

8. Hirota K., Miura C., Motomura N., Matsuyama H., Yumoto I. Isolation and identification of bacteria from hightemperature compost at temperatures exceeding 90 °C. African Journal of Microbiology Research. 2019. vol. 13. no. 7. P. 134–144.

УДК 614.78

ИЗУЧЕНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Водянова М.А., Сбитнев А.В., Матвеева И.С., Антропова Н.С., Абрамов Е.Г.

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: lab.pochva@mail.ru

В работе показана необходимость проведения комплексного изучения воздействия противогололедных материалов (ПГМ) в виде аэрозолей на здоровье населения, объекты инфраструктуры города и окружающей среды в натурных и модельных условиях с целью уточнения видов реагентов, допускаемых к использованию на объектах дорожного хозяйства, и технологии их применения. Кроме того, отмечены важные критерии, которые необходимо учесть при разработке методической и нормативной базы для эколого-гигиенической и токсикологической оценки противогололедных реагентов, как отдельной подгруппы химических веществ, оказывающих негативное воздействие на компоненты окружающей среды и здоровье человека. Показано, что хлориды натрия, магния и кальция, входящие в состав ПГМ, могут способствовать мобилизации следовых количеств металлов из почвы на ее поверхность и грунтовые воды. Твердые частицы соли, например, NaCl, могут способствовать загрязнению воздуха посредством адсорбции на поверхности взвешенных частиц, проявляющих ярко выраженные негативные эффекты для здоровья населения. Учитывая объемы и масштабы применения ПГМ в зимний период времени, целесообразно актуализировать подходы к их токсикологической оценке с целью уточнения объективных механизмов воздействия ПГМ на здоровье населения и объекты окружающей среды, а также разработать метод по химическому анализу проб атмосферного воздуха на содержание аэрозольных частиц ПГМ в зимний период. Кроме того, представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на разработку данного метода.

Ключевые слова: противогололедный материал, нормирование, аэрозоль, загрязнение воздуха, здоровье

THE STUDY OF AEROSOL AIR POLLUTION AS A RESULT OF APPLICATION OF DEICING MATERIALS

Vodyanova M.A., Sbitnev A.V., Matveeva I.S., Antropova N.S., Abramov E.G.

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

The work shows the need for a comprehensive study of the effects of anti-icing materials (PGM) in the form of aerosols on public health, infrastructure and environmental facilities in natural and model conditions in order to clarify the types of reagents allowed for use at road facilities, and their application technology. In addition, important criteria are noted that must be taken into account when developing the methodological and regulatory framework for the environmental, hygienic and toxicological assessment of anti-icing agents, as a separate subgroup of chemicals that have a negative impact on environmental components and human health. It is shown that sodium, magnesium and calcium chlorides, which are part of PGM, can contribute to the mobilization of trace metals from the soil to the surface and groundwater. Solid particles of salt, for example, NaCl, can contribute to air pollution by means of adsorption on the surface of suspended particles, showing pronounced negative effects on public health. Given the volume and scope of the use of PGM in the winter time, it is advisable to update the approaches to their toxicological evaluation in order to clarify the objective mechanisms of the effects of PGM on public health and environmental objects, and to develop a method for chemical analysis of atmospheric air samples on the content of PGM aerosol particles in winter period. In addition, the results of experimental studies aimed at the development of this method are presented.

Keywords: deicing material, rationing, aerosol, air pollution, health

Физиологическое значение элементов, входящих в состав противогололедных материалов (ПГМ), общеизвестно. Калий вызывает расширение сосудов внутренних органов и сужение периферических сосудов, он замедляет сердечный ритм. Хлориды калия и натрия участвуют в генерализации и проведении электрических импульсов в нервной и мышечной ткани. Таким образом, эти соединения могут влиять на функционирование нервной ткани, сокращение скелетных и сердечных мышц [1].

Физиологические эффекты влияния на человека данных веществ хорошо изучены на примере гало- и спелеоклиматических камер, используемых в медицине. Показано, что пребывание в соляных камерах положительно влияет на параметры легочной вентиляции, улучшает функции дыхательной мускулатуры, оказывает выраженное противовоспалительное действие. Однако для изучения действия ПГМ на организм человека нельзя интерпретировать данные, полученные от изучения действия данных соединений в условиях спелеокамеры. Так

как в галокамерах применяется особый микроклимат, который регламентируется техническими требованиями к содержанию этих лечебных помещений. В разработанных Санитарных правилах и нормах по проектированию и эксплуатации галокамер и спелеоклиматических камер медицинского назначения указаны требования к аэрозолю и микроклимату [2].

Научные исследования последних десятилетий доказывают, что индикаторным показателем качества окружающей среды, в том числе качества атмосферного воздуха современных городов, во многом является уровень и характер хронической патологии органов дыхания у населения [3]. Отмечено, что патологии органов дыхания в 40–60 % случаев развиваются вследствие действия неблагоприятных экологических факторов [4].

Токсиканты, поступая в организм человека с вдыхаемым воздухом, оказывают канцерогенное, мутагенное, тератогенное и аллергическое действия [5].

Изучению влияния противогололедных реагентов (ПГР) на организм человека и животных посвящен ряд работ. Однако крайне мало работ, посвященных причинно-следственной связи применения ПГМ и роста бронхолегочных заболеваний. В связи с этим в зонах экологического неблагополучия распространены признаки вторичного иммунодефицита, а бронхолегочные заболевания служат наиболее информативными проявлениями вторичного иммунодефицита [6]. Экспериментально показано, что ПГР оказывают воздействие на местный иммунитет теплокровных животных [7]. Также отмечено, что в условиях низких температур наибольшие изменения происходят в респираторной системе. В зимнее время в организме человека происходит комплекс физиологических реакций, вызываемых температурным переохлаждением, создающим эффект «холодового напряжения», оказывая сильное влияние на уровень смертности населения, в основном от болезней органов системы кровообращения и дыхания [8].

Изучение сезонной заболеваемости и смертности населения является одной из приоритетных задач современного здравоохранения как в России, так и во всем мире. Ряд отечественных и зарубежных исследователей показал, что смертность от различных заболеваний в зимние месяцы и март была выше, чем за апрель и ноябрь [9–11]. Поэтому изучение эффектов комплексного воздействия ПГМ в условиях холодного времени года является актуальной задачей.

Учитывая, что загрязнения атмосферного воздуха могут играть значительную роль в увеличении заболеваемости и смертности населения, а также то, что поллютанты вызывают вторичную иммуносупрессию, необходимо изучение заболеваемости по сезонам, особенно в условиях мегаполисов [12, 13].

По имеющимся данным, наиболее безопасными для урбанизированных территорий являются реагенты фрикционного действия – песок, щебень, гранитная и мраморная крошка, нередко в качестве ПГР используют промышленные отходы – золу или шлак. Однако эти материалы также не безопасны для человека, объектов окружающей среды и дорожно-транспортных коммуникаций. Учитывая, что в настоящее время на дорогах часто применяют пескосоляную смесь для борьбы с гололедом, представляющую собой диоксид кремния SiO_2 и солевых добавок, изучение влияния пыли, содержащей данные компоненты, весьма актуально. Так, установлено, что в результате воздействия высоких концентраций пыли на легкие наибольшую опасность представляют минеральные пыли. При воздействии пыли в легких могут возникать как механические повреждения клеток дыхательных путей и альвеол, особенно с острыми и твердыми гранями, как у кварца, так и возможно их токсикохимическое поражение. При поступлении пыли с диоксидом кремния происходит процесс постепенного растворения кремнезема в тканевой жидкости с образованием коллоидного раствора кремневой кислоты, которая, являясь протоплазматическим ядом, денатурирует клеточные белки, вызывая тем самым воспаление в легочной ткани, и затем фиброз [14]. Поэтому изучение эффектов комплексного воздействия ПГМ в условиях холодного климатического сезона, а также разработка методики оценки химического состава воздуха в зимний период по компонентам ПГМ является крайне актуальным направлением исследований.

Таким образом, целью данного исследования является изучение аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха в результате применения противогололедных материалов, а также отработка метода отбора проб атмосферного воздуха в зимний период.

Материалы и методы исследования

Пробы воздуха отбирались на аэрозольные фильтры и в поглотительные приборы барботажного типа (барботеры). Электрический аспиратор ПУ-4Э позволяет проводить отбор проб газов, паров и аэрозолей в атмосферном воздухе с заданным объемным расходом через поглотитель по 4-м параллельным каналам.

Отбор проб производили по адресу: ул. Погодинская, у тротуара, на расстоянии 20 м от д.10, стр. 8 (ИБМХ им. В.Н. Ореховича) и 2 м от 2-х полосной дороги (проба воздуха СН-2).

Отбор на аэрозольные фильтры. Химические соединения улавливались аналитическим аэрозольным фильтром АФА-ВП, предназначенным для определения весовой (массовой) концентрации аэродисперсных примесей (аэрозолей) в атмосферном воздухе. В целях фиксации фильтры устанавливались в фильтродержатель (ИРА-20). Аспиратор ПУ-4Э обеспечивал прохождение воздуха через фильтр с фиксированной объемной скоростью 20 дм^3/мин. Перед отбором проб аэрозольные фильтры высушивались до постоянного веса в эксикаторе с использованием хлористого кальция в соответствии с требованиями РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы (Часть I (разделы 1–9)).

Массовую концентрацию катионов и анионов определяли методом ионной хроматографии (ФР.1.31.2008.01738; ФР.1.31.2008.01724). С этой целью отработанные аэрозольные фильтры помещались в центрифужные полипропиленовые пробирки, наполненные бидистиллированной водой (10 см^3) для получения смыва с поверхности фильтра.

Отбор в барботеры. Пробы воздуха отбирались в поглотительный раствор, находящийся в барботере. В качестве поглотительного раствора в барботер вносили по 10 см^3 бидистиллированной воды и плотно закрывали заглушками. Поглотительные барботеры хранились и транспортировались в закрытом виде. Химические соединения улавливались бидистиллированной водой в течение 30-минутной аспирации воздуха со скоростью поглощения 2 дм^3/мин. После прокачки воздуха в полученном водном растворе аналогичным образом измеряли массовую концентрацию катионов и анионов легкорастворимых химических соединений.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика способов отбора проб атмосферного воздуха.

Уровень содержания легкорастворимых компонентов химических соединений в воде после 30-минутного барботирования атмосферного воздуха в 1,8–3,5 раза превышали уровни содержания соответствующих компонентов в водных смывах с аэрозольных фильтров, результаты приведены в табл. 2, 3.

Увеличение продолжительности аспирации воздуха в водный раствор барботера с 30 до 120 мин при скорости поглощения воздуха 2 дм^3/мин не способствовало большему накоплению легкорастворимых компонентов солей из атмосферного воздуха, результаты приведены в табл. 2, 4.

По результатам анализа холостой пробы аэрозольного фильтра (АФА-ВП-20) установлено, что значения концентраций исследуемых катионов и анионов на поверхности неиспользованного фильтра в 1,5–2 раза превышают соответствующие показатели, полученные по результатам химического анализа смывов с поверхностей отработанных фильтров после 30-минутной аспирации атмосферного воздуха в местах отбора проб. Результаты исследований представлены в табл. 3, 5.

Таблица 1

Сравнительная характеристика способов отбора проб атмосферного воздуха, используемых в экспериментальных исследованиях

Способ отбора атмосферного воздуха	Скорость поглощения воздуха дм^3/мин	Продолжительность отбора пробы, мин	Объем аспирированного воздуха, дм^3
Отбор на аэрозольные фильтры	20	30	600
Отбор в барботер	2	30	60

Таблица 2

Катионно-анионный состав атмосферного воздуха в зимний период, проба № СН-2, отбор в барботер, уровень высоты – 0,8 м, продолжительность отбора – 30 мин

Катион/анион	Концентрация в атмосферном воздухе, мг/м^3
Na^+	0,02
Ca^{2+}	0,007
Cl^-	0,014
NO_2^-	0,004
NO_3^{2-}	0,006
SO_4^{2-}	0,005

Таблица 3

Катионно-анионный состав атмосферного воздуха в зимний период, отбор на аэрозольные фильтры на разных уровнях высоты, проба № СН-2, продолжительность отбора – 30 мин

Катион/анион	Концентрация в атмосферном воздухе, мг/м^3	
	уровень высоты – 1,5 м	уровень высоты – 0,8 м
Na^+	0,008	0,008
Ca^{2+}	<0,005	<0,005
Cl^-	0,006	0,007
NO_2^-	–	–
NO_3^{2-}	0,001	0,0017
SO_4^{2-}	0,001	0,0017

Таблица 4

Катионно-анионный состав атмосферного воздуха в зимний период, проба № СН-2, отбор в барботер, уровень высоты – 0,8 м, продолжительность отбора – 120 мин*

Катион/анион	Концентрация в атмосферном воздухе, мг/м^3
Cl^-	0,025
NO_3^-	0,005
NO_2^-	0,002
SO_4^{2-}	0,012
Na^+	0,017
Ca^{2+}	0,004

П р и м е ч а н и е . *Отбор проб проводился после схода снега, в сухую солнечную погоду.

Таблица 5

Катионно-анионный состав смыва с холостой пробы (аэрозольный фильтр АФА-ВП-20)

Катион/анион	Концентрация в пересчете на атмосферный воздух, мг/м^3
Na^+	0,012
Ca^{2+}	0,0075
Cl^-	0,009
NO_3^{2-}	0,002
SO_4^{2-}	0,002

Аналитические методы не выявили наличия компонентов легкорастворимых солей (катионы натрия, кальция, хлорид, нитрат, сульфат-анионы) в атмосферном воздухе в местах отбора проб. Концентрации исследуемых ионов, которые были обнаружены в смывах с аэрозольных фильтров и в водных растворах после использования барботажного устройства, в целом незначительны и соответствуют уровню, свидетельствующему о наличии следов (следовых количеств) химических компонентов, содержащихся в стеклянной лабораторной посуде (барботер), упаковке (аэрозольные фильтры) или адсорбированных твердыми поверхностями из окружающего воздуха. В дополнение к этому полученные значения могут соответствовать диапазону погрешностей используемых методов исследований.

Однако отмечены также недостатки применения указанного аспиратора ввиду недостаточно широкого диапазона рабочих температур (от –10 до +30 °С, тогда как ПГМ применяются при температурах от 0 до –30 °С).

Показано, что содержание в атмосферном воздухе г. Москвы ионов, входящих в состав ПГМ – Ca^{2+}, Na^+, Cl^- – находится на уровне 0,004, 0,017, 0,025 мг/м^3 соответственно.

Заключение

Полученные результаты сравнивали с исследованиями состава атмосферного аэрозоля и его антропогенных компонен-

тов в атмосфере над морями Северного Ледовитого океана [15], так как работ по изучению компонентного состава атмосферного воздуха в зимний период по выбранным в работе показателям крайне мало. В этих исследованиях отбор проб атмосферного аэрозоля проводили через ацетатцеллюлозные (АФА-ХА-20) или перхлорвиниловые (АФА-ХП-20) фильтры с помощью разработанного авторами прокачивающего устройства, способного непрерывно работать при низких температурах окружающего воздуха. Элементный состав аэрозольных проб определяли методами инструментального нейтронно-активационного и количественного спектрального анализов. Средние концентрации тех же химических элементов в атмосфере Арктики достигали значений 0,0006, 0,00042, 0,00041 мг/м^3 соответственно. При этом природа этих элементов в изучаемом аэрозоле имеет морское происхождение. В то время как в городских условиях наличие данных элементов в изучаемом аэрозоле носит антропогенное происхождение.

По полученным результатам можно сделать вывод о необходимости проведения дополнительных исследований по изучению элементного состава загрязненного воздуха при условии соблюдения технических требований к отбору проб и выбора оптимального метода анализа.

Список литературы

1. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век, 2004. 216 с.

2. Николаева Е.А., Тишкевич Г.И., Косяченко Г.Е. Анализ гигиенических характеристик спелеосреды наземных гало- и спелеоклиматических камер // Здоровье и окружающая среда. 2016. № 2. С. 185–187.

3. Гринченков Д.В., Косяченко Г.Е., Мохов В.А., Тишкевич Г.И., Левченко П.А. Анализ аспектов развития системы наземного спелеолечения // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21743 (дата обращения: 16.04.2019).

4. Жолдакова З.И., Юдин С.М., Синицына О.О., Бударина О.В., Додина Н.С. Перспективы совершенствования организационно-правовых и методических мер по управлению качеством окружающей среды // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 11. С. 1026–1031. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1026-31.

5. Синицын И.С. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха города Ярославля на заболеваемость органов дыхания // Ярославский педагогический вестник. 2011. № 1. С. 190–193.

6. Экология и здоровье детей / Под. ред. М.Я. Студеникина, А.А. Ефимовой. М.: Медицина, 1998. С. 32–33.

7. Чудакова С.Б. Токсиколого-гигиеническая оценка степени опасности антигололедных реагентов: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Место защиты: ГУ «Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды РАМН». Москва, 2006. 191 с.

8. Баланова Ю.А., Концевая А.В., Лукьянов М.М., Кляшторный В.Г., Кузнецов А.С., Калинина А.М., Бойцов С.А. Избыточная смертность населения в Москве в зимний период и ее экономическое значение в 2007–2014 гг. // Российский кардиологический журнал. 2015. № 11. С. 46–51.

9. Бойцов С.А., Лукьянов М.М., Концевая А.В., Деев А.Д., Баланова Ю.А., Капустина А.В., Кляшторный В.Г., Худяков М.Б. Особенности сезонной смертности населения от болезней системы кровообращения в зимний период в регионах Российской Федерации с различными климатогеографическими характеристиками // Региональная фармакотерапия в кардиологии. 2013. № 9. С. 627–632.

10. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Изменение климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 122–139.

11. Карпов Ю.А., Булкина О.С., Лопухова В.В., Козловская И.Л. Влияние климатических и метеорологических факторов на течение ишемической болезни сердца // Кардиологический вестник. 2013. № 2. С. 41–47.

12. Щербакова М.А. Влияние загрязнений атмосферного воздуха на заболеваемость взрослого городского населения бронхиальной астмой // Вестник Витебского государственного университета. 2017. № 2. С. 40–48.

13. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю., Банченко А.Д., Нагорнев С.Н. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 11. С. 1038–1042.

14. Гигиена труда: учебник / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 592 с.

15. Виноградова А.А. Антропогенный аэрозоль над морями Северного Ледовитого океана: дис. ... докт. географ. наук: 25.00.28. Москва, 2004. 218 с.

УДК 59:612.42

ВОДНЫЙ ГОМЕОСТАЗ И СОСТАВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ МОЛОДЫХ И ЗРЕЛЫХ ЖИВОТНЫХ

[1]Демченко Г.А., [1]Булекбаева Л.Э., [1]Абдрешов С.Н., [1]Нурмаханова Б.А., [1,2]Осикбаева С.О.

[1]Институт физиологии человека и животных КН МОН РК, Алматы;
[2]Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, e-mail: georgiidemchenko@mail.ru

Исследовали особенности водного гомеостаза и состав биологических жидкостей у молодых (20–40-дневных) и зрелых (10–12-месячных) крыс линии Wistar. Показано снижение лимфотока, диуреза, обьема плазмы крови интерстициальной жидкости у зрелых животных в сравнении с молодыми. В крови и лимфе несколько увеличилось количество холестерина и триглицеридов, а количество глюкозы снизилось у зрелых животных. Биохимические показатели, такие как ионный состав и др. изучаемых жидкостей, колебался в пределах среднестатистической ошибки. Наблюдалось увеличение лейкоцитов, нейтрофилов, СД-20 лимфоцитов в крови и лимфе и лимфоцитов в лимфе у зрелых животных. Становление механизмов движения лимфы у крыс начинается с рождения до одно-двухмесячного возраста, когда к уже существующим с рождения интралимфатическим и экстралимфатическим факторам движения лимфы присоединяется сформировавщиеся сосудодвигательная иннервация, гладкая мускулатура и появляется собственная сократительная активность гладкомышечных клеток в лимфатических сосудах и узлах, способствующая активному транспорту жидкости из интерстиция в кровеносное русло, что подтверждается полученными нами данными – биохимическим, клеточным, ионным, иммунным показателям крови и лимфы, лимфотоку, диурезу, составу и обьему интерстициальной жидкости, которые соответствовали физиологическим изменениям от молодого организма к зрелому.

Ключевые слова: лимфа, лимфатическая система, водный гомеостаз, состав биологических жидкостей, интерстициальная жидкость, кровь

WATER HOMEOSTASIS AND COMPOSITION OF BIOLOGICAL LIQUIDS OF YOUNG AND MATURE ANIMAL

[1]Demchenko G.A., [1]Bulekbaeva L.E., [1]Abdreshov S.N., [1]Nurmakhanova B.A., [1,2]Osikbaeva S.O.

[1]Institute of Human and Animal Physiology, Almaty;
[2]Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, e-mail: georgiidemchenko@mail.ru

We studied particularly water homeostasis and composition of biological fluids in young (20-40 day) and mature (10-12 monthly.) Wistar rats. A decrease in lymphatic flow, diuresis, and blood plasma volume of interstitial fluid in mature animals is shown in comparison with young ones. The amount of cholesterol and triglecerides slightly increased in blood and lymph, and the amount of glucose decreased in mature animals. Biochemical indicators, such as the ionic composition and other liquids studied, were within the limits of the average statistical error. An increase in leukocytes, neutrophils, DM-20 lymphocytes in the blood and lymph and lymphocytes in the lymph in mature animals was observed. The formation of mechanisms of lymphatic movement in rats starts from the moment of birth to one to two months of age, when the already existing vasomotor innervation and smooth muscles join the existing lymphatic factors of lymph movement and the muscles develop their own contractile activity in the lymphatic vessels and glands of the lymphatic vessels and glands. The transport of fluid from the interstitium into the bloodstream, which confirms our findings – biochemical, cellular, ionic, and immune parameters of blood and lymph, lymph flow, diuresis, composition and volume of interstitial fluid, which corresponded to physiological changes from a young organism to a mature one.

Keywords: lymph, lymphatic system, water homeostasis, composition of biological fluids, interstitial fluid, blood

Лимфатическая система является важнейшей компонентой основы состояния здоровья человека, обеспечивая постоянство двух основных его составляющих – тканевого и водного гомеостаза. В организме внеклеточный матрикс, интерстициальная жидкость, прелимфатические и лимфатические капилляры, лимфатические сосуды и лимфоузлы с лимфоидным клеточным содержимым представляют собой единые структуры, обеспечивающие движение жидкой и клеточной массы, направленной на выполнение единой задачи – поддержание постоянства внутренней среды организма [1]. Водный гомеостаз является условием жизнедеятельности любого организма. Поддержание водного гомеостаза представляется важнейшей функцией лимфатической системы [2]. Лимфатический дренаж сочетается с нейтрализацией тех вредных веществ, которые в большой или в меньшей степени присутствуют в интерстиции, окружающем клетку. Последняя реализуется путем биофизической, биохимической, иммунной обработки тканевой жидкости и лимфы из нее образующейся [3]. В процессе нейтрализации веществ, вредных

для жизнедеятельности организма, принимают участие три гомеостатические системы: лимфатическая, лимфоидная (иммунная) и система рыхлой соединительной ткани, образующая интерстиций – внутреннюю среду организма. Такой функциональный синергизм дает основание рассматривать эти системы как дренажно-детоксикационный комплекс, а его стоит рассматривать как некую функциональную систему, обеспечивающую биобезопасность организма [4].

Цель исследования: изучить состояние и состав биологических жидкостей у молодых и зрелых животных.

Материалы и методы исследования

Эксперименты на животных проведены в соответствии с принципами биоэтики, правилами лабораторной практики. Исследование одобрено локальной этической комиссией КНМУ им. Асфендиярова (протокол № 6 (70) от 30.5.2018). Эксперименты выполнены на 64 лабораторных крысах линии Wistar, разного возраста, которые находились в виварии института на стандартном пищевом и водном режиме. Животные были разделены на 2 группы. 1-я группа животных с 20–40-дневные молодые и 2-я группа 10–12 месяцев – зрелые крысы.

Наркотизация животных осуществлялась ингаляционно эфиром через маску, в которую помещалась ватка с эфиром. Препарировали грудной лимфатической проток у диафрагмы, в которую вставляли градуированную микроканюлю и через которую определяли лимфаток и собирали лимфу для исследований. В каудальной части брюшной полости после сбора лимфы препарировали брюшную аорту, в нее вставляли тефлоновый катетер для сбора крови.

В пробах крови и лимфы определяли содержание общего белка, холестерин, триглицериды, общие липиды, мочевину, креатинин и билирубин. Исследовался уровень активности ферментов: аланинаминотрансферазу (АлАТ), аспартатаминотрансферазу (АсАТ), щелочную фосфатазу, амилазу в лимфе и плазме крови, которые определялись по общепринятым методам с помощью автоматического биохимического анализатора COBOS INTEGRA 400. Клеточный состав крови и лимфы, мочи определялся с помощью гематологического анализатора «SYSMEX KX-219 9». Электролиты в лимфе и плазме крови исследовались с помощью анализатора AVL 9180 (ROCHE DIAGNOSTICS, Австрия, 2012). Определение биохимических показателей мочи проведено с помощью анализатора (High Technology, США, 2013). Определяли число лейкоцитов, лейкоцитарную формулу – в сухих мазках крови и лимфы, окрашенных по методу С.П. Романовского. Для изучения мазков крови и лимфы использовали световой микроскоп Leica – DM-1000. Определялся объем плазмы крови по гемотакриту. Объем внеклеточной жидкости определялся путем пропускания тока низкой и высокой частоты с последующим измерением импеданса [5], с использованием реографа «Рео-Мицар». Состав интерстициальной жидкостей был изучен после получения ее фитильковым методом [6]. Изучена иммунограмма плазмы крови и лимфы [7]. Определяли субпопуляцию состава лимфоцитов с помощью проточной цитометрии с применением моноклональных антител Сд-3, Сд-4, Сд-8, Сд-16, Сд-19 с определением иммунорегуляторного индекса на проточном цитометре FACS CALIBUS. Иммуноглобулины с помощью иммуноферментного метода с применением коммерческих Т-систем производство BECTOR BEST. Артериальное давление, ЧСС у животных регистрировалось через датчик хирургического монитора «Dreger».

Результаты опытов обработаны методом вариационной статистики на ЭВМ с использованием t-критерия Стьюдента. Результаты считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Лимфоток у молодых крыс составлял 2,4 ± 0,3 мкл/мин при весе крыс 44 ± 5 г или 0,05 мкл/мин на 1 г ткани крысы, а у зрелых крыс составлял 7,9 ± 0,5 мкл/мин при весе животных 259 ± 18 г или 0,03 мкл/мин на 1 г ткани. Также мы заметили повышение холестерина и триглицеридов и общих липидов в крови и лимфе у зрелых крыс на (12,5% и на 9%) (12% и 9%) соответственно. Глюкоза несколько снижалась у зрелых крыс на 26% в крови и на 7% в лимфе (табл. 1).

Остальные изученные биохимические параметры крови и лимфы у молодых и зрелых животных: мочевина, билирубин, креатинин, общий белок, α-амилаза, АлАТ, АсАТ, щелочная фосфатаза колебались в одних и тех же величинах.

При анализе полученных результатов клеточного состава лимфы и крови мы обнаружили повышение лейкоцитов в плазме крови на 42% и в лимфе на 13%. У зрелых крыс остальные параметры не выявили каких-либо значительных изменений (табл. 2).

Исследование ионов в плазме крови, лимфе и моче не выявило значительных изменений у зрелых и молодых животных, только в моче ионы Na повысились на 11,3% у зрелых животных (табл. 3).

При анализе иммунологического состава крови и лимфы обращает на себя внимание так же увеличение количества лейкоцитов на 36% в крови и на 12% в лимфе у зрелых животных, увеличение палочкоядерных и сегментноядерных нейрофилов (табл. 4). Получили увеличение количество нейтрофилов в крови (палочкоядерных и сегментноядерных), а лимфоциты снизились в крови у зрелых крыс, в лимфе повысились. Увеличилось количество IgG иммуноглобулинов, как в крови, так и в лимфе. Увеличилось количество Сд-20 В-лимфоцитов, как в крови, так и лимфе (на 45 и 25%) соответственно (табл. 4). Свертываемость крови у молодых крыс 3,59 ± 0,4 мин, а у зрелых 3,48 ± 0,4 мин. В лимфе у молодых животных свертываемость 3,90 ± 0,5 мин, у зрелых животных 3,68 ± 0,4 мин. Вязкость крови 5,5 ± 0,5 у молодых и у зрелых 5,3 ± 0,4 животных, в лимфе у молодых

4,4 ± 0,5 и зрелых 4,1 ± 0,6. С увеличением возраста наблюдалось некоторое усиление свертываемости и повышение вязкости крови и лимфы. Обьем плазмы по гематокриту у молодых 46,1 ± 3,2 и у зрелых 44,2 ± 4,1 %. ЧСС у молодых животных 496 ± 15, а у зрелых 481 ± 11 сокращений в минуту. Артериальное давление 103 ± 7 у зрелых животных, у молодых животных 94 ± 11 мм. Диурез у молодых животных составлял 0,000019 ± ± 0,000001 мл/мин на 1 г массы тела, а у зрелых животных 0,000015 ± 0,000001 мл/мин на 1 г массы тела. Снижение составляло 26 % у зрелых крыс.

Таблица 1

Биохимические показатели плазмы крови и лимфы у молодых и зрелых животных

Показатели	Плазма крови молодых животных	Плазма крови зрелых животных	Лимфа молодых животных	Лимфа зрелых животных
Мочевина, ммоль/л	4,7 ± 0,8	4,9 ± 0,7	6,2 ± 2	3,9 ± 0,2
Билирубин, мкмоль/л	3,32 ± 0,94	3,47 ± 0,91	0,7 ± 0,02	0,5 ± 0,04
Креатинин, мкмоль/л	43,82 ± 3,08	42,8 ± 3,2	–	–
Глюкоза, ммоль/л	4,6 ± 1,50	3,65 ± 1,8*	4,62 ± 1,9	4,35 ± 1,7*
Общий белок, г/л	68,2 ± 0,43	69,5 ± 0,6	4,4 ± 2	39,3 ± 0,4
α-амилаза, ед/л	480 ± 45	485 ± 52	550 ± 50	570 ± 55
АлАТ, мккат	0,13 ± 0,03	0,14 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,15 ± 0,02
АсАТ, мккат	0,18 ± 0,5	0,20 ± 0,2	0,140 ± 0,02	0,16 ± 0,02
Холестерин общий, моль/л	1,65 ± 0,03	1,8 ± 0,04	1,24 ± 0,05	1,3 ± 0,04
Триглицериды, моль/л	0,85 ± 0,04	0,95 ± 0,03	0,68 ± 0,03	0,7 ± 0,05
Общие липиды, г/л	1,5 ± 0,04	1,5 ± 0,05	1,2 ± 0,04	1,3 ± 0,05
Щелочная фосфатаза, Е/л	342 ± 14	336 ± 12	410 ± 15	480 ± 17*

П р и м е ч а н и е . Достоверно по сравнению с контролем, –р < 0,5*, –р < 0,01**.

Таблица 2

Клеточный состав крови и лимфы у молодых и зрелых животных

Показатели	Кровь молодых животных	Кровь зрелых животных	Лимфа молодых животных	Лимфа зрелых животных
WBC – лейкоциты x 10^3 / μL	5,0 ± 0,2	7,5 ± 0,1**	13,7 ± 0,4	15,6 ± 0,3*
RBC – эритроциты x 10^6 / μL	7,3 ± 0,2	7,4 ± 0,2	0,01 ± 0,002	0,02 ± 0,003
HGB – гемоглобин g/dL	14,0 ± 0,3	15,0 ± 0,3	–	–
Hct – гематокрит %	48,0 ± 4	45,0 ± 3,2	–	–
PLT – тромбоциты x 10^3 / μL	405 ± 14	425 ± 14	–	–
LYM %	52,0 ± 2	55,5 ± 3,4	84,2 ± 0,8	96,0 ± 0,8
LYM x 10^3 / μL	2,6 ± 0,2	2,7 ± 0,3	11,9 ± 0,3	13,0 ± 0,4

П р и м е ч а н и е . Достоверно по сравнению с контролем, –р < 0,5*, –р < 0,01**.

Таблица 3

Содержание ионов в плазме крови, лимфе и моче у молодых и зрелых животных

Показатели	Молодые крысы	Зрелые крысы
в крови		
Ca в плазме (ммоль/л)	0,62 ± 0,05	0,58 ± 0,03
Na^+ в плазме (ммоль/л)	142 ± 6,0	140,5 ± 5,4
K^+ в плазме (ммоль/л)	3,95 ± 0,4	3,86 ± 0,3
в лимфе		
Ca в лимфе (ммоль/л)	0,44 ± 0,04	0,4 ± 0,03
Na^+ в лимфе (ммоль/л)	137,5 ± 5,4	135,1 ± 4,5
K^+ в лимфе (ммоль/л)	3,48 ± 03	3,52 ± 0,2
в моче		
Ca в моче	–	–
Na^+ в моче (ммоль/л)	18,5 ± 2,0	16,41 ± 1,02
K^+ в моче (ммоль/л)	3,05 ± 0,2	3,14 ± 0,1

П р и м е ч а н и е . Достоверно по сравнению с контролем, –р < 0,5*, –р < 0,01**.

Таблица 4

Иммунологический состав крови и лимфы у молодых и зрелых животных

Показатели	Кровь молодых животных	Кровь зрелых животных	Лимфа молодых животных	Лимфа зрелых животных
Лейкоциты: $1x10^9$	3,97 ± 0,2	5,4 ± 0,3*	8,5 ± 0,4	9,5 ± 0,6
Нейтрофилы п/я	–	2,8 ± 0,08**		
с/я	12 ± 1,1	39 ± 1,4**		
Моноциты	5,5 ± 0,5	4,3 ± 0,4		
Эозинофилы	–	1 ± 0,02		
Лимфоциты%	82 ± 4	54 ± 3**	84,2 ± 2,2	92,0 ± 1,8*
абс.	3,45 ± 0,4	2,4 ± 0,2*	78,4 ± 0,5	90,5 ± 0,4*
Иммуноглобулины				
IgM	0,37 ± 0,04	0,45 ± 0,06	0,35 ± 0,03	0,4 ± 0,04
IgG	0,62 ± 0,03	1,8 ± 0,07**	0,55 ± 0,08	0,88 ± 0,06*
IgA	0,29 ± 0,03	0,29 ± 0,02	0,31 ± 0,02	0,35 ± 0,04
IgE	21,9 ± 0,04	18,7 ± 0,04	19,5 ± 1,1	22 ± 0,9
Субпопуляции лимфоцитов				
Сд-3 Т-лимф.	49 ± 2	58 ± 4	47 ± 5	49 ± 4
Сд-4 Т-хелп.	27 ± 3	32 ± 2	28 ± 2,2	29 ± 2
Сд -8 Т-супр/цит.	24 ± 1	24 ± 1,5	21 ± 1,7	23 ± 5
Сд-16 NK	12 ± 0,5	18 ± 0,8*	14 ± 0,9	12 ± 1,1
Сд-20 В-лимф.	10 ± 0,6	14,5 ± 0,6*	12 ± 1,1	15 ± 1,2*
Сд-4/ Сд-8 (индекс)	1,1	1,3	1,34	1,26

Примечание .Достоверно по сравнению с контролем, –р < 0,5*, –р < 0,01**.

Получена интерстициальная жидкость (внеклеточная) с помощью фитилькового метода. Ее состав у молодых животных (в ммоль/л): Na – 135 ± 5; К – 4 ± 0,2; Са – 1,1 ± 0,1; Mg – 0,6 ± 0,02; Креатин – 0,1; Глюкоза – 4,9 ± 0,2; Мочевина – 4 ± 0,1 ммоль/л; Белок – 0,9 ± 0,1 г/л. У зрелых животных Na – 139; К – 4,3 ± 0,4; Са – 0,9 ± 0,07; Mg- 0,5 ± 0,02; Глюкоза – 4,5 ± 0,1; Мочевина – 4,2 ± 0,3 ммоль/л; Белок – 1,1 ± 0,2 г/л. Как видим, колебания были в физиологических пределах.

Высоко гидратированная и свободная от жира ткань обладает меньшим электрическим сопротивлением, чем жировая, костная и эпителиальная. Токи высоких частот проходят через внеклеточную и внутриклеточную среду, делая возможной оценку свободной от жира массы, а более низкочастотные токи распространяются во внеклеточном пространстве. Переменный ток частотой ниже 40 кГц распространяется преимущественно по сосудам и межтканевым щелям, огибая при этом клетки, удельное сопротивление которых (за счет высокого омического сопративления мембран) намного выше удельного сопротивления жидких сред, составляющих внутриклеточную жидкость [5]. Для определения обьема интерстициальной жидкости использовали реограф «Рео-Мицар» с его электрическими характеристиками. Частота зондирующего тока его электродов от 30–200 кГц, что позволило нам использовать его низкочастотные токи (30–40 кГц) для исследовательских целей. По изменениям кривых омического сопротивления группы молодых и группы зрелых животных определяли количество интерстициальной жидкости у этих групп животных. (Группа молодых крыс 33 ± 3 %; группа зрелых крыс 29,5 ± 3,3 % массы тела).

Анализируя полученный экспериментальный материал, можно наблюдать следующую картину – мы получили снижение лимфотока (на 40 %), диуреза (на 22 %) обьема плазмы (на 5 %) крови и интерстициальной жидкости (на 10,61 %) у зрелых животных в сравнении с молодыми. Разные авторы называют разные величины оптимального содержания воды в тканях организмов в зависимости от возраста. Большинство ученых сходятся лишь в том, что с возрастом гидратация тканей организма уменьшается и особенно в сравнении с детским возрастом [8, 9]. У молодых животных наблюдается высокая резорбционная способность лимфатической системы. Однако эта особенность не является признаком высокой активности лимфатической си-

стемы. Скорее это признак слабого тонуса лимфатических сосудов и узлов, которое могут депонировать большой обьем жидкости в своем русле. Лимфатические сосуды и узлы у млекопитающих в первые недели жизни неспособны с достаточной скоростью транспортировать лимфу в венозное русло. Экзогенные и эндогенные воздействия вызывают расслабление лимфатических сосудов и узлов [10]. Морфофункциональная картина лимфатических сосудов и узлов на каждом этапе постнатального развития животных находит отражение в сдвигах лимфотока в ответ на нейрогенные воздействия [9]. Мы обнаружили поэтапное становление движения лимфы из тканей в венозное русло как показано в наших ранних работах [9] и других авторов [11]. В первые недели после рождения животных на процессы лимфообразования действуют в оснавном следующие экстравазальные силы (онкотическое, осмотическое, гидростатическое давления) и экстралимфатические факторы (дыхание, пульсация сосудов, сокращение кишечника, сокращение мускулатуры). Результаты морфофизиологических исследований показали формирование иннервации и структурных элементов стенки лимфатических сосудов и узлов [12]. Становление механизмов движения лимфы начинается у крыс в одно-, двух-месячном возрасте, когда ведущее значение в транспорте лимфы приобретает собственная сократительная активность гладкомышечных клеток лимфтических сосудов и узлов [13]. Сократительные ответы и собственная сократительная активность появляются у взрослых животных с формированием в стенке лимфатических сосудов, в корковом слое узлов нервных волокон и гладкой мускулатуры [12, 14]. Обьем внеклеточной воды у новорожденных и молодых млекопитающих постепенно снижается по мере усиления моторной активности гладкомышечных клеток в лимфатических узлах и сосудах и увеличения выделительной функции почек. Наши данные согласуются с этими взглядами, которые мы получили по динамике водных секторов организма, биохимическим и реологическим показателям крови и лимфы. В крови и лимфе несколько увеличилось количество холестерина и триглицеридов, а количество глюкозы снизилось у зрелых животных. Эти изменения были незначительны, так же незначительно изменилась свертываемость, и вязкость крови и лимфы. Иммунная система крови претерпевает синхронные изменения с лимфатической системой [15]. Эти изменения происходили как в крови и лимфе, так и в структуре лимфатических узлов. В наших исследованиях от молодого организма к зрелому показано увеличение лейкоцитов, нейтрофилов, Сд-20В лимфоцитов в крови и лимфе и лимфоцитов в лимфе.

Заключение

Поддержание водного гомеостаза невозможно без участия лимфатической системы, где лимфатические капилляры, сосуды и лимфатические узлы являются эффекторными структурами. Становление механизмов движения лимфы у крыс начинается от момента рождения до одно-двухмесячного возраста, когда к уже существующим от момента рождения интралимфатическим и экстралимфатическим факторам движения лимфы присоединяются сформировавшиеся сосудодвигательная иннервация, гладкая мускулатура и появляется собственная сократительная активность гладкомышечных клеток в лимфатических сосудах и узлах, способствующая активному транспорту жидкости из интерстиция в кровеносное русло и далее, что показано в нашем исследовании. Получено снижение лимфотока, диуреза, обьема интерстициальной жидкости у зрелых животных в сравнении с молодыми. Данные по биохимическим, клеточным, ионным, иммунным показателям крови и лимфы, лимфотоку, диурезу, составу и обьему интерстициальной жидкости соответствовали физиологическим изменениям от молодого организма к зрелому.

Работа выполнена при поддержке и в рамках научного проекта AP05133060 МОН РК.

Список литературы

1. Коненков В.И. Клеточная, сосудистая и экстрацеллюлярная составляющие лимфатической системы // Лимфология. Новосибирск: Издат. дом «Манускрипт», 2012. С. 15–21.

2. Левин Ю.М. Прорыв в эндоэкологическую медицину. Новый уровень врачебного мышления и эффективной терапии. М.: ОАО «Щербинская типография». 2006. 200 с.

3. Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы. М. Берлин: Директ-Медиа, 2014. 116 с.

4. Коненков В.И. Клеточная биология – основа медицинских клеточных технологий // Фундаментальные проблемы лимфологии и клеточной биологии: матер. XI Международной конференции. Новосибирск, 2013. С. 4–6.

5 Фомин А.М., Капитанов Е.Н., Чемерис А.Н. Измерение электрической проводимости или сопротивление части тела // НИКН им. М.Д. Владимирского. Патент – А61В5/053. Москва. 2006.

6. Aukland K., Fadnes H. Wick metod for measuring intestitial fluid protein concentration. Acta physiol. scand. 1972. V. 84. P. 26–32.

7. Ortolani R., Bellavite P., Paiola F., Martini M., Marchesini M., Veneri D., Franchini M., Chirumbolo S., Tridente G.,

Vella A. A comparative method for processing 1. immunological parameters: developing an «Immunogram». Blood Transfus. 2010. № 8 (2). P. 118–125.

8. Бородин Ю.И. Лимфа как балансир между кровью и тканевой жидкостью // Фундаментальные проблемы лимфологии и клеточной биологии: матер. XI Международной конференции. Новосибирск, 2013. С. 6–8.

9. Булекбаева Л.Э. Сравнительная физиология лимфатической системы. Алма-Ата: Наука, 1985. 164 с.

10. Ташенова Л.К., Ким Т.Д.,Булекбаева Л.Э., Лучинин Ю.С. Развитие сократительной активности грудного протока у собак в постнатальном онтогенезе // Журн. эволюц. физиол. и биохим. 1984. № 5. С. 425–427.

11. Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы: фундаментальные исследования и эксперимент // Фундаментальные проблемы лимфологии и клеточной биологии: матер. XI Международной конференции. Новосибирск, 2013. С. 241–245.

12. Демченко Г.А., Ахметбаева Н.А. Адренергическая иннервация лимфатических узлов из разных регионов тела у молодых и зрелых животных // Доклады НАН РК. 2018. № 6. С. 40–43.

13. Демченко Г.А., Абдрешов С.Н., Нурмаханова Б.А. Сократительная активность лимфатических узлов у молодых, зрелых и старых крыс // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2019. № 2. С. 140–144.

14. Лобов Г.И., Панькова М.Н. Транспорт лимфы по лимфатическим узлам: механизмы регуляции // Рос. физиол. журн. 2012. Т. 98. № 11. С. 1350–1361.

15. Коненков В.И. Интегральные функции лимфатической и лимфоидных систем // Лимфология. Новосибирск: Издат. дом «Манускрипт», 2012. С. 22–25.

УДК 614.7

ЗАВИСИМОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОДЫ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ СИСТЕМНОГО ГОМЕОСТАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА-АССОЦИАТОВ ПЕРОКСИДНЫХ АНИОН-РАДИКАЛОВ

Иксанова Т.И., Каменецкая Д.Б., Стехин А.А., Яковлева Г.В.

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

Исследована зависимость интенсивности люминесценции биотест-микроорганизмов «Эколюм» на основе lux-оперонов люминесцентных бактерий трансгенного штамма Escherichia Coli K-12 от концентрации в воде пероксидных анион-радикалов, выполняющих функции системного гомеостатического регулятора. Полученная зависимость является бимодальной, определяемой в области концентраций от 1 до 13 мкг/л стимуляцией энергетической цепи, осуществляемой за счет активации АТФ-синтазы (наномотор) и редокс-зависимых сигнальных путей, в то время как второй максимум активности в диапазоне концентраций $HO_2^{-(*)}$ 18–30 мкг/л формируется вследствие критических размерных параметров пероксидных ассоциатов, инициирующих дифференцировку клеток. Падение активности в промежуточном диапазоне 13–18 мкг/л определяется перераспределением резонансных состояний фазы ассоциированной воды (резонанс подавления активности микроорганизмов «Эколюм» в диапазоне Δqi = 0,6–0,8 %) в сторону седатирования энергетических функций организма. В целом, увеличение биоэнергетической активности воды оказывает интегральное гомеостатическое действие на тест-организм, что также подтверждается увеличением продолжительности жизни и плодовитости высокоорганизованных организмов *Daphnia Magna*. Резкое снижение активности «Эколюм» в диапазоне концентраций $HO_2^{-(*)}$ более 40 мкг/л вызвано торможением биохимических процессов, связанных с подготовкой клеток к делению, управляемому пероксидными ассоциатами, достигающими своих максимальных размеров при концентрации $HO_2^{-(*)}$ = 45 мкг/л. Кроме того, данный диапазон концентраций $HO_2^{-(*)}$ (порядка 45 мкг/л) чрезвычайно чувствителен к внешним воздействиям различной природы, которые способны инициировать фазовую неустойчивость в ассоциатах воды, сопровождаемую взрывной генерацией свободных радикалов.

Ключевые слова: фаза ассоциированной воды, пероксидные ассоциаты, люминесцентные бактерии, биоэнергетическая активность воды

THE DEPENDENCE OF WATER BIOLOGICAL ACTIVITY WITH THE CONCENTRATION OF THE HOMEOSTATIC SYSTEM CONTROLLER – THE PEROXIDE ANION-RADICAL ASSOCIATES

Iksanova T.I., Kamenetskaya D.B., Stekhin A.A., Yakovleva G.V.

Center for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Ministry of Health of Russia, Moscow, e-mail: Stekhin-aa@mail.ru

The dependence of biotest microorganisms «Ecolume» luminescence efficiency, based on lux-operons of transgenic strain luminescent bacteria Escherichia Coli K-12, with concentration in water peroxide anion-radicals, that perform the system homeostatic regulator functions. The obtained dependence is bimodal, determined in the concentration range from 1 to 13 μg/l by energy chain stimulation, carried out by ATP synthase activation (nanomotor) and redox-dependent signaling pathways, while the second maximum activity in the $HO_2^{-(*)}$ concentration range 18-30 μg/l is formed due to the critical size parameters of peroxide associates, initiating cell differentiation. The decrease in activity in the intermediate range 13-18 μg/l is determined by the redistribution of the associated water phase resonance states (the suppression resonance of the «Ecolume» microorganisms activity in the range Δqi = 0.6-0.8 %) towards the body's energy functions sedation. In general, the water bioenergetic activity increase has an integral homeostatic effect on the test organism, which is also confirmed by the increase in life expectancy and fertility of highly organized organisms Daphnia Magna. A sharp decrease in the «Ecolume» activity in the range of $HO_2^{-(*)}$ concentrations more than 40 μg/l is caused by inhibition of biochemical processes associated with the cells preparation for division, controlled by peroxide associates, reaching their maximum size at a concentration of $HO_2^{-(*)}$ = 45 μg/l. In addition, this $HO_2^{-(*)}$ concentrations range (about 45 μg/l) is extremely sensitive to external influences of different nature, which are able to initiate phase instability in water associates, accompanied by explosive free radicals generation.

Keywords: associated water phase, peroxide associates, fluorescent bacteria, bioenergetic activity of water

Биофизические исследования воды свидетельствуют об определяющей роли ее ассоциированной фазы в управлении метаболическими процессами в живых организмах [1]. Особую биологическую значимость имеет ассоциированная фаза воды, стабилизируемая пероксидными анион-радикалами, так как последние выполняют в организме важные метаболические функции: управление клеточным циклом, включая дифференцировку и пролиферацию клеток, гормональную регуляцию, везикулярный транспорт, активацию ферментов и др. [1–2]. Так как содержание пероксид анион-радикалов в питьевых водах сильно варьирует, то

и их биологическая активность также непостоянна. В этой связи возникает необходимость получения концентрационной зависимости биологического отклика на питьевую воду с различным содержанием пероксид анион-радикалов.

Среди биотест-систем наиболее хорошо изучены сенсорные биолюминесцентные системы «Эколюм» на основе lux-оперонов люминесцентных бактерий трансгенного штамма *Escherichia coli* К-12. Выбор данного штамма микроорганизмов для получения биологического отклика от воды с различным содержанием пероксидных анион-радикалов обусловлен тем, что данные биологические объекты обладают повышенной, по сравнению с физическими методами измерений, чувствительностью к изменению электрофизического состояния воды, в том числе при облучении культуры клеток электромагнитными и акустическими излучениями [3–5].

Кроме того, в работе [6] установлена закономерность нелокальной активации ассоциатами пероксидных анион-радикалов в питьевых водах синтеза АТФ мембранной АТФ-синтазой трансгенного штамма К-12 микроорганизмов *E. Coli*. Данная закономерность заключается в том, что вращательное движение субъединиц олигомера комплекса F0 обусловлено поступлением электронов на гидратные структуры α-спиралевидных белков мембраны клетки, формирующих вращательное магнитное поле (одно из свойств СП-состояния [6, 7]), которое взаимодействует с магнитным доменом γ-субъединицы комплекса F0, вызывая его вращение. Это приводит к периодическому возбуждению процессов гидратации-дегидратации, в результате которых в системе появляются протоны, поступающие на активные центры комплекса F1, и создаются условия для вращения клеточного мотора [7].

Благодаря этой способности мембранных комплексов обеспечивается внесубстратное увеличение активности микроорганизмов, то есть обеспечивается их чувствительность к электрон-донорным структурам воды, основными из которых являются ассоциаты пероксидных анион-радикалов.

Цель исследования: установление концентрационной зависимости биологической активности воды от содержания пероксидных анион-радикалов в водной среде.

Материалы и методы исследования

Для исследования влияния пероксидных ассоциатов на биологическую активность воды использовались сенсорные биолюминесцентные системы «Эколюм» на основе lux-оперонов люминесцентных бактерий трансгенного штамма *Escherichia coli* К-12 (ТУ 6-09-20-236-01), которые характеризуются не только высокой чувствительностью к воздействующим факторам среды, но и высокой стабильностью своих параметров.

Биокаталитическая активность воды, определяемая концентрацией пероксидных анион-радикалов ($HO_2^{-(*)}$), мкг/л) оценивалась с использованием хемилюминесцентного метода (анализатор жидкостей хемилюминесцентный «ЛИК УНИВЕРСАЛ», ТУ 9443-001-42844321-03) [2, 6].

В качестве объектов исследований использовались питьевые воды 1-й и высшей категории, удовлетворяющие гигиеническим требованиям согласно (СанПиН 2.1.4.1116-02 – Вода расфасованная в емкости). Часть из использованных в исследованиях питьевых вод подвергалась дополнительной активации с использованием мембранного электролиза, в том числе неконтактной активации, а также активирующие добавки: механохимически активированный мицеллат кальция углекислого (рецептура «МицеллатАктив» и «АкваГелиос» – концентрат гипомагнитно обработанной воды).

Результаты исследования и их обсуждение

Среди присутствующих на рынке питьевых бутилированных вод для исследований были отобраны 12 торговых марок, составлявших 28% от всех исследованных вод (остальные 72% марок характеризовались отсутствием в своем составе пероксидных анион-радикалов и низкими показателями активности тест-культуры «Эколюм» ($I_o/I_к < 1$, где $I_o(I_к)$ – интенсивность люминесценции микроорганизмов в опытных питьевых водах и дистиллированной воде (контроль)) (таблица). Как правило, биологически инертные питьевые воды дополнительно характеризовались повышенными значениями окислительно-восстановительного потенциала (Eh > 200 мВ).

Все питьевые воды и активированные питьевые воды, включая электрохимически активированную московскую водопроводную воду, расположены в таблице в порядке увеличения концентрации пероксидных анион-радикалов.

Анализ данных таблицы показывает, что относительная активность люминесцентного теста «Эколюм» сложным образом зависит от концентрации пероксидных анион-радикалов. Однако общий вид этой зависимости имеет бимодальный характер.

Бимодальный вид зависимости биологической активности микроорганизмов «Эколюм» определяется несколькими факторами. Так в области концентраций от 1 до 13 мкг/л осуществляется стимуляция энергетической цепи синтеза АТФ, которая осуществляется за счет электронной активации H^+АТФ-синтазы (наномотор) и редокс-за-

висимых сигнальных путей, в то время как существует второй максимум активности в диапазоне концентраций $HO_2^{-(*)}$ 18–30 мкг/л, формируемый, вероятно, вследствие увеличения критических размерных параметров пероксидных ассоциатов, инициирующих дифференцировку клеток [2].

Повышение концентрации $HO_2^{-(*)}$ более 13 мкг/л сопровождается одновременным увеличением значений окислительно-восстановительного потенциала воды, что запускает дополнительные механизмы внутриклеточной редокс-регуляции, от которой зависит функциональная активность клеток.

Замедление энергетической активности микроорганизмов, наблюдаемое в промежуточном диапазоне концентраций пероксидных анион-радикалов, не означает подавления других метаболических процессов, а является закономерным следствием динамики стимулирования и седатирования различных систем организма [8]. Падение активности в диапазоне 13–20 мкг/л связано с перераспределением резонансных состояний фазы ассоциированной воды (резонанс подавления активности микроорганизмов «Эколюм» в диапазоне значений доли фазы ассоциированной воды Δqi = 0,6–0,8 % [6]) в сторону седатирования энергетических функций данного организма. Другие факторы влияния пероксидных ассоциатов на биологическую активность клеток определяются снижением чувствительности пероксиредоксинов к $HO_2^{-(*)}$, коррелирующей с конформационными изменениями в этих белках [9].

В целом увеличение биоэнергетической активности воды оказывает интегральное гомеостатическое действие на тест-организм, что также подтверждается увеличением продолжительности жизни и плодовитости высокоорганизованных организмов *Daphnia Magna* [2].

Концентрация пероксидных анион-радикалов ($[HO_2^{-(*)}]$), окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и относительная активность тест-микроорганизмов «Эколюм» ($I_o/I_к$, где $I_o(I_к)$ – интенсивность люминесценции микроорганизмов в опытных питьевых водах и дистиллированной воде (контроль))

Образцы воды (методы активации)	$[HO_2^{-(*)}]$, мкг/л	Eh, мВ	I/I_o
Московская водопроводная вода (МВВ)*	0,0	224	1,1
образец № 1	0,1	157	1,1
образец № 2 (контроль)	1,3	184	1,3
образец № 3 (контроль)	2,7	177	1,5
«образец № 3» +ГПВ** (9 мл/л) [2]	3,5	163	1,6
«образец № 2» (фотомодуляция [7])	3,6	172	1,8
образец № 4	4,0	224	3,3
образец № 5	5,4	136	2,5
образец № 6	6,7	223	3,1
образец № 7	8,2	203	2
образец № 8	8,4	168	1,4
образец № 9	9,1	176	2,4
образец № 10	13,0	210	1,4
МВВ (электрохимическая активация)	14,0	120	0,6
МВВ (неконтактная активация)	21,1	132	0,8
образец № 3 (с добавкой 50 мкл/л «МицеллатАктив» [2])	23,0	232	3,1
образец № 11	23,1	236	2,8
МВВ (с добавкой 50 мкл/л «МицеллатАктив»)	26,0	213	2,5
МВВ (неконтактная активация)	32,2	74	0,4
образец № 12	34,0	234	1,2
МВВ (электрохимическая активация)	47,1	60	0,1

Примечания: *Выдержка при комнатной температуре в течение 1 месяца.
**ГПВ – гелиопротекторная вода [2].
Образцы № 1–12 – бутилированные питьевые воды.

Резкое снижение активности «Эколюм» в диапазоне концентраций $HO_2^{-(*)}$ более 40 мкг/л вызвано торможением биохимических процессов, связанных с подготовкой клеток к делению, управляемому пероксидными ассоциатами, достигающими своих максимальных размеров при концентрации $HO_2^{-(*)}$ = 45 мкг/л [2]. Кроме того, данный диапазон концентраций $HO_2^{-(*)}$ (порядка 45 мкг/л) чрезвычайно чувствителен к внешним воздействиям различной природы, которые способны инициировать фазовую неустойчивость в ассоциатах воды, сопровождаемую взрывной генерацией свободных радикалов. Этот же процесс фазовой трансформации фазы ассоциированной воды служит побудительным мотивом для клетки на запуск программы апоптоза.

Заключение

Таким образом, биологически активный диапазон концентраций пероксидных анион-радикалов в воде, обеспечивающий поддержание системного гомеостаза клеток, составляет 0,1–40 мкг/л. В отсутствие в воде пероксидных анион-радикалов (так называемые электрон-дефицитные состояния воды при $[HO_2^{-(*)}] \leq 0{,}1$ мкг/л) клетки испытывают системные диспропорции в метаболических процессах (низкая активность), а при концентрациях выше 40 мкг/л – ускорение клеточного цикла и повреждающее действие свободных радикалов.

В соответствии с численными значениями показателей биологической активности воды, зависящими от концентрации пероксидных анион-радикалов, активность питьевой воды целесообразно дифференцировать на 4 поддиапазона – менее 0,1 мкг/л (электрон-дефицитное состояние), 0,1–1,0 мкг/л (средний уровень активности); 1,0–13 мкг/л (высокая активность); 13–40 мкг/л (экстремально высокая активность).

Необходимость подобного деления биокаталитической активности питьевой воды на поддиапазоны определяется различиями в системных показателях направленности биологического действия и гомеостатических эффектов. Выделение поддиапазона экстремально высокой биокаталитической активности воды связано с внесением ограничений на водопотребление или принятием дополнительного риска для продолжительности жизни (ускорение клеточного цикла и накопление структурных дефектов) при ее постоянном потреблении. При более высоких концентрациях $HO_2^{-(*)}$ одновременно с анион-радикальным состоянием стабильно существует молекулярная перекись водорода, которая оказывает разрушающее действие на клеточные структуры организма. Следовательно концентрацию $HO_2^{-(*)}$ выше 40 мкг/л следует рассматривать как биологически небезопасную.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания № АААА-А18-118020590087-5 Министерства здравоохранения.

Список литературы

1. Stekhin A., Yakovleva G., Pronko K., Zemskov V. Water as the main regulator of intracellular processes. Clin. Pract. 2018. № 15. Vol. 5. P. 841–855. DOI: 10.4172/clinical-practice.1000418.

2. Stekhin A., Yakovleva G., Pronko K., Zemskov V. Quantum biophysics of water. Clin. Pract., 2018. № 15. Vol. 3. P. 579–586. DOI: 10.4172/clinical-practice.1000393.

3. Shaw J.R., Colbourne J.K., Davey J.C., Glaholt S.P. Gene response profiles for Daphnia pulex exposed to the environmental stressor cadmium reveals novel crustacean metallothioneins. BMC Genomics. 2007. № 8. P. 477.

4. Чернилевский В.Е. Проблемы гипобиоза и продления жизни. М.: Сборник МОИП № 41. Секция геронтологии, 2008. 203 с.

5. Олькова А.С., Фокина А.И., Лялина Е.И., Ашихмина Т.Я. Исследование протекторных свойств восстановленного глутатиона для тест-организмов в растворах, содержащих медь // Вода: химия и экология. 2016. № 02. С. 64–70.

6. Стехин А.А., Яковлева Г.В. Квантовое поведение воды: Свойства электронной подсистемы ассоциатов воды. Электронный дефицит как фактор риска здоровью. М.: ЛЕНАНД, 2019. 300 с.

7. Романовский Ю.М., Тихонов А.Н. Молекулярные преобразователи энергии живой клетки. Протонная АТФ-синтаза – вращающийся молекулярный мотор // УФН. 2010. № 180. С. 931–956.

8. Селье Г. Стресс без дистресса. М.: Прогресс, 1979. 246 с.

9. Best R.B., Miller C., Mittal J. Role of solvation in pressure-induced helix stabilization. Journal of Chemical Physics. 2014. № 141. C.22D522.

УДК 504.53:577(575.2)

ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРАНОВО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ КЫРГЫЗСТАНА

[1]Иманбердиева Н.А., [1]Качыбекова С.Д., [2]Жолболдиев Б.Т.

[1]Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nazaman@inbox.ru;

[2]Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек

В Кыргызстане бывший урановый рудник Мин-Куш находится в долине бассейна реки Нарын, на территории Джумгальского района. Согласно проведенным ранее исследованиям и по литературным данным, на данной территории в 1955–1969 гг. производилась добыча урана, в результате которой на сегодняшний день имеются захоронения отходов бывшего уранового производства в виде хвостохранилищ и отвалов объемом свыше 2 млн м^3. Из них Туюк-Суу и Талды-Булак выделены как особо опасные хвостохранилища Министерством чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Наши исследования проводились в местности хвостохранилища Туюк-Суу, площадь которого 3,2 га и накоплено в нем 450 тыс. м^3 отходов. Рядом протекает одноименная река. В свое время канал реки был реконструирован железобетонной конструкцией, но из-за постоянного весеннего половодья, селевые потоки разрушили часть этих конструкций, в результате чего поверхность хвостохранилища дала осадок, вследствие чего железобетонная конструкция канала реки была повреждена, через повреждения вода начала просачиваться в хвостохранилище. На исследуемой территории нами определен радионуклидный состав почв: ^{238}U, ^{232}Th, ^{226}Ra, ^{40}K, ^{137}Cs. Поскольку радионуклиды аккумулируются в поверхностном плодородном горизонте почвы, то это очень негативно влияет на рост растений в целом. Нами изучена общая радиоактивность почв прилегающей территории хвостохранилища Туюк-Суу провинции Мин-Куш Кыргызской Республики. Результаты исследований показали, что распределение естественных радиоактивных элементов в процентном соотношении указывает на максимальное содержание ^{238}U и ^{226}Ra.

Ключевые слова: уран, хвостохранилище, почвенный покров, радионуклиды, руда, загрязнение окружающей среды

RADIONUCLIDE POLLUTION OF THE SOIL OF THE URANIUM-TECHNOGENIC PROVINCE IN MIN-KUSH, KYRGYZSTAN

[1]Imanberdieva N.A., [1]Kachybekova S.D., [2]Zholboldiev B.T.

[1]Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, e-mail: nazaman@inbox.ru;

[2]Institute of Biology in the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek

Province of Min-Kush is located on the territory Dzumgal area, in the valley of the same river, belonging to the basin of the Naryn river. In this area there are 4 tailings and 4 dumps with waste from the former uranium production with a total volume of more than 2 million m^3. The mining complex operated 1955-1969 years. In the register of the Ministry of emergency situations of the Kyrgyz Republic tailing dumps are allocated potentially dangerous: Tuyuk-Suu and Taldy-Bulak. Tailings Tuyuk-Suu is located in the riverbed of the same name. It has accumulated 450 thousand m^3 of waste on an area of 3.2 hectares. To pass the waters of the river built reinforced concrete bypass channel. Currently, part of the reinforced concrete structures of the bypass channel is destroyed by mudflows, there was an uneven sediment of the tailings storage surface. In line with the bypass channel formed closed local damage, through which the water seeps into the tailings storage facility. The radionuclide composition of soils of Tuyuk-Suu tailings storage was determined: ^{40}K, U/Th-234, ^{232}Th/^{228}Ac, Ra/Pb-214, ^{137}Cs. Since radionuclides accumulate in the surface fertile horizon of the soil, this has a very negative impact on the growth of plants as a whole. We have studied the General radioactivity of the soils of the adjacent territory of the tailings Tuyuk-Suu of Min-Kush province of the Kyrgyz Republic. As a result of researches it is revealed that radioactive elements on technogenic-broken sites are distributed unevenly.

Keywords: uranium, tailing, soil cover, radionuclides, ore, environmental pollution

Загрязнение биосферы во всем мире сегодня остается острой и важной проблемой. Оно может быть вызвано разными причинами. Например, добыча радиоактивных руд, условия их хранения, транспортировка, утечка и захоронения отходов радиоактивных компонентов. А все живое очень сильно зависит от окружающей среды.

Территория Центральной Азии во второй половине XX в. являлась одной из главных минерально-сырьевых баз природного урана и редкоземельных элементов для бывшего СССР. С 1907 г. в горных районах функционировали рудники и комбинаты, осуществлявшие добычу и переработку урановых руд, редкоземельных элементов. В качестве наследия от многолетней деятельности этих предприятий осталось огромное количество радиоактивных отходов, размещенных на поверхности земли в отвалах и хвостохранилищах [1].

В Кыргызстане большинство хвостохранилищ находится в пределах населенных пунктов, бассейнов и русел рек. При Советском Союзе был четкий контроль, но после его развала долгое время они оставались

без технического надзора. Кыргызстан по своему физико-географическому положению является страной с высокой сейсмической и оползневой активностью, вследствие чего места захоронения радиоактивных отходов тоже находятся в местах прохождения паводков, селей и с близким залеганием грунтовых вод.

Перечисленные опасные природные процессы и явления в сочетании с несанкционированным доступом местного населения к хранилищам радиоактивных отходов, ухудшают экологическую обстановку в районах складирования отходов [2].

Согласно имеющимся данным в Кыргызской Республике имеются 72 объекта складирования радиоактивных отходов (хвостохранилищ и горных отвалов). Общий объем твердых радиоактивных отходов превышает 130 млн м^3, а занимаемая ими площадь составляет 650 гектаров (га). Наибольшую опасность представляют 35 радиоактивных хвостохранилищ с общим объемом в 48,3 млн м^3, включая 29 хвостохранилищ с отходами уранового производства общим объемом до 41 млн м^3 хвостового материала. Дополнительно 35 объектов (отвалы пустой породы) с низким содержанием урановой руды общим объемом 83 млн м^3 также находятся на территории страны [3].

Хозяйственная деятельность человека воздействует на окружающую среду повсякому, но переработка горнопромышленного производства носит широкомасштабный и объемный характер. Неразумная эксплуатация горных ресурсов приводит к обвалам, селям и вызывает деградацию природной среды. Это все более обостряет проблему охраны окружающей среды в процессе освоения минеральных ресурсов.

Провинция Мин-Куш расположена в отрогах хребта Молдо-Тоо, который замыкает долину Джумгал – горностепной пояс, на высоте 2200–2500 м над ур. м. [4].

Следует отметить, что в течение двух лет с начала пуска гидрометаллургического цеха (до 1957 г.) все жидкие и твердые отходы производства сбрасывались в р. Мин-Куш без очистки. С 1957 г. отходы складировались в хвостохранилищах, которые были законсервированы после закрытия рудника в 1969 г. [5].

В настоящее время, в результате разносторонних исследований хвостохранилища Туюк-Суу установлены некоторые угрозы, такие как разрушение железобетонной конструкции и дамбы, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Эта опасность усугубляется возникновением прорывного потока в находящихся ниже хвостохранилища участках, в случае внезапного и полного разрушения оползневой дамбы. Особую опасность и риск реализации катастрофического сценария представляет возможный частичный или полный захват и вовлечение в движение прорывного потока радиоактивных отходов, заскладированных на хвостохранилище Туюк-Суу. Это повлечет за собой разрушение жилых домов, расположенных в приустьевой части р. Туюк-Суу, а также радиоактивное загрязнение русел и поймы р. Мин-Куш, Коко-Мерен и Нарын [1].

Цель работы: оценка современного состояния почвенного покрова района Туюк-Суу природно-техногенной урановой провинции Мин-Куш.

Материалы и методы исследования

Нами проведены исследования почвенного покрова участка, где находится хвостохранилище Туюк-Суу поселка Мин-Куш. При определении мощности экспозиционной дозы было выявлено, что радиационный фон хвостохранилища Туюк-Суу повышен. Мощность экспозиционной дозы колеблется в пределах 60–65 мкР/ч (табл. 1).

Естественные радионуклиды распределены неравномерно в разных типах почв и на различных их глубинах. Вертикальное распределение радионуклидов исследовалось многими авторами [6–9].

Радиоактивность почв обусловлена присутствием в них широкого набора радиоактивных элементов естественного и техногенного происхождения. Важнейшими и самыми распространенными естественными радиоактивными элементами в природе являются: калий (K), уран (U), торий (Th), полоний (Po), радий (Ra), свинец (Pb). Два последних являются наиболее биологически опасными среди естественных радионуклидов [10].

В почве миграция радионуклидов зависит от физико-химических свойств отдельных изотопов и формы химических соединений, в которых они находятся, pH среды, характера движения грунтовых вод и др. [11].

Полевые исследования проведены летом 2018 г. На близлежащих участках территории хвостохранилища Туюк-Суу были отобраны почвенные образцы из верхних горизонтов (0–20 см), поскольку радионуклиды аккумулируются в плодородном слое почвы. Лабораторные анализы радионуклидов в почвах проведены в лаборатории биогеохимии Института биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики в гамма-спектрометре «Canberra». Все измеренные спектры обрабатывали с помощью программ для гамма-спектрометрического анализа.

С учетом ландшафтно-геохимических и метеорологических условий отбор образцов почв проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 «Общие требования к отбору проб почвы» [12].

Почвенный образец, взятый из одной точки, тщательно перемешивался и отбирался, средняя проба примерно 300–400 г [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Жизнь любого живого организма зависит от окружающей среды, в частности, от

естественного радиационного фона, обеспечивающего оптимальные условия для их жизнедеятельности. При оценке опасности различных излучений обязательно надо учитывать характер и уровень облучения от различных источников.

Почвенный покров объекта исследования представлен горными темно-каштановыми и горными субальпийскими-луговостепными почвами.

Горные темно-каштановые почвы характеризуются как низким, так и средним плодородием, среднекаменистые, среднемощные, с различным механическим составом. Содержание гумуса в верхнем слое почвы (0–20 см) находится в пределах 2,0–6,2 %, общего азота – 0,1–0,3 %, фосфора – 0,1–0,2 %, калия – 1,1–2,0 %. Реакция почвенного раствора нейтрально-слабощелочная, pH в пределах 7,1–8,5.

Горные субальпийские лугово-степные почвы на исследуемой территории каменистые, маломощные, с различным механическим составом и по данным лабораторных анализов характеризуются низким и средним плодородием. Содержание гумуса в верхнем слое почвы (0–20 см) находится в пределах 2,1–6,2 %, общего азота – 0,05–0,3 %, фосфора – 0,1–0,2 %, калия – 0,8–1,2 %. Реакция почвенного раствора нейтрально–слабощелочная, pH в пределах 7,3–8,6 [14].

Радиоактивность почвы обусловливается тем, что в почве присутствуют естественные и техногенные радиоактивные элементы. В природе как естественный радиоактивный элемент широко распространен калий (К), из тяжелых металлов: уран (U), полоний (Po), радий (Ra), свинец (Pb) и др [10].

Нами изучена общая радиоактивность почв прилегающей территории хвостохранилища Туюк-Суу провинции Мин-Куш. Результаты исследований показали неравномерность распределения радиоактивных элементов. Анализы гамма-спектрометрического прибора и средние содержания в почвах естественных радионуклидов представлены в табл. 2.

Максимальные содержания ^{238}U и ^{226}Ra зафиксированы в двух пробах: № 1 – ^{238}U (428,7 Бк/кг), ^{226}Ra (988,6 Бк/кг); № 2 – ^{238}U (147,3 Бк/кг), ^{226}Ra (370,5 Бк/кг). Можно предположить, что важным фактором может стать минералогический состав почвы. Наибольшее содержание ^{40}K отмечено почти во всех пробах, что интересно в порядке возрастания от пробы No1 до пробы No5 (566-638-776-701-788 Бк/кг). Высокое содержание ^{40}K наблюдалось даже в 2-х контрольных точках: проба № 6 – 536 Бк/кг и проба № 7 – 118 Бк/кг. Содержание ^{232}Th и ^{137}Cs в исследуемых почвах оказалось в пределах допустимой нормы.

Минеральный состав почв, содержание гумуса, уровень кислотности почвы, химический состав радионуклидов комплексно влияют на вертикальное распределение естественных радионуклидов [15].

Распределение естественных радиоактивных элементов в исследуемых почвах в процентном соотношении указывает на максимальное содержание ^{226}Ra и ^{238}U, особенно в пробе № 1 – 50 % и более. В контрольных точках естественные радиоактивные элементы минимальны (рисунок).

Таблица 1

Уровень радиационного фона в техногенной провинции Мин-Куш

Местоположение	Высота над уровнем моря (м)	Координаты	Экспозиционная доза (на высоте 10 см от земли), мкр\ч
Хвостохранилище Туюк-Суу	2104	N – 41°39,531" E – 074°28,050"	60–65 Локально 100–150
пгт. Мин-Куш, 17-площадка	2107	N – 41°40,876" E – 074°26,919"	35–38
Хвостохранилище Дальний	2018	N – 41°41,160" E – 074°21,792"	50–55 Локально 200–250
Хвостохранилище Талды-Булак	1926	N – 41°40,922" E – 074°23,734"	50–55
Хвостохранилище Как	1938	N – 41°41,054" E – 0,74°22,572"	60–75 Локально 150–200
с. Кок-Ой	1562	N – 41°52,828" E – 0,74°25,412"	18–25

Примечание. Данные лаборатории биогеохимии, Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики (НАН КР).

Таблица 2

Содержание естественных радиоактивных элементов в почвах

Шифр проб	Удельная активность, Бк/кг									
	^{238}U	±	^{232}Th	±	^{226}Ra	±	^{40}K	±	^{137}Cs	±
№ 1	428,7	25,00	39,0	1,47	988,6	58,84	566	21,34	0,5	0,03
№ 2	147,3	8,59	33,7	1,35	370,5	22,94	638	23,75	2,8	0,17
№ 3	33,7	1,96	35,0	1,42	42,6	2,72	776	28,70	1,5	0,09
№ 4	51,2	2,98	33,9	1,44	96,6	6,02	701	26,01	3,3	0,19
№ 5	27,2	1,58	35,9	1,37	40,7	2,52	788	29,12	2,4	0,14
№ 6 (контрольная точка)	31,6	1,84	24,1	1,02	63,6	3,89	536	19,93	0,8	0,04
№ 7 (контрольная точка)	0,7	0,04	2,6	0,09	34,8	1,97	118	5,17	0,6	0,03

Распределение естественных радиоактивных элементов в почвах в процентном соотношении

Факторов, характеризующих миграцию радионуклидов в почвенных горизонтах, немало. Это зависит от состава почвы, физико-химических свойств, количества осадков, pH среды, расположения и особенностей движения грунтовых вод и др. [13].

Таким образом, хвостохранилище Туюк-Суу остается опасным источником загрязнения окружающей среды на территории провинции Мин-Куш.

Заключение

В данной работе определен радионуклидный состав почвы хвостохранилища Туюк-Суу провинции Мин-Куш. Естественные радионуклиды ^{238}U и ^{226}Ra отмечены в двух первых пробах высокими. Наибольшее содержание ^{40}K отмечено почти во всех пробах. Содержание ^{232}Th и ^{137}Cs в исследуемых почвах оказалось в пределах нормы. Предположительно, на миграцию естественных радионуклидов влияют: состав почвы и ее физико-химические свойства.

Из-за складирования радиоактивных отходов на территории провинции Мин-Куш происходит деградация почвенного покрова. Все явления, происходящие вокруг хвостохранилища Туюк-Суу, уничтожают растительность, почва лишается естественных средств защиты от всех видов эрозий.

Список литературы

1. Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Проблемы радиоэкологии и радиационной безопасности бывших урановых производств в Кыргызстане // Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53. № 4. С. 428–431.

2. Дженбаев Б.М., Мурсалиев А.М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. Бишкек, 2012. 404 с.

3. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек, 2009. 239 с.

4. Атлас Киргизской ССР. Том I. Природные условия и ресурсы. М.: ГУКК, 1987. 157 с.

5. Дженбаев Б.М., Каддыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Проблемы радиоэкологии и радиационной безопасности бывших урановых производств в Кыргызстане, Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53. Ш. С. 428–431.

6. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Жумалиев Т.Н. Войцехович О.В. Радиологическая съемка ураново-природно-техногенных объектов в п. Мин-Куш // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2015. № 2. С. 53–60.

7. Al-Hamarneh I.F., Awadallah M.I. Soil radioactivity levels and radiation hazard assessment the highlands of northern Jordan. Radiation Measurements. 2009. V. 44. № 1. P. 102–110.

8. Кожобаев К.А., Молдогазиева Г.Т., Тотубаева Н.Э., Оторова С.Т. Геоэкологические проблемы, связанные с деятельностью горнодобывающих предприятий Кыргызской Республики // Горный журнал. 2016. № 8. С. 32.

9. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория (обзор) // Почвоведение. 2010. № 6. С. 698–705.

10. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Жалилова А.А. и др. Некоторые проблемы радиоэкологии и радиобиогеохимии в Кыргызской Республике // Современные проблемы геоэкологии и сохранение биоразнообразия: мат. 2-й Междунар. конф. Бишкек, 2007. С. 40–49.

11. Шапошникова Л.М., Шуктомова И.И. Особенности распределения урана, тория и радия в профиле техноподзолистой почвы // Успехи современного естествознания. 2016. № 6. С. 48–52.

12. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т. Изучение естественных изотопов урана и их отношение в урановых биогеохимических провинциях Иссык-Куля // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2010. № 1. С. 67–71.

13. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: Бином, 2003. С. 68–79.

14. Мамытов А.М. Почвы Кыргызской ССР. Фрунзе: Изд-во Илим, 1974. 407 с.

15. Strok M., Smodis B. Fractionation of natural radionuclides in soils from the vicinity of a former uranium mine Zirovski vrh, Slovenia. J. Environ. Radioactivity. 2010. V. 101. № 1. P. 22–28.

УДК 581.522.4(571.513)

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РЕДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В ХАКАСИИ

Кравцова Л.П.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии», Абакан, e-mail: lpkravzova@yandex.ru

Представлены результаты оценки перспективности редких лекарственных растений при интродукции в степной зоне Хакасии за 2008–2018 гг. Почва участка – темно-каштановая. Статистические данные обрабатывались по методике Г.Н. Зайцева. Успешность интродукции оценивалась по 100-балльной шкале, учитывающей комплекс признаков: зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, общее состояние растений, способы размножения в культуре, развитие растений в период вегетации. По сумме баллов растения отнесены к одному из трех типов успешности интродукции в культуре. У перспективного вида *Securinega suffruticosa* (90 баллов) в особо суровые зимы происходит обмерзание однолетних побегов. *Hemerocalis minor* (90 баллов) иногда не образует семян, *Paeonia anomala* (85 баллов) не достигает в культуре присущих ему в природе размеров, у *Glycyrriza uralensis* (80 баллов) семеношение не ежегодное. Менее перспективный вид *Dioscorea caucasica* (75 баллов) изредка повреждается болезнями, не достигает присущих ему в природе размеров, размножается вегетативно. Растения *Allium altaicum* (65 баллов) маломощные, семеношение малочисленное. Малоперспективный вид *Lilium pilosiusculum* (60 баллов), цветет, но не образует семян и не достигает размеров, характерных для естественных местообитаний. Разведение редких и исчезающих видов в культуре является наиболее надежным способом сохранения *ex situ*. Для интродукции в степной зоне Хакасии перспективными являются виды азиатского происхождения и имеющие обширный ареал, по экологии – мезоксерофиты: *Hemerocalis minor*, *Glycyrriza uralensis*, *Securinega suffruticosa*, *Paeonia anomala*. Менее перспективным является узколокальный эндемик *Dioscorea caucasica* и малоперспективным – мезофит *Lilium pilosiusculum*. *Allium altaicum* требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: интродукция, редкие лекарственные растения, степная зона Хакасии, комплекс признаков, перспективность

THE ASSESSMENT OF RARE MEDICINAL PLANTS AT INTRODUCTION IN THE REPUBLIC OF KHAKASSIA

Kravtsova L.P.

Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute of agrarian problems of Khakassia», Abakan, e-mail: lpkravzova@yandex.ru

The article presents the results of assessing the prospects of rare medicinal plants in the introduction in the steppe zone of Khakassia in 2008-2018. the Soil of the site is dark chestnut. Statistical data were processed according to G. N. Zaitsev. The success of the introduction was evaluated on a 100-point scale taking into account a complex of characteristics: winter hardiness, resistance to diseases and pests, the General condition of the plants, methods of reproduction in culture, the development of plants during the growing season. By the sum of points the plants are assigned to one of the three types of successful introduction in culture. From the perspective view of Securinega suffruticosa (90 points) in a particularly harsh winter is the freezing of annual shoots. *Hemerocalis minor* (90 points) sometimes does not form seeds, *Paeonia anomala* (85 points) does not reach in the culture of its inherent size in nature, *Glycyrriza uralensis* (80 points) does not produce annual seed. Less promising species of *Dioscorea caucasica* (75 points) is occasionally damaged by diseases, does not reach its inherent size in nature, multiplies vegetatively. Plants *Allium altaicum* (65 points) are low-power, seed-bearing small. An unpromising species of *Lilium pilosiusculum* (60 points), blooms, but does not form seeds and does not reach the sizes characteristic of natural habitats. Breeding rare and endangered species in culture is the most reliable way to preserve ex situ. For introduction in the steppe zone of Khakassia promising are species of Asian origin and have a vast area of ecology – mesoxerophytes: *Hemerocalis minor*, *Glycyrriza uralensis*, *Securinega suffruticosa*, *Paeonia anomala*. Less promising is localized endemic *Dioscorea caucasica* and unpromising – mesophyte *Lilium pilosiusculum*. *Allium altaicum* requires further study.

Keywords: introduction, rare medicinal plants, dry zone of Khakassia, complex sign, perspectivity

Изучение и охрана редких полезных видов растений является одной из наиболее актуальных задач современной ботаники, так как за счет их утраты в первую очередь происходит снижение биоразнообразия [1–3]. Значительная роль в деле сохранения растений отводится ботаническим садам, так как введение в культуру редких и исчезающих видов в коллекциях – это дополнительный способ сохранения генофонда редких растений и обеспечение дальнейшей возможности их реинтродукции [4, 5]. Лекарственные растения относятся к группе экономически важных видов, являются ценными природными ресурсами. Один из этапов освоения редких лекарственных растений – их первичная интродукция в ботанических садах. Результаты оценки интродукционного процесса могут служить основанием для дальнейшего перспективного освоения лекар-

ственных растений без нанесения ущерба природным популяциям [6].

На интродукцию полезных растений, как способ сохранения живого генофонда, указывают и другие авторы [7, 8]. Интродукционные исследования по лекарственным растениям в ботаническом саду ФГБНУ «НИИАП Хакасии» проводятся с 1991 г. В настоящее время в коллекции лекарственных растений произрастает 7 редких видов.

Цель исследования: выявить степень перспективности редких лекарственных растений при интродукции в степной зоне Республики Хакасия.

Материалы и методы исследования

Ботанический сад института расположен в степной зоне. Почва участка – темно-каштановая, среднемощная, среднесуглинистого состава. Климат резко континентальный. Суровая зима с температурой воздуха ниже –30 °С, длительные периоды с абсолютным минимумом до –49 °С. Продолжительность безморозного периода – 105…115 дней. Весной часто отмечаются возвратные заморозки. Сумма температур выше 10 °С равна 1800, жаркое и сухое лето с температурой до +39 °С и низкой относительной влажностью воздуха до 30 % и ниже, в послеполуденные часы дня она опускается до 5–7 %. Сумма осадков за год составляет 300 мм. Основное их количество, более 60 %, выпадает во вторую половину лета, часто в виде ливневых дождей в зимние месяцы выпадает до 10–15 % осадков, что приводит к промерзанию почвы до 3,0 м [9]. Объектом исследований являлись 7 редких видов лекарственных растений, включенных в Красную книгу РФ [10] и сводку «Редкие и исчезающие виды флоры Сибири» [11]. Исследования проводились в 2008–2018 гг. Редкие виды растений представлены в коллекционном фонде ботанического сада на делянках площадью 1 м^2.

Фенологические наблюдения проводили в соответствии с общепринятыми рекомендациями. Успешность адаптации растений оценивалась по 100-балльной шкале [12] по следующим показателям: зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, общее состояние растений, способы размножения в культуре, развитие растений в период вегетации. Статистическая обработка данных проводилась по методике Г.Н. Зайцева [13] с использованием пакета программ MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В коллекции лекарственных растений произрастает 1 вид, включенный в Красную книгу России – *Dioscorea caucasica* Lipsky. с охранной категорией 1 (исчезающие) и 6 видов, занесенных в сводку «Редкие и исчезающие виды флоры Сибири»: *Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehd. – категория 2 (уязвимые), *Allium altaicum* Pall. *Glycyrrhiza uralensis* Fisch., *Hemerocallis minor* Mill., *Paeonia anomala* L., *Lilium pilosiusculum (Freyn) Miscz*. – категория 3 (редкие).

Dioscorea caucasica (диоскорея кавказская) – реликтовое растение и ареал её невелик. Эндемик Западного Закавказья. В коллекцию пересажена из дендрария института отрастающим побегом в 2002 г. Возраст 17 лет, на делянке площадью 1 м^2 имеет 58 шт. неветвящихся побегов. Число побегов ежегодно увеличивается, по всей вероятности за счет разрастания корневища. Весной отрастающие побеги повреждаются заморозками, но вновь появляющиеся после возвратных заморозков успевают цвести, формируют семена, которые частично вызревают. В отдельные годы отмечается единичный самосев. Цветет ежегодно. Для своего роста требует опоры. Лиана достигает высоты 193,5 ± 16,8 см.

Securinega suffruticosa (секуринега полукустарниковая) – ареал вида расположен в Восточной Сибири, Приморье, Японии, Маньчжурии, на Корейском полуострове. В коллекцию поступила семенами из НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко. Полукустарник. В возрасте 20 лет высота куста достигает 218,9 ± 10,6 см, вегетация устойчиво начинается в третьей декаде мая, цветение ежегодное, длительное. Плодоношение обильное. Наблюдается самосев. Засухоустойчива.

Allium altaicum (лук алтайский) – ареал вида лежит в Центральной Азии, на юге Сибири находится его северная граница. Семена получены по делектусу из Йошкар-Олы. Высота растений в природе 30–70 см, средняя высота в культуре – 25,2 ± 4,3 см, максимальная – 29,7 ± 5,5 см. Возраст 6 лет. В коллекции вид зацвел на 4-й год. После вступления в генеративное состояние цветение ежегодное, но не продолжительное – в среднем 10 дней. Формирует немногочисленные семена. Зимостойкость высокая.

Glycyrrhiza uralensis (солодка уральская). Ареал вида – центральноазиатский. В коллекцию вид поступил семенами, собранными на территории степного района Республики Хакасия. Впервые зацвел на седьмой год после посева, цветёт не ежегодно. Семена образует только в особо благоприятные по погодным условиям годы в небольшом количестве, а чаще всего они бывают щуплыми, невыполненными и быстро осыпаются, самосев не образуется. Высота побегов 99,0 ± 6,0 см, размножается вегетативно за счет корневых отпрысков.

Hemerocallis minor (красоднев малый) – восточноазиатский вид, растет в лесостепной зоне. Высажен в коллекцию живыми растениями из природных местообитаний в 2007 г. Ежегодно цветет в течение 3–4-х недель, образуя большое количество семян. Исключением оказался 2017 год, когда

в июне в фазу бутонизации температура воздуха на 3,5 °С оказалась выше среднемноголетней, а осадки составили лишь 58,4% от многолетних значений и бутоны, не распустившись, засохли. Формирует массовый самосев. Засухоустойчив. Высота растений в среднем 79,8 ± 4,2 см.

Paeonia anomala (пион уклоняющийся) – относится к европейско-сибирской географической группе видов, произрастающей в лесостепной зоне. Растения выращены из семян собственной репродукции Литовского происхождения. Возраст – 18 лет. Цвести начал на седьмом году жизни. Высота растений 51,1 ± 3,0 см. Цветение непродолжительное, чуть больше недели. Семена образует регулярно. Отмечается единичный самосев. Зимостоек.

Lilium pilosiusculum (Freyn) Miscz. (лилия саранка) – бореальный североазиатский вид. В коллекцию поступил в 2007 г. из лесной зоны Республики Хакасия живыми растениями. Цветение не ежегодное, длительность цветения около недели. Так как лилия саранка является мезофитом, вероятно, это является одной из причин отсутствия семеношения. Высота – 70,7 ± 7,9 см.

Сезонное развитие растений при интродукции зависит от температурного режима и влажности почвы. Переход среднесуточных температур через +5 °С в условиях пункта интродукции происходит в начале второй декады апреля. В связи с этим начало вегетации отмечалось 14.04 у *A. altaicum*, самое позднее начало 26.05 – у *S. suffruticosa*. Устойчиво ежегодно отрастали *A. altaicum*, *S. suffruticosa* и *L. pilosiusculum* (V = 4,2; 7,8 и 9,0% соответственно). Начало вегетации *D. caucasica*, *G. uralensis*, *H. minor* варьирует в средней степени. И лишь у *P. anomala* начало весеннего отрастания происходит с высокой степенью изменчивости (рисунок).

Это связано с происхождением видов, особенностями погодных условий пункта интродукции и экологии вида. Вид формируется под воздействием сил абиотических факторов, характерных для района его естественного обитания. За границами ареала сила воздействия одного или нескольких экологических факторов может быть близка к критическим точкам или выходить за пределы его экологической толерантности [14]. Остальные фазы развития растений отмечались практически в постоянные сроки, т.е. имели очень низкий и низкий размах варьирования.

Зацветание происходит с начала июня у *P. anomala* (табл. 1). *S. suffruticosa* начинает цвести позже других видов в первой декаде июля, и для нее характерен наиболее продолжительный период цветения – 47…59 дней. Коротким периодом цветения отличаются *L. pilosiusculum* (5…8 дней), *P. anomala* (7…11 дней), *A. altaicum* (10…12 дней).

Начало плодоношения приходится на вторую половину июля. Не образует семян *L. pilosiusculum*. *G. uralensis* плодоносит только в отдельные годы. Можно предположить, что на отсутствие формирования семян оказывает влияние низкая влажность воздуха во время цветения.

Изменчивость наступления фаз развития редких лекарственных растений, V%

Таблица 1

Даты наступления основных фенологических фаз развития редких лекарственных растений в коллекции

Название вида	Весеннее отрастание	Начало цветения	Окончание цветения	Созревание семян	Полное отмирание
Dioscorea caucasica	11,05 ± 2,4	27,06 ± 1,8	28,07 ± 3,2	15,09 ± 2,8	29,09 ± 1,2
Securinega suffruticosa	26,05 ± 2,0	4,07 ± 2,8	27,08 ± 4,1	3,09 ± 4,0	27,09 ± 1,3
Allium altaicum	14,04 ± 0,9	22,06 ± 3,2	2,07 ± 3,0	21,07 ± 1,0	12,10 ± 7,4
Glycyrrhiza uralensis	17,05 ± 4,2	26,06 ± 1,7	19,07 ± 2,8	11,08 ± 5,8	26,09 ± 5,6
Hemerocallis minor	23,04 ± 3,4	13,06 ± 1,5	9,07 ± 2,5	29,07 ± 6,9	22,09 ± 1,3
Paeonia anomala	18,04 ± 3,6	2,06 ± 2,8	9,06 ± 1,4	19,07 ± 4,9	1,09 ± 4,8
Lilium pilosiusculum	6,05 ± 2,0	16,06 ± 2,5	22,06 ± 3,0	–	14,08 ± 4,5

Примечание. Средняя дата наступления фазы ± ошибка средней.

Таблица 2

Оценка перспективности растений, балл

№ п/п	Название вида	Зимостойкость	Устойчивость к болезням и вредителям	Общее состояние растений	Способы размножения в культуре	Состояние растений в вегетационный период	Сумма баллов
1	*Dioscorea caucasica*	20	15	5	15	20	75
2	*Securinega suffruticosa*	15	20	15	20	20	90
3	*Allium altaicum*	20	20	5	5	15	65
4	*Glycyrriza uralensis*	20	15	15	15	15	80
5	*Hemerocalis minor*	20	20	15	20	15	90
6	*Paeonia anomala*	20	20	5	20	20	85
7	*Lilium pilosiusculum*	20	20	5	5	10	60

Наличие самосева разной степени свидетельствует об адаптации вида при интродукции. *H. minor* дает массовый самосев, который наблюдается не только непосредственно возле материнских растений, но и в близлежащих делянках. Кроме того, незначительный самосев отмечается у *S. suffruticosa*, *P. anomala* и единичный – у *D. caucasica*.

На основании фенологических наблюдений по срокам начала и окончания вегетации виды можно разделить на следующие фенологические группы: рано начинающие и рано оканчивающие вегетацию (РР). В эту группу входит *P. anomala* – 136,6 ± 4,5 дня; рано начинающие и поздно оканчивающие (РП): *A. altaicum*, период вегетации 180,2 ± 6,9 дней и *H. minor* – 152,1 ± 3,7; поздно начинающие и рано оканчивающие (ПР): *L. pilosiusculum* отмирает раньше других видов, продолжительность вегетации составляет 101,9 ± 5,9 дня; поздно начинающие и поздно оканчивающие (ПП): *D. caucasica* – 138,5 ± 2,6; *G. uralensis* – 126,2 ± 5,5; *S. suffruticosa* – 122,4 ± 2,3 дня.

Все изучаемые растения зимуют практически без повреждений, лишь у *S. suffruticosa* в особо суровые зимы обмерзает от 50 до 90% длины однолетних побегов.

В отдельные годы *G. uralensis* повреждается тлей. На растениях *D. caucasica* за весь период наблюдений дважды отмечалось незначительное поражение листьев грибковыми заболеваниями.

D. caucasica, *A. altaicum*, *P. anomala* и *L. pilosiusculum* в культуре не достигают присущих им в природе размеров, остальные виды не отличаются по размерам от растений в природных местообитаниях.

Естественное вегетативное размножение характерно для *D. caucasica* и *G. uralensis*. Солодка уральская – вегетативно подвижный вид. Корневая система залегает на глубине более 20 см, от которой идут новые побеги и распространяются за пределами делянки.

Средний возраст характеризуемых растений составляет 15 лет, что для травянистых видов является довольно большим сроком. *S. suffruticosa* относится к полукустарникам, ее возраст в коллекции достигает 20 лет. Но, тем не менее, практически все виды проходят полный сезонный ритм раз-

вития, цветут, формируют семена разного качества. В табл. 2 приводятся результаты интегральной оценки растений, распределенных в группы перспективности: перспективные (80–90 баллов) – *G. uralensis*, *P. anomala*, *S. suffruticosa*, *H. minor*; менее перспективные (65–75 баллов) – *A. altaicum*, *D. caucasica*; малоперспективные (60 баллов) – *L. pilosiusculum*. Условия интродукции не соответствуют биологическим требованиям данного вида.

Выводы

Содержание редких и исчезающих видов из Красной книги России и видов флоры Сибири в коллекции лекарственных растений обеспечивает реализацию основной задачи ботанического сада ФГБНУ «НИИАП Хакасии» по сохранению редких растений. Разведение этих видов в культуре является наиболее надежным способом сохранения *ex situ*. Для интродукции в условиях степной зоны Хакасии перспективными являются виды азиатского происхождения и имеющие обширный ареал, по экологии – мезоксерофиты: *Hemerocalis minor*, *Glycyrriza uralensis*, *Securinega suffruticosa*, *Paeonia anomala*. Менее перспективным является узколокальный эндемик *Dioscorea caucasica* и малоперспективным – мезофит *Lilium pilosiusculum*. *Allium altaicum* требует дальнейшего изучения как вид, который находится в интродукции недостаточное время.

Список литературы

1. Каримова О.А., Мустафина А.Н., Абрамова Л.М. Современное состояние и виталитетная структура природных популяций редкого вида *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. et Schult. на Южном Урале // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 3 (31). С. 27–39.

2. Денисова Г.Р., Черемушкина В.А., Асташенков А.Ю., Гусева А.А. Особенности развития *Dracocephalum fragile* Turcz.ex Benth. (Lamiaceae) в Туве // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». 2017. № 4. С. 144–157.

3. Дибиров М.Д., Муртазалиев Р.А., Алибегова А.Н. Состояние ценопопуляции *Allium grande* (Alliaceae) // Растительные ресурсы. 2012. Т. 48. Вып. 3. С. 326–333.

4. Мазей Н.Г., Можаева Г.Ф., Рытикова О.В., Вяль Ю.А., Ростовцева М.В. Редкие виды растений местной флоры в коллекции Пензенского ботанического сада имени И.И. Спрыгина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2014. № 1 (5). С. 35–44.

5. Абдуллина Л.А. Интродукция некоторых редких лекарственных растений в Уфимском ботаническом саду // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий: материалы Всероссийской конференции с международным участием (Екатеринбург, 28 мая – 1 июня 2012 г.). Екатеринбург: Гощицкий, 2012. С. 181–182.

6. Андреева И.З., Абрамова Л.М. Оценка успешности интродукции лекарственных растений в Южно-Уральском ботаническом саду // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2018. № 2 (26). С. 1–11.

7. Реут А.А., Миронова Л.Н. Сохранение редких видов растений в коллекциях ботанического сада-института УНЦ РАН на примере рода *Paeonia* L. // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий: материалы Всероссийской конференции с международным участием (Екатеринбург, 28 мая – 1 июня 2012 г.). Екатеринбург: Гощицкий, 2012. С. 204–205.

8. Мамаева Н.А. Сохранение культурных представителей рода *Iris* L. в составе коллекционных фондов ГБС РАН // Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения: материалы Международной конференции, посвященной 95-летию кафедры ботаники Тверского гос ун-та (г. Тверь, 21–24 ноября 2012 г.). Тверь: Тверской гос. ун-т, 2012. С. 284–287.

9. Гордеева Г.Н. Интродукционное испытание древесных растений Камчатки в засушливых условиях Хакасии // Научная жизнь. 2018. № 8. С. 59–67.

10. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2008. 854 с.

11. Семенова Г.П. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск: Академ. Изд-во «ГЕО», 2007. 407 с.

12. Куприянов А.Н., Богданович Л.А., Михайлов В.Г. Интегральный метод оценки успешности интродукции травянистых растений природной флоры // Морфофизиологические и экологические особенности растительного мира Центрального Казахстана. Караганда, 1986. С. 51–55.

13. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. М.: Наука, 1991. 184 с.

14. Любимов В.Б., Котова Н.П. Эффективность интродукции растений экологическим методом, дифференцированно природным условиям района исследований // Биологические науки. 2014. № 8. С. 84–88.

УДК 504.06:581.5(470.620)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА ГУЛЬКЕВИЧИ С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ-БИОИНДИКАТОРОВ

Нагайченко Е.О., Бергун С.А.

Кубанский государственный университет, Краснодар, e-mail: aphididae@rambler.ru

Работа посвящена изучению загрязнения атмосферного воздуха г. Гулькевичи с помощью растений-биоиндикаторов. В результате работы было установлено, что флора растений урбоэкосистемы г. Гулькевичи насчитывает 104 вида, относящихся к 30 семействам и 86 родам, был проведен анализ флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. и *Taraxacum officinale* Wigg. При изучении флуктуирующей асимметрии древесных и травянистых форм растений нами были взяты пробы листьев видов-индикаторов с трех участков: № 1 (сильнозагрязненная зона – федеральная автодорога Кавказ, ул. Советская), № 2 (спальный район – ул. Короткова) и контрольного участка № 3 (парковая зона – переулок Чехова). Каждый участок был разделен на 3 опытные площадки для измерения флуктуирующей асимметрии. Выборка листьев древесных растений делалась с нескольких близко растущих деревьев на опытных площадках. Использовались только средневозрастные растения, исключая молодые и старые. Всего собрали по 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Листья собирали из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, юг, восток и запад. Выборка листьев травянистых растений делалась с нескольких близко растущих растений на опытных площадках. Листья собирали с 25 растений, было собрано по 5 листьев среднего размера с каждого растения. В ходе исследования было установлено, что степень загрязнения на каждом из трех участков различна. Разные показатели по признакам у видов индикаторов для исследуемых площадок на разных участках говорят о различных экологических условиях.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, атмосферный воздух, флора, загрязняющие вещества, растения-биоиндикаторы, окружающая среда, антропогенная нагрузка

ASSESSMENT OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC ENVIRONMENT OF THE CITY OF GULKEVICHI WITH THE HELP OF PLANTS-BIOINDICATORS

Nagaychenko E.O., Bergun S.A.

Kuban State University, Krasnodar, e-mail: aphididae@rambler.ru

The work is devoted to the study of air pollution in the city of Gulkevichi with the help of plant bioindicators. As a result of the work, it was found that the flora of the urban ecosystems of the city of Gulkevichi has 104 species belonging to 30 families and 86 genera, the analysis of the fluctuating asymmetry of the leaves of Betula pendula Roth was carried out. and Taraxacum officinale Wigg. In the study of fluctuating asymmetry of woody and herbaceous species of plants we have taken samples of the leaves of species-indicators with 3 sections: No. 1 (heavily soiled area – Federal highway Kavkaz, St. Soviet), No. 2 (residential district – St. Korotkova) and a control plot № 3 (Park area – lane Chekhov). Each section was divided into 3 pilot sites for measuring fluctuating asymmetry. Selection of leaves of woody plants was made from several close-growing trees on experimental sites. Only middle-aged plants were used, excluding young and old. Just collected at least 25 leaves of medium size with one type of plant. The leaves were collected from the lower part of the crown, at the level of the raised arm, with the maximum number of available branches directed conditionally to the North, South, East and West. The leaves of herbaceous plants were sampled from several close-growing plants at experimental sites. The leaves were collected from 25 plants, 5 medium-sized leaves were collected from each plant. The study found that the degree of pollution at each of the three sites was different. Different indicators on the characteristics of the types of indicators for the studied sites in different areas indicates different environmental conditions.

Keyword: fluctuating asymmetry, atmospheric air, flora, pollutants, plants-bioindicators, environment, anthropogenic load

Техногенное влияние на экосистему привело к загрязнению атмосферы. Изменение физико-химических свойств почвогрунта, в частности тяжёлыми металлами, вызывает увеличение их фитотоксичности, за которым следует ухудшение условий произрастания зелёных насаждений. Каждый день численность автотранспорта увеличивается, ему принадлежит огромное количество вреда, наносимого окружающей среде, а также именно он служит причиной деградации природных экосистем [1].

Чистота атмосферы является одним из основных факторов сохранения экологической среды. В настоящий момент загрязнение атмосферного воздуха очень велико, и это является одной из основных угроз для растительного и животного мира нашей планеты. Концепция предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, которая используется в современной системе экологического контроля, уже не является совершенной. Инструментальный контроль – достаточно непростой способ получения данных для анализа. И несмотря на это, полученные результаты в полной мере не отражают истинную картину происходящего в окружающем мире. Исходя

из этого, все более актуальными становятся биоиндикационные методы, основным преимуществом которых является предоставление интегральной оценки качества окружающей среды [2].

Биоиндикация – это выявление количественных и качественных параметров окружающей среды и ее компонентов на основе изменения морфологии, химического состава, жизненного распространения видов организмов. А сами организмы получили название биоиндикаторы [3]. Растения могут быть подвержены «стрессу». Стресс – это реакция биологической системы на экстремальные факторы окружающей среды, которые в различной степени влияют на среду. Стрессом могут являться различные факторы окружающей среды, например, абиотические факторы, химические вещества, ионизирующее излучение и др. Как правило, стрессовые воздействия не являются единичными и разовыми. Вследствие этого идет накопление негативных последствий и формирование кумулятивного эффекта, что способствует изменению количественному соотношению между видами и структуры фитоценоза [4].

Биоиндикаторами могут являться растительные организмы, которые обладают хорошо выраженной реакцией на внешние факторы окружающей среды: различные виды бактерий, грибов, водорослей, растений, животных и т.п. Первые анатомические нарушения в растительной клетке прослеживаются в строении хлоропластов. На ранних стадиях повреждений наблюдаются округление и разрушение оболочки хлоропластов, редукция гранов, раздувание тилакоидной системы. В дальнейшем развитии наблюдается разрушение цитоплазмы и сжимание растительной клетки в целом [5].

Для оценки стабильности развития растения можно использовать любые признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно нормальное значение и, соответственно, учесть степень отклонения от него. Предпочтительным в силу простоты и однозначности интерпретации является учёт асимметрии исследуемых структур, которые в норме являются симметричными. Подобные исследования по оценке загрязнения атмосферного воздуха в условиях Краснодарского края достаточно эффективны [6].

Цель исследования: оценить загрязнение атмосферного воздуха г. Гулькевичи с помощью растений-биоиндикаторов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются растения-биоиндикаторы г. Гулькевичи. Исследования проводились в 2017–2019 гг. на трёх участках с различной антропогенной нагрузкой. В процессе работы применяли метод флуктуирующей асимметрии (О.П. Мелиховой). Основой метода является выявление нарушений симметрии развития листовой пластины травянистых и древесных форм растений под действием антропогенных факторов [7]. В качестве индикаторов были выбраны *Betula pendula* Roth. и *Taraxacum officinale* Wigg. Выборка листьев древесных растений делалась с нескольких близко растущих деревьев на опытных площадках. Использовались только средневозрастные растения, исключая молодые и старые. Всего собрали по 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Листья собирали из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, юг, восток и запад. Выборка листьев травянистых растений делалась с нескольких близко растущих растений на опытных площадках. Листья собирали с 25 растений, было собрано по 5 листьев среднего размера с каждого растения.

Результаты исследования и их обсуждение

При изучении флуктуирующей асимметрии древесных и травянистых форм растений нами были взяты пробы с трех участков: № 1 (сильнозагрязненная зона – федеральная автодорога Кавказ, ул. Советская), № 2 (спальный район – ул. Короткова) и контрольного участка № 3 (парковая зона – переулок Чехова). Каждый участок был разделен на 3 опытные площадки для измерения флуктуирующей асимметрии. Были произведены измерения и вычисления по формулам, результаты которых занесены в табл. 1–6.

В ходе анализа было установлено, что степень загрязнения на каждом из трех участков различна. Разные показатели по признакам у видов индикаторов для исследуемых площадок на разных участках говорят о различных экологических условиях. Каждый участок был разбит на 3 площадки.

На площадках, имеющих большую транспортную нагрузку, отмечается высокая вариация асимметрии. На участке № 1 степень асимметрии изменяется от 0,064 до 0,095 для *Betula pendula* и от 0,082 до 0,104 для *Taraxacum officinale*, что указывает на неоднородность территории и нестабильность параметров факторов окружающей среды.

В пределах жилой зоны г. Гулькевичи выявляются площадки, где степень асимметрии 0, 041 и 0,045, что разрешает отнести их к зоне с малым загрязнением.

Исследования показали, что максимальное значение коэффициента флуктуирующей асимметрии приходится на площадки № 1 как для *Betula pendula*, так и для *Tarax-*

acum officinale. Это объясняется наличием высокой антропогенной нагрузки на данных участках.

Анализ изменчивости асимметрии отдельных признаков указывает, что наибольшая асимметрия для *Betula pendula* прослеживается в последнем признаке (угол между центральной и 2-й жилками) – от 35 до 50°. Вторым по вариабельности признаком является второй признак (длина 2-й жилки): от 20 до 35 мм. Наименьшая асимметрия проявляется по третьему признаку (расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок) – от 9 до 16 мм.

Таблица 1

Результаты замеров листьев *Betula pendula*, мм

№ площадки	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок		Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками		Форма макушки
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона											
1	26	20	35	30	8	6	14	12	49	47	1
2	21,5	18	26	20	8	7	15	11	43	40	2
3	24	22	29	25	6	5	10,5	9	46	43	3
Участок № 2 – слабозагрязненная зона											
4	20	18	28	26	8	7	13	12	50	49	1
5	23	21	27	25	7	5	12,5	12	44	39	2
6	26	22	31	28	6	5	14	13	46	43	1
Участок № 3 – контрольная зона											
7	19	18	26	25	7	6	14	13	35	35	1
8	22	21	29	27,5	6	5	16	15	44	44	1
9	24	22	28	28	7	6	15,5	15	45	42	1

Таблица 2

Вспомогательная таблица для вычислений по *Betula pendula*

№ площадки	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	Среднее относительное различие на признак
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона						
1	0,130	0,077	0,143	0,077	0,021	0,090
2	0,089	0,130	0,067	0,154	0,036	0,095
3	0,043	0,074	0,091	0,077	0,034	0,064
Участок № 2 – слабозагрязненная зона						
4	0,053	0,037	0,067	0,040	0,010	0,041
5	0,045	0,038	0,167	0,020	0,060	0,066
6	0,083	0,051	0,091	0,037	0,034	0,059
Участок № 3 – контрольная зона						
7	0,027	0,020	0,077	0,037	0,000	0,032
8	0,023	0,027	0,091	0,032	0,000	0,035
9	0,043	0,000	0,077	0,016	0,034	0,034

Таблица 3

Величина флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula*

Исследуемый участок	Балльные значения показателя асимметричности
1	Загрязнено
2	Грязно
3	Относительно чисто

Таблица 4

Результаты замеров листьев *Taraxacum officinale*, мм

№ площадки	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок		Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками		Форма макушки
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона											
1	11	9	7	6,5	8	6	9,5	6	39	36	2
2	12,5	9,5	9,5	7	9	8	8	7	41	38	1
3	11	9	10	9,5	8,5	7	9	6,5	42	40	1
Участок № 2 – слабозагрязненная зона											
4	11,5	11	10,5	10	6	5	5	4,5	38	35	1
5	11	10,5	10,5	9,5	6	5	5,5	5	40	39	3
6	10	9	9	8	5	4	6	4	47	42	2
Участок № 3 – контрольная зона											
7	10	9,5	9	8,5	4	3,5	5,5	5	52	51	3
8	11	10	10	9,5	5	4	4,5	3,5	50	49	2
9	11	9,5	10	9	5,5	5	4,5	4	53	52	3

Таблица 5

Вспомогательная таблица для вычислений по *Taraxacum officinale*

№ площадки	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	Среднее относительное различие на признак
Участок № 1 – сильнозагрязненная зона						
1	0,100	0,037	0,143	0,226	0,040	0,109
2	0,136	0,152	0,059	0,067	0,038	0,090
3	0,100	0,026	0,097	0,161	0,024	0,082
Участок № 2 – слабозагрязненная зона						
4	0,022	0,024	0,091	0,053	0,041	0,046
5	0,023	0,050	0,091	0,048	0,013	0,045
6	0,053	0,059	0,111	0,200	0,056	0,096
Участок № 3 – контрольная зона						
7	0,026	0,029	0,067	0,048	0,010	0,036
8	0,048	0,026	0,111	0,125	0,010	0,064
9	0,073	0,053	0,048	0,059	0,010	0,048

Таблица 6

Величина флуктуирующей асимметрии листьев *Taraxacum officinale*

Исследуемый участок	Балльные значения показателя асимметричности
1	Загрязнено
2	Грязно
3	Относительно чисто

Для *Taraxacum officinale* наиболее вариативным является последний признак (угол между центральной и 2-й жилками) – от 35 до 53°. А вторым по вариативности стал третий признак (расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок) – 5,5 мм. Наименьшая асимметрия проявляется по второму признаку (длина 2-й жилки) – от 6,5 до 10,5 мм.

Заключение

Таким образом, анализ результатов определения флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* и *Taraxacum officinale* позволил установить, что в г. Гулькевичи наибольшая антропогенная нагрузка наблюдается на участке № 1, средняя антропогенная нагрузка прослеживается на участке № 2. Наименьшее загрязнение атмосферного воздуха было выявлено на участке № 3. На площадках, имеющих большую транспортную нагрузку, отмечается высокая вариация асимметрии у листьев видов-индикаторов.

Список литературы

1. Ложкин В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом: справочно-методическое пособие. СПб., 2001. 57 с.

2. Федоров В.Д., Сахаров В.Б., Левич А.П. Количественные подходы к проблеме оценки нормы патологии экосистем // Человек и биосфера. 1982. № 6. С. 3–42.

3. Груздев В.С. Биоиндикация состояния окружающей среды: монография. М., 2018. 160 с.

4. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений. Сумы, 2009. 262 с.

5. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. СПб., 2016. 300 с.

6. Воронина Д.Ю., Бергун С.А. Оценка загрязнения атмосферной среды города Тимашевска с помощью растений-биоиндикаторов // Актуальные вопросы экологии и охраны природы южных регионов России и сопредельных территорий. 2016. С. 31–34.

7. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие / Под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. М., 2010. 288 с.

УДК 58

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ НАГРУЗОК ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ БИОСИСТЕМУ С ВЫСШИМИ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Раимбеков К.Т.

Ошский гуманитарно-педагогический институт имени А.С. Мырсабекова, Ош, e-mail: raimbekov-K@mail.ru

Фиторемедиация сточных вод разной природы с помощью водных растений считается перспективным направлением науки. Одним из препятствий в применении биологической очистки является недостаточная изученность экологической специфики водных макрофитов, нужных для гарантии соответствия проектных значений рабочим показателям. В данной статье подведены опытным путем аргументированные итоги исследований по раскрытию влияния единовременных дополнений поверхностно-активных веществ (ПАВ) – додецилсульфата натрия и ПАВ – содержащего смесевого препарата «Аист» на исследованные виды высших водных растений. В результате проделанной работы на основании современных методов были изучены допустимые нагрузки додецилсульфата натрия и смесевого препарата «Аист» на водные макрофиты в условиях периодического действия. Также были изучены допустимые итоговые нагрузки синтетических поверхностно-активных веществ на 1 г сырой биомассы изученных видов водных макрофитов. Приведенные в данной статье количественные характеристики стабильности высших водных растений к ПАВ додецилсульфату натрия и ПАВ – содержащему смесовому препарату «Аист» имеют большое значение для работы по повышению продуктивности применения высших водных растений в восстановлении водных объектов. Результаты, полученные в ходе эксперимента с высшими водными растениями, можно будет использовать в том числе в планировании, разработке, внедрении и применении в практике очистки и доочистки объектов водных ресурсов и систем.

Ключевые слова: высшее водное растение, поверхностно-активные вещества, додецилсульфат натрия, биомасса, суммарные дозы

IDENTIFICATION OF ACCEPTABLE LOADS OF POLLUTANTS ON THE BIOSYSTEM WITH HIGHER WATER PLANTS

Raimbekov K.T.

Osh Pedagogical Institute of Humanities named after A.S. Myrsabekov, Osh, e-mail: raimbekov-K@mail.ru

There are quantitative data on the concentrations of pollutants that can accumulate certain types of higher aquatic plants. The potential field of applicability of biological treatment using higher aquatic plants is very wide. One of the obstacles to its use is the lack of scientific data on the ecological features of higher aquatic plants necessary to ensure compliance of operational indicators with the calculated design values. This article presents the experimental results of studies to identify the impact of single additives of surfactants (surfactants)- sodium dodecyl sulfate and surfactant-containing mixture preparation «AIST» on the studied species of higher aquatic plants. As a result of the research on the basis of modern methods, the permissible loads of sodium dodecyl sulfate surfactant and surfactant-containing mixed preparation «AIST» on higher aquatic plants under conditions of periodically repeated additives were studied. The total loads of sodium dodecyl sulfate surfactant and surfactant-containing mixture preparation «AIST» per 1 g of the crude mass of higher aquatic plants were also studied in the incubation mode. The quantitative indicators of resistance of higher aquatic plants to sodium dodecyl sulfate surfactant and the surfactant-containing mixed preparation «AIST» given in this article contribute to the information for more reasonable use of higher aquatic plants for the restoration of water bodies. Also, the results can be used in the development, planning, implementation and practical use of purification and post-treatment of water bodies and systems using higher aquatic plants.

Keywords: higher aquatic plants, surfactants, sodium dodecyl sulfate, biomass, total doses

В настоящее время некоторые аспекты воздействия загрязнителей разной категории на высшие водные растения (ВВР) мало исследованы [1, 2]. Способы очищения загрязненных вод под воздействием ВВР изучаются активно, и имеются научные данные о количественном содержании некоторых загрязняющих веществ в разных тканях растений [3, 4]. Вопрос о предельном количестве выплесков химических веществ активно разрабатывается. Информации о предельно возможных концентрациях загрязняющих веществ на ВВР недостаточно [5–7].

В связи с этим возникает потребность установления, научно аргументированных результатов стабильности разных видов ВВР к загрязняющим веществам. Данных о возможностях применения ВВР при биологической очистке сточных вод в условиях Кыргызстана недостаточно.

Таким образом, актуальным становится выявление данных о стабильности высших водных растений к различным загрязняющим веществам.

Цель исследования: определить биологический результат воздействия единовременных дополнений ПАВ – содержащего смесевого препарата «Аист» и ПАВ – додецилсульфата натрия на исследованные виды высших водных растений.

Исследовать в условиях периодически повторяющихся дополнений предельно воз-

можных нагрузок высших водных растений на ПАВ-содержащий смесевой препарат «Аист» и ПАВ додецилсульфат натрия.

Материалы и методы исследования

Для лабораторных экспериментов отобраны представители ВВР: *vallisneria spiralis*, *potamogeton crispus*, *elodea canadensis*, *eichhornia crassipts* и *azolla caroliniana*. Причиной данного отбора стало то, что синтетический ПАВ является потенциально опасным химическим препаратом.

Лабораторные модельные системы, содержащие высшие водные растения, применялись в проведении экспериментальных опытов. В аквариум с водопроводной водой помещали по 500 г *eichhornia crassipts*, *elodea canadensis* и *potamogeton crispus*, по 600 г *vallisneria spiralis* и *azolla caroliniana*. Только один вид ВВР был в составе одной модельной системы. ПАВ додецилсульфата натрия и ПАВ-содержащий смесовой препарат «Аист» при концентрации 100; 150; 200; 250; 350; 450; 650; 850; 1000 мг/л были использованы в качестве воздействующих веществ. Опыты проводились в условиях естественного освещения при температуре воды в аквариумах 21 °C ± 2 °C.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения стабильности использованных видов ВВР к взаимодействию с одноразовыми добавлениями загрязняющих веществ были применены одноразовые добавки смесевого препарата «Аист» и додецилсульфата натрия. Эксперименты длились 10–30 суток, что связано со временем проявления воздействия загрязненных веществ (табл. 1).

Таблица 1

Биологические эффекты воздействия единовременных дополнений ПАВ додецилсульфата натрия на ВВР

ВВР	№	Биомасса (сырой вес), г	ДСН, мг/л	Количества веществ к биомассе, мг/г	Отрицательные признаки, сут.	Гибель ≥ 50% растений, сут.
Eihhornia crassipes	1	600,3	0,0	0,0	*	*
	2	600,4	150,0	0,25	*	*
	3	600,2	200,0	0,33	*	*
	4	600,1	250,0	0,42	*	*
	5	600,5	300,0	0,50	*	*
	6	600,6	350,0	0,58	*	*
	7	600,7	450,0	0,75	*	*
	8	600,4	650,0	1,08	*	*
	9	600,3	850,0	1,42	29	*
	10	600,5	1000,0	1,66	26	29
Elodea canadensis	1	600,7	0,0	0,0	*	*
	2	600,2	150,0	0,25	*	*
	3	600,6	200,0	0,33	*	*
	4	600,3	250,0	0,42	*	*
	5	600,5	300,0	0,50	*	*
	6	600,4	350,0	0,58	*	*
	7	600,7	450,0	0,75	*	*
	8	600,4	650,0	1,08	27	*
	9	600,3	850,0	1,42	24	27
	10	600,3	1000,0	1,66	21	25
Potamogeton crispus	1	600,4	0,0	0,0	*	*
	2	600,3	150,0	0,25	*	*
	3	600,2	200,0	0,33	*	*
	4	600,3	250,0	0,42	*	*
	5	600,1	300,0	0,50	*	*
	6	600,4	350,0	0,58	*	*
	7	600,6	450,0	0,75	*	*
	8	600,2	650,0	1,08	18	29
	9	600,4	850,0	1,42	14	21
	10	600,2	1000,0	1,66	11	16

Окончание табл. 1

ВВР	№	Биомасса (сырой вес), г	ДСН, мг/л	Количества веществ к биомассе, мг/г	Отрицательные признаки, сут.	Гибель ≥ 50% растений, сут.
Azolla caroliniana	1	700,3	0,0	0,0	*	*
	2	700,2	150,0	0,21	*	*
	3	700,4	200,0	0,28	5	8
	4	700,5	250,0	0,36	4	6
	5	700,2	300,0	0,43	3	4
	6	700,3	350,0	0,49	1	1
	7	700,1	450,0	0,64	1	1
	8	700,6	650,0	0,92	1	1
	9	700,2	850,0	1,21	1	1
	10	700,5	1000,0	1,42	1	1
Vallisneria spiralis	1	700,4	0,0	0,0	*	*
	2	700,3	150,0	0,21	*	*
	3	700,4	200,0	0,28	*	*
	4	700,6	250,0	0,36	*	*
	5	700,6	300,0	0,44	23	*
	6	700,5	350,0	0,48	17	*
	7	700,3	450,0	0,63	13	17
	8	700,3	650,0	0,93	16	14
	9	700,4	850,0	1,22	5	8
	10	700,2	1000,0	1,43	3	6

Примечание. *Во время опытных работ, которые проводились в течение 30 суток, ни одно растение не погибло.

Опытным путем нами была установлена наибольшая устойчивость к действию додецилсульфата натрия проявила *eihhornia crassipes*, которая только через 29 суток погибла при концентрации 1000,0 мг/л. Сравнительно более устойчивой считается *elodea canadensis*, так как при концентрациях 850 и 1000 мг/л гибель более 50% растений была отмечена через 27 и 25 суток. Гибель *potamogeton crispus* наступала на 29 сутки при концентрациях равных 650 мг/л. Более восприимчивым к действию додецилсульфата натрия оказалось *vallisneria spiralis* и при концентрации 450,0; 650,0; 850,0 и 1000,0 мг/л гибель большей части растений была фиксирована через 17, 14, 8 и 6 суток.

Azolla caroliniana оказалась крайне восприимчивой к использованным концентрациям додецилсульфата натрия и омертвение части листовых пластинок наступала на следующий день инкубации при концентрации 350,0; 450,0; 650,0; 850,0 и 1000,0 мг/л. При концентрации 250,0 мг/л гибель более 50% *azolla caroliniana* была зафиксирована на 6 сутки.

Было проведено несколько лабораторных экспериментов по установлению биологического эффекта воздействия единовременных дополнений ПАВ-содержащего смесевого препарата «Аист» с целью дальнейшего применения вышеперечисленных растений для очистки различных сточных вод (табл. 2).

Итоги экспериментов показали, что за время выполнения опыта (30 суток) *eihhornia crassipes* не погибло. Если концентрация смесового препарата составляла 850 и 1000 мг/л, более 50% биомассы *potamogeton crispus* и *elodea canadensis* погибло на 17 и 20 суток. *azolla caroliniana* и *vallisneria spiralis* оказались крайне восприимчивыми к смесовому препарату, так как эти растения начинали умирать при концентрации 200,0, 250,0 и 350,0 мг/л.

В условиях время от времени повторяющихся дополнений был осуществлен второй этап лабораторного эксперимента по исследованию стабильности изучаемых видов растений к воздействию додецилсульфата натрия и характеристика опасных свойств ПАВ получена на 2 этапе лабораторного эксперимента. В определенном спектре доз добавления додецилсульфата натрия есть прямая зависимость одноразовой добавки к полному количеству загрязняющего вещества в системе. Таким

образом, растения переносят большее суммарное количество загрязняющих элементов до своей гибели, если разовая добавка увеличена. Но при разовой добавке, возрастающей от 1,9 до 8,5 мг/л, это свойство исчезает. Оно восстанавливается при дальнейшем повышении дозы (рис. 1 и 2).

Время инкубации данных растений длится от 1 до 29 суток, при одноразовой добавке 50 до 100 мг/л.

Таблица 2

Биологические эффект действия одноразовых добавок смесового препарата «Аист» на ВВР

ВВР	№	Сырая биомасса, г	ДСН, мг/л	Количество к биомассе растений, мг/г	Первые отрицательные признаки, сут.	Гибель ≥ 50% растений, сут
Eihhornia crassipes	1	600,3	–	–	*	*
	2	600,6	150,0	0,25	*	*
	3	600,3	200,0	0,33	*	*
	4	600,5	250,0	0,41	*	*
	5	600,3	300,0	0,49	*	*
	6	600,5	350,0	0,58	15	*
	7	600,6	450,0	0,75	13	*
	8	600,7	650,0	1,08	12	*
	9	600,3	850,0	1,41	11	*
	10	600,4	1000,0	1,66	11	
Elodea canadensis	1	600,6	0,0	0,0	*	*
	2	600,1	150,0	0,25	*	*
	3	600,3	200,0	0,33		*
	4	600,5	250,0	0,42		*
	5	600,6	300,0	0,49	17	*
	6	600,2	350,0	0,58	14	*
	7	600,3	450,0	0,75	14	*
	8	600,6	650,0	1,08	12	*
	9	600,6	850,0	1,41	11	20
	10	600,4	1000,0	1,66	10	20
Potamogeton crispus	1	600,5	0,0	0,0	*	*
	2	600,4	150,0	0,25	*	*
	3	600,5	200,0	0,33	*	*
	4	600,3	250,0	0,42	18	*
	5	600,3	300,0	0,49	15	*
	6	600,6	350,0	0,58	15	*
	7	600,4	450,0	0,75	12	*
	8	600,4	650,0	1,08	10	
	9	600,5	850,0	1,41	8	17
	10	600,5	1000,0	1,66	7	17
Azolla caroliniana	1	700,3	0,0	0,0	*	*
	2	700,5	150,0	0,21	*	*
	3	700,4	200,0	0,28	14	18
	4	700,2	250,0	0,35	12	16
	5	700,6	300,0	0,43	10	14
	6	700,5	350,0	0,49	9	12
	7	700,4	450,0	0,64	8	11
	8	700,5	650,0	0,93	6	11
	9	700,3	850,0	1,21	6	19
	10	700,2	1000,0	1,43	6	19

Окончание табл. 2

ВВР	№	Сырая биомасса, г	ДСН, мг/л	Количество к биомассе растений, мг/г	Первые отрицательные признаки, сут.	Гибель ≥ 50% растений, сут
Vallisneria spiralis	1	700,4	0,0	0,0	*	*
	2	700,5	150,0	0,21	*	*
	3	700,2	200,0	0,28	*	*
	4	700,4	250,0	0,35	*	*
	5	700,6	300,0	0,44	17	*
	6	700,2	350,0	0,48	13	16
	7	700,5	450,0	0,63	10	13
	8	700,3	650,0	0,92	7	12
	9	700,4	850,0	1,22	5	8
	10	700,6	1000,0	1,44	1	1

Примечание. *В течение 30 суток не погибло ни одно подопытное растение; ДСН – додецилсульфат натрия.

Рис. 1. Кинетика изменения показателей суммарного количества ПАВ додецилсульфата натрия, добавление которого приводило к гибели >50% растений

Рис. 2. Кинетика изменения показателей суммарного количества ПАВ додецилсульфата натрия, добавление которого приводило к гибели >50% растений

Eihhornia crassipes, *elodea canadensis* и *potamogeton crispus*, у которых инкубация длилась от 322 до 372 дней, когда одноразовые добавки составили 0,7–1,9 мг/л концентрации додецилсульфата натрия. Сравнительно короткое время инкубации (222–358 суток) у *vallisneria spiralis* и *azolla caroliniana*. Время инкубации подопытных растений можно значительно сократить, если концентрация одноразовых добавок составляет 8,5–16,9 мг/л: 7–24 суток для *vallisneria spiralis* и *azolla caroliniana*; 18–64 суток для *elodea canadensis*, *eihhornia crassipes*, и *potamogeton crispus*. 1–29 суток – это продолжительность инкубационного периода при концентрации с одноразовыми добавками 50–100 мг/л для перечисленных растений.

Таким образом, опытным путем нам удалось установить, что додецилсульфат натрия имеет относительную безопасность при одноразовой добавке 0,7–1,9 мг/л, если это производить систематически. Когда концентрация одноразовых добавок была относительно высока (от 50 мг/л и выше), время инкубации было коротким (1–4 недели) и суммарные дозы перешли границы спектра стабильности. До 30 дней увеличивается продолжительность инкубационного периода, если одноразовая доза составляет 1,9–8,3 мг/л. Происходит уменьшение общей дозы, если в одноразовой добавке увеличить количество додецилсульфата натрия. Из этого можно сделать вывод, что уровень стабильности подопытных растений уменьшился.

Наши эксперименты позволили установить, что наибольшие нагрузки происходят, когда в относительно продолжительный отрезок времени не было значительных изменений в состоянии ВВР, которые формируются под воздействием добавок, производимых в определенные отрезки времени (табл. 3).

Допустимая суммарная нагрузка додецилсульфата натрия в условиях лабораторных опытов равна: для *elodea canadensis* – 11,8 мг/л на 1 г биомассы при сроке инкубации 336 суток; для *eihhornia crassipes* – 11,9 мг/л на 1 г биомассы при сроке инкубации 342 суток; для *vallisneria spiralis* – 10,1 мг/л на 1 г биомассы при сроке инкубации 287 суток; для *potamogeton crispus* – 11,3 мг/л на 1 г биомассы при сроке инкубации 322 суток; для *azolla caroliniana* – 16,4 мг/л на 1 г биомассы, когда длительность инкубации составляет 223 дня.

Эксперименты по использованию время от времени повторяющихся дополнений смесевого препарата «Аист» позволили определить предельную стабильность к этому препарату подопытных видов ВВР.

Табл. 4 отражает максимально возможные нагрузки, когда не происходят заметные изменения в модельных системах с ВВР под воздействием время от времени повторяющихся добавлений смесевого препарата «Аист».

Таблица 3

Допустимые в использованном режиме инкубации итоговые нагрузки ПАВ додецилсульфата натрия на 1 г сырой массы высших водных растений

№ п/п	ВВР	Длительность инкубации, сут.	Количество СМС на 1 г сырой биомассы, мг/г	Количество в одной добавке, мг/л
1	*Eihhornia crassipes*	342	11,9	1,9
2	*Elodea canadensis*	336	11,8	1,9
3	*Potamogeton crispus*	322	11,3	1,9
4	*Vallisneria spiralis*	287	10,1	1,9
5	*Azolla caroliniana*	223	16,4	1,9

Таблица 4

Границы устойчивости ВВР в модельных системах

№ п/п	ВВР	Предел устойчивости, мг/л	СМС в одной добавке, мг/л	Количество добавок	Изменение в организме растений, сутки
1	*Eihhornia crassipes*	275,0	12,5	22	52
2	*Elodea canadensis*	137,5	12,5	11	27
3	*Potamogeton crispus*	125,0	12,5	10	24
4	*Vallisneria spiralis*	112,5	12,5	9	18
5	*Azolla caroliniana*	50,0	12,5	4	10

Примечание: ВВР – высшие водные растения; СМС – смазочно-моющие средства.

Таблица 5

Предельные нагрузки смесевого препарата «Аист» на 1 г биомассы

№ п/п	ВВР	Длительность инкубации, сут.	Количество СМС на 1 г биомассы, мг/г	В одной добавке, мг/л
1	*Eihhornia crassipes*	51	17,3	12,5
2	*Elodea canadensis*	28	9,7	12,5
3	*Potamogeton crispus*	24	8,2	12,5
4	*Vallisneria spiralis*	18	6,6	12,5
5	*Azolla caroliniana*	11	3,1	12,5

Нами доказано, что максимальная общая нагрузка смесевого препарата «Аист» при 12,5 мг/л вещества на одну добавку составляет: 1) 275,0 мг/л для *eihhornia crassipes*; 2) 112,5 мг/л для *vallisneria spiralis*; 3) 137,5 мг/л для *elodea canadensis*; 4) 50 мг/л для *azolla caroliniana*; 5) 125 мг/л для *potamogeton crispus*.

По результатам экспериментов была определена максимальная общая нагрузка смесевого препарата «Аист» на 1 г биомассы в системе с ВВР (табл. 5).

Следовательно, максимальные общие нагрузки при 12,5 мг/л в одной добавке возможны для: *vallisneria spiralis* 6,6 мг/г; *eichhornia crassipes* – 17,3 мг/г; *azolla caroliniana* – 3,1 мг/г; *elodea canadensis* – 9,7 мг/г и *potamogeton crispus* и 8,2 мг/г.

Выводы

1. Установлено, что *elodea canadensis*, *eichhornia crassipes* и *potamogeton crispus* относятся к группе наиболее стабильной к воздействию ПАВ додецилсульфат натрия и ПАВ содержащего смесевого препарата «Аист» с единовременными добавками. *Vallisneria spiralis* относится к сравнительно более восприимчивой группе, и *azolla caroliniana* относится к весьма восприимчивой группе. Наилучшая концентрация с единовременными добавками составила от 0,7 до 1,9 мг/л.

2. Общая нагрузка додецилсульфата натрия на 1 г биомассы при многократных добавках составила для: 1) *Elodea canadensis* – 11,8 мг/л; 2) *Eichhornia crassipes* Solms. – 11,9 мг/л; 3) *Vallisneria spiralis* – 10,1 мг/л; 4) *Potamogeton crispus* – 11,3 мг/л; 5) *Azolla caroliniana* – 16,4 мг/л. Предельно возможная нагрузка смесевого препарата «Аист» при систематических повторах добавок, когда в одной добавке – 12,5 мг/л, для: 1) *Eichhornia crassipes* – 262,5 мг/л; 2) *Elodea canadensis* – 150 мг/л; 3) *Potamogeton crispus* – 125 мг/л; 4) *Vallisneria spiralis* – 100 мг/л; 5) *Azolla caroliniana* – 50 мг/л.

3. Получены доказательства того, что добавление время от времени смесевого препарата «Аист» максимальные нагрузки на 1 г биомассы растений являются для: *eichhornia crassipes* – 17,3 мг/г; *elodea canadensis* – 9,7 мг/г; *hotamogeton crispus* – 8,2 мг/г; *vallisneria spiralis* – 6,6 мг/г; *azolla caroliniana* – 4,9 мг/г.

4. Эксперименты позволили установить, что эффективность применения высших водных растений зависит от показателей стабильности высших водных растений к додецилсульфату натрия и смесевому препарату «Аист».

Список литературы

1. Арефьева О.А. Воздействие магнитного поля на процессы извлечения тяжелых металлов ряской // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2010. Т. 53. № 8. С. 77–81.

2. Зайнутдинова Э.М., Яфорова Г.Г. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованиям водных растений // Башкирский химический журнал. 2013. Т. 20. № 3. С. 150–152.

3. Кочеткова А.И. О некоторых закономерностях накопления тяжелых металлов высшей водной растительностью на Волгоградском водохранилище // Вестник Волгоградского государственного университета. 2012. № 1. С. 305–309.

4. Токоев А.А. Биологическая очистка сточных вод городского очистительного сооружения г. Ош с использованием eichhornia crassipes Solms.: автореф. дис. … канд. биол. наук. Ош, 2014. 22 с.

5. Раимбеков К.Т., Шоякубов Р.Ш. Изучение химического состава *Eichhornia crassipes* и *Pistia stratiotes*, выращенных на сточных водах // Химия природных соединений. 1998. Спец. вып. С. 52–53.

6. Раимбеков К.Т. Биоэффекты воздейсвия однократных добавок ПАВ додецилсульфата натрия и ПАВ содержащего смесевого препарата на высшие водные растения // Наука вчера, сегодня, завтра. 2016. № 12 (34). С. 43–48.

7. Соломонова Е.А. Выявление допустимых нагрузок загрязняющих веществ на биосистему с высшими водными растениями: автореф. дис. … канд. биол. наук. Москва, 2009. 26 с.

СТАТЬИ

УДК 612.1:796

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИОКАРДА У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ТРЕНИРОВКИ

Балберова О.В., Ярышева В.Б.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск, e-mail: olga-balberova@mail.ru

В статье представлены результаты мониторинга электрофизиологических свойств миокарда у спортсменов-легкоатлетов и спортсменов-конькобежцев, тренирующихся с разной направленностью физических нагрузок (спринтеры и стайеры). В задачу исследований входило изучение электрофизиологических свойств миокарда спортсменов на разных этапах тренировки: на общеподготовительном этапе подготовительного периода и на специально-подготовительном этапе подготовительного периода, в условиях интенсивных физических нагрузок. В условиях физиологического покоя проводилась электрокардиография в 12 стандартных отведениях. Определяли частоту сердечных сокращений, положение электрической оси сердца, тип ритма, проводимости, вольтаж зубцов, расположение по отношению к изолинии сегмента ST и зубца Т. В результате мониторинга электрофизиологических свойств миокарда у спортсменов установлен факт достоверного увеличения выявленных ЭКГ-изменений, связанных с процессами реполяризации. В этот же тренировочный период, когда происходит увеличение доли высокоинтенсивных нагрузок перед соревнованиями, сопряженных с длительной гиперфункцией сердца, наблюдалось увеличение численности спортсменов с ЭКГ-признаками гипертрофии миокарда. В обще-подготовительном периоде отмечена тенденция к увеличению численности спортсменов с признаками нарушения проводимости (АВ-блокады, блокада правой ножки пучка Гисса). Полученные результаты были использованы с целью корректировки тренировочного процесса.

Ключевые слова: хроническое физическое перенапряжение сердца, этапы тренировочного процесса, электрокардиография, спортсмены циклических видов спорта

MONITORING OF ELECTROPHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF THE MYOCARDIUM IN ATHLETES OF CYCLIC TYPES OF SPORT AT VARIOUS STAGES OF TRAINING

Balberova O.V., Yarysheva V.B.

Of the Ural state University of physical culture, Chelyabinsk, e-mail: olga-balberova@mail.ru

The article presents the results of monitoring of electrophysiological properties of myocardium in athletes and athletes-skaters, training with different directions of physical activity (sprinters and stayers). The task of the research was to study the electrophysiological properties of the myocardium of athletes at different stages of training: at the General preparatory stage of the preparatory period and at the special preparatory stage of the preparatory period, in conditions of intense physical activity. In the conditions of physiological rest, electrocardiography was carried out in 12 standard leads. The heart rate, the position of the electrical axis of the heart, the type of rhythm, conductivity, voltage of the teeth, the location in relation to the isolation of the ST segment and the t wave were determined. As a result of monitoring the electrophysiological properties of the myocardium in athletes, a significant increase in the identified ECG changes associated with repolarization processes was established. In the same training period, when there is an increase in the proportion of high-intensity loads before the competition associated with prolonged hyperfunction of the heart, an increase in the number of athletes with ECG signs of myocardial hypertrophy was observed. In the General preparatory period, there was a tendency to increase the number of athletes with signs of conduction disorders (AV blockade, blockade of the right leg of the hiss beam). The results were used to adjust the training process.

Keywords: chronic physical overstrain of the heart, stages of the training process, electrocardiography, cyclical sports athletes

Спортивная деятельность связана с интенсивной и длительной физической активностью, которая модулирует обменные и регуляторные процессы в организме спортсмена. При этом специфика каждого вида спорта определяет характер адаптационных сдвигов в организме на морфологическом, метаболическом и регуляторном уровнях [1, с. 50].

В настоящее время остаются значимыми исследования, связанные с изучением индивидуальных проявлений механизмов адаптации организма спортсменов, его устойчивости к воздействию нагрузок различной направленности. Длительное выполнение предельных нагрузок усугубило проблему сохранения здоровья спортсменов. Систематическое воздействие неблагоприятных факторов спортивной деятельности на фоне хронического утомления сопровождается кумулятивными эффектами в виде функциональных сдвигов как адаптационного, так и дезадаптационного характера и может обусловить возникновение соматической патологии [2, с. 59].

Таблица 1

Варианты ЭКГ-изменений на разных этапах тренировок

Выявленные ЭКГ-изменения	Юноши (n = 64), количество человек, %		Девушки (n = 25), количество человек, %	
	ОП ПП	СП ПП	ОП ПП	СП ПП
Синусовая брадикардия	37 (57,8%)	44 (68,7%)*	12 (47%)	14 (56%)
Синусовая аритмия	13 (20%)	9 (14%)	6 (24%)	4 (16%)
АВ-блокады I ст	2 (3,1%)	–	1 (4%)	–
Блокада правой ножки пучка Гисса	1 (1,6%)	–	2 (8%)	2(8%)
Изменения конечной части желудочкового комплекса	11 (17%)	6 (16,4%)*	1 (4%)	1 (4%)
Элевация ST-T	1 (1,6%)	6 (9,4%)*	-	-
Эктопические ритмы	7 (11%)	11 (17%)	6 (24%)	7 (28%)
Отклонение электрической оси сердца вправо	6 (9,4%)	10 (15,6%)	3 (12%)	4 (16%)
Отклонение электрической оси сердца влево	1 (1,6%)	2 (3,1%)	–	1 (4%)
Гипертрофия ЛЖ	2 (3,1%)	2 (3,1%)	–	–

Примечание. * – различия статистически достоверны при $p \leq 0,01$.

Физическое перенапряжение, возникающее при нерациональном построении тренировочных и соревновательных нагрузок, не соответствующих функциональным возможностям спортсмена, наиболее часто проявляется хроническим физическим перенапряжением сердца (ХФПС). Оно, в свою очередь, может проявляться рядом ЭКГ-изменений [3, с. 61].

Сравнение индивидуальных показателей спортсмена по данным ЭКГ в динамике наблюдений на различных этапах тренировочного процесса и выявление ЭКГ-вариантов проявления ХФПС позволяет объективно оценить степень его тренированности и состояния здоровья и на этой основе оптимизировать тренировочный процесс.

Цель исследования: изучить электрофизиологические свойства миокарда спортсменов циклических видов спорта на разных этапах тренировки.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе научно-исследовательского института олимпийского спорта Уральского государственного университета физической культуры. В исследованиях приняли участие спортсмены мужского (n = 64) и женского пола (n = 25) 17–20 лет, имеющие стаж занятий более 5 лет (спортивный резерв).

В условиях физиологического покоя проводилась электрокардиография в 12 стандартных отведениях (электрокардиограф EEG-9620 M, изготовитель – фирма «Nihon KONDEN», Япония). Определяли частоту сердечных сокращений, положение электрической оси сердца, тип ритма, проводимости, вольтаж зубцов, расположение по отношению к изолинии сегмента ST и зубца T. Обследование проводилось на общеподготовительном этапе подготовительного периода (ОП ПП) и на специально-подготовительном этапе подготовительного периода (СП ПП). Всего было проанализировано 213 протоколов. Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента. Достоверно значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В проведенных исследованиях выраженных клинических форм заболеваний системы кровообращения нами не выявлено, однако практически во всех случаях наблюдались различные изменения на ЭКГ, связанные с внутрижелудочковой и внутрипредсердной проводимостью, ритмом сердца, изменения электрической оси, а также изменения, касающиеся реполяризационного комплекса. Полученные в ходе исследования ЭКГ-изменения представлены в табл. 1.

Из всех обследованных спортсменов общая распространенность указанных изменений составила 83,7% в периоде общей подготовки и 94,5% на СП ПП. Гендерный фактор не влиял на выявленные изменения ЭКГ, у мужчин процент распространенности составил 87,6%, у женщин 92,3%.

Самым распространенным вариантом ЭКГ-изменений вне зависимости от специфики тренировочного процесса являлись синусовая брадикардия, выявленная у женщин в 47% на ОП ПП и в 56% в СП ПП и у мужчин соответственно в 57,8% и 68,7% случаев (табл. 1). Синусовая брадикардия является показателем хорошей тренированности спортсмена по части кардиореспираторной выносливости. По данным разных авторов уровень допустимой брадикардии у детей при холтеровском мониторировании составляет 32–42 в минуту в ночное время [4, с. 7]. В наших исследованиях было выявлено

4,7% спортсменов мужского пола с заключением «выраженная брадикардия», с ЧСС 37–42 уд/мин. Замедление ритма сердца чаще встречалось у спортсменов, специализирующихся в беге на длинные дистанции, и не зависело от этапа тренировки.

Синусовая аритмия часто встречается у спортсменов и считается вызванным зависимым от дыхания изменением ЧСС. Доказано влияние фаз дыхания на сердечный ритм, которое проявляется кардиореспираторной синхронизацией или респираторной синусовой аритмией [5, с. 91–92]. Респираторная синусовая аритмия является важной регуляторной функцией и является следствием изменения тонуса блуждающего нерва. Нарушение согласованности между ритмом сердца и ритмом дыхания, косвенно свидетельствует о нарушениях вегетативного баланса. Более успешное восстановление после тренировочного процесса встречается у спортсменов, выработавших респираторную синусовую аритмию [5, с. 94]. По данным проведенного исследования, резкая синусовая аритмия, когда частота комплексов QRS составила в среднем от 43 до 65 в минуту и разница между интервалами R-R достигла более 30%, была выявлена у спортсменов-стайеров (24%) и у спортсменов-спринтеров (14%).

Мониторинг ЭКГ продемонстрировал наличие нарушений атриовентрикулярной проводимости, которые не имели конкретного отношения к определенному виду спорта. Так, на этапе подготовки у 7,1% спортсменов была выявлена АВ-блокада первой степени. Следует отметить, что это нарушение проводимости у спортсменов исчезло при повторном исследовании на специально-подготовительном этапе тренировки в условиях интенсивных физических нагрузок. По мнению ряда авторов [6, с. 45], данный факт служит признаком тренированности спортсмена.

У обследуемых спортсменов частичная блокада правой ножки пучка Гиса встречалась весьма часто (17,5% случаев), причем в большинстве случаев у девушек-стайеров (8%) против 1,6% у юношей на ОП ПП (табл. 1). В настоящий момент отсутствуют данные о связи блокады правой ножки пучка Гиса у лиц, занимающихся спортом с неблагоприятным прогнозом, авторы отмечают высокую распространенность данного ЭКГ-изменения, в особенности в видах спорта, требующих наличия качества выносливости [7, с. 42].

Изменения сегмента S-T комплекса электрокардиограммы на тех или иных этапах подготовки мы наблюдали у 11% спортсменов (табл. 1). Данные о том, что элевация сегмента S-T, являются проявлениями дистрофического процесса не нашли подтверждения, поскольку у всех спортсменов с выявленным изменением ЭКГ отсутствовали жалобы кардиального характера, они все хорошо переносили тренировочные и соревновательные нагрузки.

Выявленные особенности ЭКГ сопряжены у спортсменов с физиологической гипертрофией сердца, вызваны регулярными занятиями спортом, исчезают при выполнении физической нагрузки, поскольку являются следствием повышенного тонуса блуждающего нерва и не имеют отношения к патологическому электрофизиологическому ремоделированию, свойственному некоторым заболеваниям, затрагивающим миокард.

В самостоятельную «группу риска» вошли спортсмены с неблагоприятными ЭКГ-признаками.

Исследования показали, что у некоторых спортсменов в течение годичного цикла тренировок было зарегистрировано наличие эктопических ритмов (11–17% у юношей и 24-28% – у девушек). Подобные изменения могут быть одними из ранних сигналов развития дезадаптации вследствие физических нагрузок. Кроме этого, было установлено, что именно нарушения ритма сердца являются лимитирующим фактором адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам [8–9]. При этом очень важно отметить, что в спорте большинство летальных исходов обусловлено именно нарушениями ритма сердца [10–11]. При динамических наблюдениях в течение годичного цикла тренировок у спортсменов отмечалось усугубление отмеченных явлений в предсоревновательном периоде (табл. 1).

В ходе исследования были выявлены спортсмены, у которых после соревновательных нагрузок наблюдалось отклонение электрической оси сердца. Так, у 12% девушек и 15,6% – юношей в соревновательном периоде было зарегистрировано отклонение оси вправо. По мнению авторов, отклонение электрической оси сердца вправо, является ЭКГ-признаками перегрузки правых камер сердца, обусловленными изменением результирующего вектора возбуждения желудочков [12].

Отклонение электрической оси влево (7% обследованных на разных этапах тренировок) может сопровождать такие нарушения, как увеличение в размерах левого желудочка (гипертрофия левого желудочка); сбои в работе клапанов левого желудочка, из-за чего происходит перегрузка желудочка объемом крови; кардиологические блокады; нарушения электропроводимости

внутри левого желудочка. Левограмма также может сопровождать кардиомиопатию.

Поскольку угол отклонения от нормы может быть различным, то и степени процесса отличаются. Изменение градуса – постепенный процесс. Чем больше растет размер полости, тем сильнее уходит от нормы показатель. Если отклонение составляет от – 450 до – 900 градусов относительно нормы, то говорят о том, что орган резко смещен влево. Если происходит резкое изменение оси, это следствие резкого изменения полости сердца, а это фульминатная (молниеностная кардиомиопатия) и развитие острой сердечной недостаточности и, вследствие этого, внезапной смерти.

Особое внимание, на наш взгляд, необходимо обратить на выявленные ЭКГ-изменения, связанные с процессами реполяризации, которые могут проявляться в изменении сегмента ST и зубца T, их депрессии или элевации (11%). По мнению G. Hart, нарушения процессов реполяризации (по данным ЭКГ) могут предшествовать внезапной сердечной смерти спортсменов и без видимых проявлений и наличия специфической кардиальной патологии [13]. Наибольшее количество подобных асимметричных зубцов T было зарегистрировано в период подготовки к соревнованиям. Появление атипично асимметричного зубца T, по мнению авторов [3, с. 62–63], свидетельствует о замедлении поздней, т.е. происходящей в эндокарде, реполяризации.

В ряде случаев проявлением перенапряжения сердечно-сосудистой системы у спортсменов может быть ремоделирование миокарда левого желудочка, несоответствующее направленности тренировочного процесса. В связи с этим был проведен анализ электрокардиографических показателей, указывающих на наличие гипертрофии миокарда желудочков сердца (табл. 2).

В нашем исследовании мы использовали классические критерии диагностики ГЛЖ по ЭКГ, предложенные Sokolow a. Lyon, которые использованы для создания Миннесотского кода, предназначенного для популяционных исследований и стандартизации диагностики гипертрофии миокарда левого желудочка по ЭКГ. Также эти критерии наиболее часто используются в клинической практике:

1. Сумма RI + SIII > 25 мм.
2. Депрессия сегмента ST (I) > 0,5 мм.
3. Зубец T (-, -+) в сочетании с депрессией интервала ST и высоким зубцом RI.
4. Ravl > 11 мм при горизонтальном положении сердца.
5. STavf или STavl снижен более чем на 0,5 мм.
6. Сглаженность зубца Tavl или Tavf или T (–) в сочетании с депрессией интервала ST и увеличением зубца R.
7. Зубец Rv5, v6 > 26 мм.
8. Депрессия интервала STv5, v6 > 0,5 мм.
9. Сглаженность или отрицательность зубца Tv5, v6 в сочетании с депрессией интервала ST и нормальным или малым зубцом S.
10. Интервал j в v5 или v6 ≥ 0,06 мс.
11. Сумма зубцов Rv5 + Sv1 или Rv6 + Sv1 > 35 мм.

Данные о частоте выявления ЭКГ-признаков гипертрофии левого желудочка сердца на разных этапах тренировок у спортсменов циклических видов спорта представлены в табл. 2.

Проведенное исследование выявило гипертрофию миокарда левого желудочка в периоде общей подготовки у 6 юношей и в периоде специальной подготовки у 14 обследуемых юношей и у 1 девушки (табл. 2). Несмотря на то, что у девушек достоверных различий зарегистрировано не было, увеличение доли высокоинтенсивных нагрузок перед соревнованиями, сопряженных с длительной гиперфункцией сердца, нашло отражение в увеличении численности спортсменов мужского пола с ЭКГ-признаками гипертрофии миокарда именно в этот период. При этом спортсмены имели высокую работоспособность. У 3,12% юношей подобные изменения ЭКГ носили временный характер, подвергаясь обратному развитию при соответствующем изменении режима тренировки. У остальных спортсменов электрокардиографические признаки, отражающие гипертрофию миокарда, не изменялись в зависимости от этапа подготовки.

Таблица 2

Динамика ЭКГ-изменений, связанных с гипертрофией миокарда левого желудочка на разных этапах тренировочного процесса

Юноши количество человек, (%)		Девушки количество человек, %	
ОП ПП (n = 64)	СП ПП (n = 64)	ОП ПП (n = 26)	СП ПП (n = 24)
6 (9,38%)	14 (21,8%)	1 (3,8%)	1 (4,1%)
P ≤ 0,05		p ≥ 0,05	

Ремоделирование миокарда левого желудочка большинством исследователей признается как необходимое условие адаптации сердца спортсмена. Представление о гипертрофии миокарда у спортсменов заключается в том, что хотя она и представляет собой физиологическую приспособительную реакцию на гиперфункцию, однако эта реакция – не самая рациональная, так как является переходным этапом к развитию патологической гипертрофии.

Заключение

В результате мониторинга электрофизиологических свойств миокарда у спортсменов-легкоатлетов и спортсменов-конькобежцев установлен факт достоверного увеличения выявленных ЭКГ-изменений, связанных с процессами реполяризации, которые проявлялись в изменении сегмента ST и зубца T и были зарегистрированы в период подготовки к соревнованиям. В этот же тренировочный период, когда происходит увеличение доли высокоинтенсивных нагрузок перед соревнованиями, сопряженных с длительной гиперфункцией сердца, наблюдалось увеличение численности спортсменов с ЭКГ-признаками гипертрофии миокарда.

В общеподготовительном периоде отмечена тенденция к увеличению численности спортсменов с признаками нарушения проводимости (АВ-блокада, блокада правой ножки пучка Гисса), которое при повторном исследовании на специально-подготовительном этапе тренировки в условиях интенсивных физических нагрузок не было зарегистрировано. Полученные результаты были использованы с целью корректировки тренировочного процесса.

Список литературы

1. Балберова О.В., Быков Е.В., Чипышев А.В., Сидоркина Е.Г., Орешкина И.Н., Матюхов Д.М. Динамика показателей физической работоспособности у спортсменов с разной спецификой тренировочного процесса // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2018. № 5. С. 49–56.

2. Коган О.С., Галиуллина С.Д. Спорт высших достижений в контексте патологии сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных спортсменов // Теория и практика физической культуры. 2018. № 4. С. 59–61.

3. Агаджанян М.Г. Электрокардиографические проявления хронического физического перенапряжения у спортсменов // Физиология человека. 2005. Т. 31. С. 60–64.

4. Школьникова М.А. Сердечные аритмии и спорт грань риска // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2010. № 1. С. 4–12.

5. Ибрагимова Т.В. Респираторная синусовая аритмия у спортсменов циклических видов спорта // Неинвазивная аритмология. 2017. Т. 14. № 2. С. 90–95.

6. 36th Bethesda Conference Eligibility Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities // Journal of the American College of Cardiology. 2005. V. 45. № 8.

7. Киндерманн В., Шараг Й. Физиологическая гипертрофия сердца («спортивное сердце») // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2015. № 4 (130). С. 39–47.

8. Михайлова А.В., Смоленский А.В. Перенапряжение спортивного сердца // Лечеб. физкультура и спорт. медицина. 2009. № 12 (72). С. 26–32.

9. Смоленский А.В., Михайлова А.В. Основные направления развития спортивной кардиологии // Наука и спорт: современ. тенденции. 2013. № 1. С. 69–79.

10. Fragakis N. Pagourelias E.D., Koskinas K.C., Vassilikos V. Arrhythmias in athletes: evidence-based strategies and challenges for diagnosis, management, and sports eligibility. Cardiol. Rev. 2013. Vol. 21. № 5. P. 229–238.

11. Rowland T. Is the ‘Athlete’s Heart’ Arrhythmogenic?: Implications for Sudden Cardiac Death. Medicine & Sci. in Sports & Exercise. 2011. Vol. 43. P. 1552–1560.

12. Мурашко В.В., Струтынский А.В. Электрокардиография: учеб. пособие. 8-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2007. 320 с.

13. Hart G. Exercise-induced cardiac hypertrophy: a substrate for sudden death in athletes? Exp. Physiol. 2003. Vol. 88. № 5. P. 639–644.

УДК 618.19-006.6-02

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ БИОПСИИ СИГНАЛЬНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В ФГБУ «РОСТОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ» МЗ РФ

[1]Босенко Е.С., [1]Луганская Р.Г., [1]Шатова Ю.С., [1]Ващенко Л.Н., [1]Касьяненко В.Н., [1]Максимова Н.А., [1]Ильченко М.Г., [1]Агаркова Е.И., [2]Мамай В.И., [2]Полупанов Н.С., [2]Чурилов С.А.

[1]ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» Министерства здравоохранения России, Ростов-на-Дону, e-mail: silverokate@gmail.com;
[2]ООО «Гамма-детектор», Ростов-на-Дону, e-mail: nspolupanov@gmail.com

В настоящее время в связи с ранней диагностикой рака молочной железы и с целью улучшения качества жизни пациенток приоритетным направлением являются органосохраняющие операции без лимфодиссекции I, II и III уровня (при условии отсутствия данных об их поражении), влекущие за собой различного рода осложнения в виде лимфорей, образования лимфокист и лимфедем верхней конечности на стороне операции, которые очень сложно поддаются лечению и в большинстве случаев являются практически необратимыми. С этой целью в практику активно внедряется методика биопсии сигнальных лимфоузлов. Она включает в себя интра- или перитуморальное введение радиофармпрепарата, с дальнейшей оценкой его накопления в лимфоузлах и выявлении сторожевого лимфоузла с помощью ОФЭКТ-КТ в день введения. На следующий день, в среднем через 24 часа после введения РФП, интраоперационно хирург при помощи Y-детектора фирмы Gamma-Finder выявлял сторожевой лимфоузел и острым путем удалял его. Затем удаленный лимфоузел направлялся на срочное морфологическое исследование. После получения результатов данного исследования решался вопрос об уровне необходимой лимфаденэктомии. Метод имеет высокую точность и относительную простоту выполнения у больных раком молочной железы.

Ключевые слова: рак молочной железы, биопсия сторожевого лимфатического узла

EXPERIENCE OF SENTINEL LYMPH NODE BIOPSY TECHNIQUE IN PATIENTS WITH BREAST CANCER AT ROSTOV RESEARCH INSTITUTE OF ONCOLOGY

[1]Bosenko E.S., [1]Luganskaya R.G., [1]Shatova Yu.S., [1]Vashchenko L.N., [1]Kasyanenko V.N., [1]Maksimova N.A., [1]Ilchenko M.G., [1]Agarkova E.I., [2]Mamay V.I., [2]Polupanov N.S., [2]Churilov S.A.

[1]Rostov Research Institute of Oncology, Rostov-on-Don, e-mail: silverokate@gmail.com;
[2]OOO Gamma-detektor, Rostov-on-Don, e-mail: nspolupanov@gmail.com

Early detection of breast cancer and the striving to improve the quality of life of patients encourage organ-preserving surgery without level I, II and III lymph node dissections (when the lymph nodes are not involved), which causes complications such as lymphorrhea and lymphocysts and lymphedemas of the upper limb ipsilateral to the surgery. These complications are a great challenge for treatment, and in most cases are practically irreversible. Thus, sentinel lymph node biopsy is actively implemented into clinical practice. It involves intra- or peritumoral administration of a radiopharmaceutical agent (RPA) with further evaluation of its accumulation in lymph nodes and the sentinel lymph node detection with SPECT/CT on the day of administration. The day after RPA administration, the sentinel lymph node was identified intraoperatively using the Gamma-Finder detector, removed and sent for an urgent histological examination, after which the lymphadenectomy volume was decided. The method is highly accurate, relatively easy to perform for breast cancer patients.

Keywords: breast cancer, sentinel lymph node biopsy

В структуре онкологической заболеваемости у женщин рак молочной железы продолжает занимать лидирующие позиции во всем мире. Ежегодно в мире регистрируют примерно 1 250 000 новых случаев рака молочной железы, из них 54 000 в России.

До недавнего времени при хирургическом лечении больных раком молочной железы производилась радикальное удаление всех групп лимфоузлов, даже при отсутствии их поражения [1, 2]. Удаление аксиллярных лимфоузлов зачастую приводит к развитию осложнений, таких как лимфорея, образование лимфокист и одно из, пожалуй, самых неприятных и ухудшающих качество жизни пациенток – стойкий и необратимый лимфостаз верхней конечности на стороне операции [3, 4]. В последние годы благодаря более раннему выявлению рака молочной железы (РМЖ) значительно увеличилось количество больных без метастатического поражения лимфоузлов. В настоящее время при выборе метода оперативного лечения приоритет отдается операциям с так назы-

ваемой щадящей лимфодиссекцией. С этой целью проводится диагностика сторожевых (сигнальных) лимфоузлов для определения степени распространенности процесса у больных РМЖ [5, 6].

Сторожевым считается первый лимфоузел, куда попадают опухолевые клетки из зоны лимфооттока. Отсутствие метастазов в сторожевом лимфоузле (СЛУ) является маркером низкой вероятности поражения остальных групп регионарных лимфоузлов.

Биопсия сигнального лимфатического лимфоузла – перспективный метод определения локорегионарного метастазирования при РМЖ [7, 8].

Существуют несколько способов идентификации СЛУ. При контрастно-визуальном методе рядом с опухолью вводится специальная краска – 1% раствор синего изосульфана (Lymphazurin). Происходит окрашивание лимфатических узлов, и СЛУ визуально выявляются во время операции [9].

При изотоп-ассоциированном методе за сутки до операции подкожно перитуморально вводится радиоизотопный препарат. Для клинического применения в Российской Федерации разрешен радиоколлоид «Технефит 99mTc» [10, 11]. При лимфосцинтиграфии место на коже с максимальной гамма-активностью маркируется как проекция СЛУ. Интраоперационно используется портативный гамма-детектор для облегчения идентификации и выделения СЛУ. К новым технологиям поиска СЛУ относится методика флуоресцентной лимфографии с использованием зелёного индоцианина, которая не уступает радионуклидной технологии по частоте обнаружения СЛУ (94–100%) [12]. Многочисленные исследования показали, что вышеперечисленные методы имеют комплементарный характер, и при их сочетанном применении значительно повышается показатель идентификации СЛУ.

Данная процедура обладает таким же уровнем доказательности с меньшим количеством осложнений, улучшает качество жизни пациенток [13, 14].

Цель исследования: оценить возможность применения методики БСЛУ изотоп-ассоциированным методом у больных раком молочной железы cT1-2N0M0.

Материалы и методы исследования

В наше исследование включено 29 пациенток в возрасте от 35 до 72 лет, находящихся на лечении в отделении кожи, костей, мягких тканей и молочной железы № 1 ФГБУ «Ростовский научно-исследовательский онкологический институт» МЗ РФ с января 2018 г. по апрель 2018 г. с морфологически верифицированным раком молочной железы, с клинически, сонографически и рентгенологически не вовлеченными в процесс регионарными лимфоузлами, которым планировалось первым этапом комплексного лечения рака молочной железы проведение хирургического этапа.

Всем пациенткам на доклиническом этапе проводилось следующее обследование: билатеральная маммография в 2-х проекциях, сонографическое исследование молочных желез и региональных лимфатических узлов, СРКТ головного мозга, органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, трепанобиопсия опухоли молочной железы с иммунногистохимическим исследованием, ОФЭКТ-КТ молочных желез. В группу включались пациентки с размер первичной опухоли не более 5 см, что соответствовало T1–T2 по международной системе TNM, моноцентрический рост опухоли молочной железы, клинически, сонографически и по результатам ОФЭКТ-КТ отсутствие информации о поражении региональных лимфатических узлов. Таким образом всем пациенткам был установлен клинический диагноз: cT1-2N0M0.

Затем проводилась предоперационная планарная лимфомаммасцинтиграфия с целью визуализации сигнального лимфатического узла, после чего выполнялась ОФЭКТ-КТ для определения его топографии. Это исследование проводилось в радиоизотопной лаборатории накануне операции.

Не позднее чем за 24 часа до операции всем пациенткам из группы исследования в опухоль и паратуморально с помощью инсулинового шприца подкожно вводился радиофармпрепарат (РФП) Технефит в дозе 150 МБк, разведенный согласно инструкции производителя. Через 30–60 мин после введения выполнялась планарная лимфосцинтиграфия. После визуализации сторожевого лимфоузла на сцинтиграммах, через 120 мин после введения РФП проводилась ОФЭКТ-КТ молочных желез. На серии снимков определялась точная локализация лимфоузла.

На следующий день после введения РФМ, интраоперационно хирург при помощи гамма-детектора фирмы Gamma-Finder II определял сторожевой лимфоузел (лимфоузлы), производил его (их) удаление и направлял на срочное гистологическое исследование. В связи с тем, что нами проводилась отработка методики, лимфодиссекция лимфоузлов I, II и III порядка выполнялась в любом случае.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе нашего исследования мы получили следующие результаты: в 6 случаях из 29 идентифицировать сигнальный лимфоузел не удалось, что составило 20,7%. Из всей группы наблюдений картирования СЛУ (23 человека) 1 СЛУ выявлен у 15 пациенток (65%), в 7 (30,6%) – картировалось 2 сигнальных лимфатических узла и в 1 случае (4,4%) выявлено 5 СЛУ.

При срочном и плановом гистологическом исследовании отсутствие метастазов в СЛУ и удаленной клетчатке зарегистрировано у 14 больных, что составило 61% наблюдений.

При срочном гистологическом исследовании метастазы в СЛУ выявлены у 6 (26%) из 23 больных, которые были подтверждены после обычной гистологической проводки. У 2 пациенток (8,7% из всех 23 случаев) по-

сле парафиновой проводки были выявлены микрометастазы в СЛУ, при этом в лимфатических узлах удаленной клетчатки опухолевых клеток не было обнаружено.

Зарегистрирован 1 случай из 23 (4,3%) ложноотрицательного ответа БСЛУ: после получения срочного гистологического ответа об отсутствии метастатического поражения СЛУ выполнялась стандартная лимфаденэктомия (что входило в методику). При выполнении обычной гистологической проводки выявлено поражение 2 несигнальных подкрыльцовых лимфоузлов.

Из 6 случаев отсутствия картирования СЛУ у 1 больной выявлено метастатическое поражение 5 подкрыльцовых и 3 подключичных лимфоузлов, что можно объяснить невозможностью проникновения радиоизотопного коллоида из-за полного замещения лимфоидной ткани метастатической.

Клинические примеры (рис. 1–4).

Рис. 1. Больная Г., 58 л. Поступила в ООККМТМЖ № 1 ФГБУ «РНИОИ» МЗ РФ 03.04.2018 г. с диагнозом: Рак левой молочной железы, cT2NxM0, ст. II, клиническая группа 2 (граница верхних квадрантов). При исследовании на маммосцинтиграмме определялся 1 сигнальный л/узел. При срочном гистологическом исследовании и после парафиновой проводки метастазов в л/узле не выявлено. В других удаленных л/узлах метастатического поражения также не было выявлено

Рис. 2. Больная К., 42 г. Поступила в ООККМТМЖ № 1 ФГБУ «РНИОИ» МЗ РФ 20.02.2018 г. с диагнозом: Рак правой молочной железы, cT2NxM0, ст. II, клиническая группа 2 (верхне-наружный квадрант). При исследовании на маммосцинтиграмме определялся 1 сигнальный л/узел размером 18 мм, активно накапливающий РФП. При срочном гистологическом исследовании и после парафиновом проводки метастазов в л/узле не выявлено. Однако при гистологическом исследовании других л/узлов были выявлены метастазы в 2 подкрыльцовых л/узлах

Рис. 3. Больная М., 35 л. Поступила в ООККМТМЖ № 1 ФГБУ «РНИОИ» МЗ РФ 12.03.2018 г. с диагнозом: Рак правой молочной железы, cT2NxM0, ст. II, клиническая группа 2 (граница верхних квадрантов). При исследовании на маммосцинтиграмме определялся 1 сигнальный л/узел. При срочном гистологическом исследовании и после парафиновой проводки метастазов в л/узле не выявлено

Рис. 4. Больная Ф., 39 л. Поступила в ООККМТМЖ № 1 ФГБУ «РНИОИ» МЗ РФ 01.03.2018 г. с диагнозом: Рак левой молочной железы, cT2NxM0, ст. II, клиническая группа 2 (верхне-наружный квадрант). При исследовании на маммосцинтиграмме определялся 1 сигнальный л/узел. При срочном гистологическом исследовании и после парафиновой проводки метастазов в л/узле не выявлено

Выводы

В ходе нашей работы СЛУ были определены у 23 из 29 пациенток, что составило 79,3 %. При гистологическом исследовании метастазы в СЛУ выявлены у 8 (35 %) из 23 больных. Зарегистрирован 1 случай из 23 (4,3 %) ложноотрицательного ответа БСЛУ, что, на наш взгляд, связано с техническими трудностями в ходе отработки методики. Нами также не было отмечено ни одного случая осложнений в ходе выполнения данного исследования.

Таким образом, наш опыт показывает, что методика БСЛУ у больных локализованным РМЖ с клинически отрицательным

статусом региональных лимфатических узлов хорошо воспроизводима в технически подготовленных учреждениях и высоко информативна при выполнении ее в соответствии с современными требованиями.

Список литературы

1. Кит О.И., Шатова Ю.С., Новикова И.А., Златник Е.Ю., Ващенко Л.Н., Владимирова Л.Ю., Никипелова Е.А., Николаева Н.В. Путь к персонифицированной тактике лечения больных раком молочной железы // Вопросы онкологии. 2017. Т. 63. № 5. С. 719–723.

2. Салатов Р.Н., Ващенко Л.Н., Кучкина Л.П., Шатова Ю.С., Лисутин А.Э., Кечеджиева Э.Э., Семилеткин О.М. Мастэктомия без дренирования раны при раке молочной железы // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2014. № 9. С. 37–40.

3. Онкопластическая хирургия молочной железы / Под ред. А.Д. Каприна, А.Д. Закиряходжаева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 312 с.

4. Mathew J., Bathelmes L., Neminathan S., Crawford D. Comparitive study of lymphoedema with axillary node dissection versus axillary node sampling with radiotherapy in patients undergoing breast conservation surgery. Eur. J. Surg. Oncol. 2006. no. 32. P. 729–732.

5. Клинические рекомендации общероссийской общественной организации «Российское общество онкомаммологов» по диагностике и лечению рака молочной железы / Под ред. В.Ф. Семиглазова, Р.М. Палтуева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 400 с.

6. Giuliano A.E., Hunt K.K., Ballman K.V., et al. Axillary dissection vs no axillary dissection in women with invasive breast cancer and sentinel node metastasis: a randomized clinical trial. JAMA. The Journal of the American Medical Association. 2016. no. 305 (6). P. 569–575.

7. Исмагилов А.Х., Аснина Н.Г., Назаров Г.А. Биопсия сигнальных лимфатических узлов: история и современность // Опухоли репродуктивной системы. 2018. Т. 14. С. 38–46.

8. Елишев В.Г., Зуев В.Ю., Царев О.Н., Чижик А.В., Хуснутдинов Р.Д. Применение методики биопсии сигнального лимфатического узла в хирургическом лечении больных локализованным раком молочной железы // Академический журнал западной Сибири. 2015. Т. 11. № 4 (59). С. 78–80.

9. Motomura K., Inaji H., Komoike Y., Hasegawa Y., Kasugai T., Noguchi S., Koyama H. Combination technique is superior to dye alone in identification of the sentinel node in breast cancer. J. Surg. Oncol. 2012. no. 76. P. 95–99.

10. Кит О.И., Максимов А.Ю., Полупанов Н.С., Ващенко Л.Н., Касьяненко В.Н., Шатова Ю.С., Максимова Н.А., Босенко Е.С., Луганская Р.Г., Мамай В.И., Чурилов С.А. Разработка портативного прибора радионуклидной диагностики в онкологии // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 1. [Электронный ресурс]. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28444 (дата обращения: 05.04.2019).

11. Ермаков А.В., Закиряходжаев А.Д., Лазутина Т.Н., Леонтьев А.В., Волченко Н.Н., Беляков М.М., Каприн А.Д., Костин А.А. Методика непрямой лимфосцинтиграфии с использованием радиофармпрепарата «Технефит 99mTc» для определения путей лимфооттока и биопсии сторожевых лимфатических узлов при хирургическом лечении больных раком молочной железы и меланомой кожи // Злокачественные опухоли. 2016. № 3. С. 67–79.

12. Портной С.М., Кузнецов А.В., Шакирова Н.М. и др. Технология биопсии сигнального лимфатического узла с использованием флуоресцентной лимфографии. Предварительные результаты // Злокачественные опухоли. 2016. № 4s1. С. 9–13.

13. Krag D.N., Anderson S.J., Julian T.B., et al. Sentinel-lymph-node resection compared with conventional axillary-lymph-node dissection in clinically node-negative patients with breast cancer: overall survival findings from the NSABP B-32 randomised phase 3 trial. Lancet Oncology. 2015. no. 11(10). P. 927–933.

14. Motomura K., Egawa C., Komoike Y., Nagumo S., Koyama H., Inaji H. Three axillary lymph node sampling for the prediction of non-sentinel node metastases in breast cancer patients with sentinel node metastases. Ann. Surg. Oncol. 2014. no. 13. P. 985–989.

УДК 616.61-008.6:519.233.4

МНОГОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ СИМПТОМОВ БЕЛКОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ ПОЧЕК

Гусейнов Х.М.

Научный центр хирургии им. академика М.А. Топчибашева, Баку, e-mail: ozizk@mail.ru

В данной статье дан многофакторный дисперсионный анализ симптомов белково-энергетической недостаточности при хронической болезни почек. Учтены следующие симптомы пациентов: резкое снижение массы тела; изменение вкусовых качеств пищи; снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии; прогрессирующая артериальная гипертензия и анемия тяжелой степени. Проведенным многофакторным анализом доказана достоверность отрицательного влияния снижения психоэмоционального состояния, проявляющегося депрессией (доля влияния 51,8%), прогрессирующей артериальной гипертензии (доля влияния 50,4%), резкого снижения массы тела при хроническом гломерулонефрите (доля влияния 49,0%). Выявлена прямая сильная корреляционная связь. За исключением анемии тяжелой степени (доля влияния 8,4%) и изменения вкусовых качеств пищи (доля влияния 2,2%) с выявленной слабой корреляционной связью. Доказана достоверность отрицательного влияния в большей степени клинических симптомов, таких как прогрессирующая артериальная гипертензия (доля влияния 11,5%), резкое снижение массы тела (доля влияния 10,2%) и анемии тяжелой степени (доля влияния 9,0%) при хроническом пиелонефрите. Необходимо обратить внимание, что при белково-энергетической недостаточности на фоне хронического пиелонефрита вышеуказанные симптомы проявляются незначительно по доле их влияния. В целом проведенный многофакторный дисперсионный анализ показал высокую долю влияния прогрессирующей артериальной гипертензии, анемии тяжелой степени и резкого снижения массы тела ведущих фоновых заболеваний при хронической болезни почек, а также депрессии при хроническом гломерулонефрите.

Ключевые слова: анемия, артериальная гипертензия, белково-энергетическая недостаточность, масса тела, депрессия, многофакторный дисперсионный анализ, хроническая болезнь почек, хронический гломерулонефрит, хронический пиелонефрит, диабетическая нефропатия

MULTIVARIATE DISPERSION ANALYSIS OF SYMPTOMS OF PROTEIN-ENERGY INSUFFICIENCY IN CHRONIC KIDNEY DISEASE

Guseynov Kh.M.

Scientific Center of Surgery them. Academician M.A. Topchibasheva, Baku, e-mail: ozizk@mail.ru

This article presents a multivariate analysis of the dispersion of symptoms of protein-energy insufficiency in chronic kidney disease. The following symptoms are taken into account: a rapid decrease in body weight; a change in the taste of food; a decrease in the psycho-emotional state with the manifestation of depression; progressive hypertension and severe anemia. Was also proved the reliability of the negative impact of reducing the psycho-emotional state, manifested as a depression (influence share of 51.8%), progressive hypertension (influence share of 50.4%), a rapid decrease in body weight in chronic glomerulonephritis (influence share of 49.0%). Was revealed a direct strong correlation. The exception of severe anemia (influence share of 8.4%) and changes in taste of food (influence share of 2.2%) has a weak correlation. The reliability of the negative impact of more clinical symptoms, such as progressive hypertension (influence share of 11.5%), a rapid decrease in body weight (influence share of 10.2%) and severe anemia (influence share of 9.0%) in chronic pyelonephritis, has been proved. It is necessary to pay attention that at protein-energy insufficiency against the background of chronic pyelonephritis the above symptoms are shown slightly on a share of their influence. In General, the multivariate analysis showed a high proportion of the effects of progressive hypertension, severe anemia and a rapid decrease in body weight of the leading background diseases in chronic kidney disease, as well as depression in chronic glomerulonephritis.

Keywords: anemia, protein-energy insufficiency, depression, multivariate dispersion analysis, chronic kidney disease, chronic glomerulonephritis, chronic pyelonephritis, diabetic nephropathy

Хроническая болезнь почек – одна из актуальных медицинских и социальных проблем, характеризующаяся высокими показателями инвалидизации и смертности, низким качеством жизни [1, с. 4; 2, с. 20; 3, с. 1296]. В последние годы отмечается увеличение заболеваемости и ряда проблем, которые связаны с развитием белково-энергетической недостаточности у больных хронической болезнью почек. Белково-энергетическая недостаточность является главным прогностическим признаком, который влияет на тяжесть заболевания и выживаемость больных хронической болезнью почек, что имеет важное значение не только с научной, но и практической точки зрения, так как ранняя коррекция нутритивных нарушений улучшает не только качество жизни, но и снижает смертность [3, с. 341; 4, с. 165; 5, с. 423; 6, с. 424].

Цель исследования: на основе многофакторного анализа симптомов установить наиболее значимые симптомы проявления белково-энергетической недостаточности

при фоновых заболеваниях хронической болезни почек.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились больные, наблюдавшиеся в отделении хронического диализа клиники Научного центра хирургии имени академика М. Топчибашева Республики Азербайджан в период с 2013 по 2017 г. (n = 238). Для углубленного изучения влияния симптомов фоновых заболеваний как проявление белково-энергетической недостаточности хронической болезни почек использован многофакторный дисперсионный анализ. Определены критерий достоверности Фишера (Fb), коэффициенты детерминации (R) и корреляционного отношения (H/h). При обработке материалов исследования производилось вычисление показателя относительной величины (интенсивный). Весь объем информации обработан на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами проведен анализ симптомов у пациентов хронической болезнью почек до проведения диализа, которые являются проявлением белково-энергетической недостаточности. Учтены следующие симптомы пациентов: резкое снижение массы тела; изменение вкусовых качеств пищи; снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии; прогрессирующая артериальная гипертензия и анемия тяжелой степени. При фоновом хроническом гломерулонефрите с белково-энергетической недостаточностью ведущими жалобами пациентов являлись снижение психоэмоционального состояния с проявлением депресии (73,9 ± 3,1), прогрессирующая артериальная гипертензия (70,3 ± 3,2), резкое снижение массы тела (67,1 ± 3,3), изменение вкусовых качеств пищи (52,6 ± 3,6) и анемии тяжелой степени (48,4 ± 3,6). Основными симптомами проявления белково-энергетической недостаточности при фоновом хроническом пиелонефрите были прогрессирующая артериальная гипертензия (50,3 ± 4,3), резкое снижение массы тела (28,2 ± 3,9), изменение вкусовых качеств пищи (18,3 ± 3,3), анемии тяжелой степени (16,0 ± 3,2), а также снижение психоэмоционального состояния с проявлением депресии (11,4 ± 2,7) (табл. 1).

При фоновой диабетической нефропатии с белково-энергетической недостаточностью ведущими жалобами пациентов являлись прогрессирующая артериальная гипертензия (83,8 ± 6,0), снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии (62,1 ± 7,9), резкое снижение массы тела (45,9 ± 8,1), изменение вкусовых качеств пищи (25,8 ± 7,1) и анемии тяжелой степени (13,5 ± 5,6).

Таким образом, при хроническом гломерулонефрите с белково-энергетической недостаточностью чаще встречались такие жалобы, как снижение психоэмоционального состояния с проявлением депресии (73,9 ± 3,1), прогрессирующая артериальная гипертензия (70,3 ± 3,2), резкое снижение массы тела (67,1 ± 3,3), при хроническом пиелонефрите – прогрессирующая артериальная гипертензия (50,3 ± 4,3), резкое снижение массы тела (28,2 ± 3,9), изменение вкусовых качеств пищи (18,3 ± 3,3), при диабетической нефропатии – прогрессирующая артериальная гипертензия (83,8 ± 6,0), снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии (62,1 ± 7,9), резкое снижение массы тела (45,9 ± 8,1).

Таблица 1

Частота проявления симптомов у пациентов с хронической болезнью почек до проведения диализа, способствующих белково-энергетической недостаточности на 100 больных (n = 238)

№ п/п	Симптом	Фоновое заболевание (n = 238)					
		хронический гломерулонефрит (n = 192)		хронический пиелонефрит (n = 131)		диабетическая нефропатия (n = 37)	
		абс. число	P ± m	абс. число	P ± m	абс. число	P ± m
1	Резкое снижение массы тела	129	67,1 ± 3,3	37	28,2 ± 3,9	17	45,9 ± 8,1
2	Изменение вкусовых качеств пищи	101	52,6 ± 3,6	24	18,3 ± 3,3	8	25,8 ± 7,1
3	Снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии	142	73,9 ± 3,1	15	11,4 ± 2,7	23	62,1 ± 7,9
4	Анемия тяжелой степени	93	48,4 ± 3,6	21	16,0 ± 3,2	5	13,5 ± 5,6
5	Прогрессирующая артериальная гипертензия	135	70,3 ± 3,2	66	50,3 ± 4,3	31	83,8 ± 6,0

Также нами проведен многофакторный дисперсионный анализ симптомов, которые являются проявлением белково-энергетической недостаточности у больных хронической болезнью почек на фоне хронического гломерулонефрита до проведения диализа (табл. 2).

Определена высокая достоверность отрицательного влияния снижения массы тела, изменение вкусовых качеств пищи, снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии, анемии тяжелой степени, прогрессирующей артериальной гипертензии.

Первое ранговое место среди всех симптомов занимают: снижение психоэмоционального состояния, проявляющаяся депрессией (R = 51,8 %, rxy = +0,72, связь прямая, сильная), второе – прогрессирующая артериальная гипертензия (R = 50,4 %, rxy = +0,71, связь прямая, сильная), третье – резкое снижение массы тела (R = 49,0 %, rxy = +0,70, связь прямая, сильная), четвертое – анемии тяжелой степени (R = 8,4 %, rxy = +0,29, связь прямая, слабой силы) и пятое – изменение вкусовых качеств пищи (R = 2,2 %, rxy = +0,15, связь прямая, слабой силы).

Таким образом, доказана достоверность отрицательного влияния снижения психоэмоционального состояния, проявляющегося депрессией (доля влияния 51,8 %), прогрессирующей артериальной гипертензии (доля влияния 50,4 %), резкого снижения массы тела (доля влияния 49,0 %). Выявлена прямая сильная корреляционная связь, за исключением анемии тяжелой степени (доля влияния 8,4 %) и изменения вкусовых качеств пищи (доля влияния 2,2 %) с выявленной слабой корреляционной связью. Необходимо обратить внимание на данные симптомы при хроническом гломерулонефрите для снижения белково-энергетической недостаточности.

Данные многофакторного анализа по изучению симптомов, которые являются проявлением белково-энергетической недостаточности у больных с хронической болезнью почек на фоне хронического пиелонефрита, указывают на (табл. 3) высокую достоверность отрицательного влияния исследуемых симптомов, являющихся проявлением белково-энергетической недостаточности у больных хронической болезнью почек на фоне хронического пиелонефрита.

Таблица 2

Симптомы, являющиеся проявлением белково-энергетической недостаточности у больных с хронической болезнью почек при фоновом хроническом гломерулонефрите

№ п/п	Симптом	Fb	H/h	R (%)	Ранговый порядок
1	Резкое снижение массы тела	57,3	+0,70	49,0	III
2	Изменение вкусовых качеств пищи	26,5	+0,29	8,4	IV
3	Снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии	78,1	+0,72	51,8	I
4	Анемия тяжелой степени	20,9	+0,15	2,2	V
5	Прогрессирующая артериальная гипертензия	69,4	+0,71	50,4	II

Примечание. Fb – критерий достоверности Фишера, R % – коэффициент детерминации, H/h – коэффициент корреляционного отношения.

Таблица 3

Симптомы, являющиеся проявлением белково-энергетической недостаточности у больных с хронической болезнью почек при фоновом хроническом пиелонефрите

№ п/п	Симптом	Fb	H/h	R (%)	Ранговый порядок
1	Резкое снижение массы тела	21,8	+0,32	10,2	II
2	Анемия тяжелой степени	17,3	+0,30	9,0	III
3	Снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии	13,9	+0,25	6,2	IV
4	Изменение вкусовых качеств пищи	9,6	+0,13	1,7	V
5	Прогрессирующая артериальная гипертензия	19,2	+0,34	11,5	I

Примечание. Fb – критерий достоверности Фишера, R (%) – коэффициент детерминации, H/h – коэффициент корреляционного отношения.

Таблица 4

Симптомы, являющиеся проявлением белково-энергетической недостаточности у больных с хронической болезнью почек при фоновой диабетической нефропатии

№ п/п	Симптом	Fb	H/h	R (%)	Ранговый порядок
1	Резкое снижение массы тела	49,5	+0,65	42,2	III
2	Изменение вкусовых качеств пищи	36,1	+0,54	29,1	V
3	Снижение психоэмоционального состояния с проявлением депрессии	42,4	+0,61	37,2	IV
4	Анемия тяжелой степени	51,7	+0,70	49,0	II
5	Прогрессирующая артериальная гипертензия	65,2	+0,73	53,3	I

Примечание. Fb – критерий достоверности Фишера, R% – коэффициент детерминации, H/h – коэффициент корреляционного отношения.

Первое ранговое место среди всех симптомов занимают: прогрессирующая артериальная гипертензия (R = 11,5%, rxy = +0,34, связь прямая, средняя), второе – резкое снижение массы тела (R = 10,2%, rxy = +0,32, связь прямая, средняя), третье – анемии тяжелой степени (R = 9,0%, rxy = +0,30, связь прямая, средняя), четвертое – снижение психоэмоционального состояния с депрессией (R = 6,2%, rxy = +0,25, связь прямая, слабой силы) и пятое – изменение вкусовых качеств пищи (R = 1,7%, rxy = +0,13, связь прямая, слабой силы).

Таким образом, доказана достоверность отрицательного влияния в большей степени клинических симптомов, таких как прогрессирующая артериальная гипертензия (доля влияния 11,5%), резкое снижение массы тела (доля влияния 10,2%) и анемии тяжелой степени (доля влияния 9,0%). Необходимо обратить внимание, что при белково-энергетической недостаточности на фоне хронического пиелонефрита вышеуказанные симптомы проявляются незначительно по доле их влияния.

Многофакторный дисперсионный анализ симптомов, являющихся проявлением белково-энергетической недостаточности у больных с хронической болезнью почек на фоне диабетической нефропатии, показал (табл. 4) достоверное отрицательное влияние симптомов проявления белково-энергетической недостаточности у больных хронической болезнью почек на фоне диабетической нефропатии.

Ведущее первое ранговое место среди всех симптомов занимают: прогрессирующая артериальная гипертензия (R = 53,3%, rxy = +0,73, связь прямая, сильная), второе – анемии тяжелой степени (R = 49,0%, rxy = +0,70, связь прямая, сильная), третье – резкое снижение массы тела (R = 42,2%, rxy = +0,65, связь прямая, средняя), четвертое – снижение психоэмоционального состояния с депрессией (R = 37,2%, rxy = +0,61, связь прямая, средняя) и пятое – изменение вкусовых качеств пищи (R = 29,1%, rxy = +0,54, связь прямая, средняя).

Таким образом, доказана высокая достоверность отрицательного влияния прогрессирующей артериальной гипертензии (доля влияния 53,3%), анемии тяжелой степени (доля влияния 49,0%) и резкое снижение массы тела (доля влияния 42,2%). Выявлены прямая сильная и средняя корреляционная связи.

Заключение

Проведенный многофакторный дисперсионный анализ показал, что среди ведущих фоновых заболеваний при хронической болезни почек высокая доля влияния приходится на прогрессирующую артериальную гипертензию, анемию тяжелой степени и резкое снижение массы тела, также на депрессию при хроническом гломерулонефрите.

Список литературы

1. Александрова И.И. Ранняя диагностика нарушений нутритивного статуса у больных хронической почечной недостаточностью, факторы риска их развития: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2013. 82 с.

2. Милованов Ю.С., Александрова И.И., Добросмыслов И.А. Нарушения нутритивного статуса и значение малобелковой диеты с применением кетоаналогов эссенциальных аминокислот в профилактике белково-энергетической недостаточности у больных хронической болезнью почек // Клиническая нефрология. 2013. № 1. С. 20–28.

3. Познянская Е.Ю., Лапотников А.В. Оптимизация медико-социальной помощи больным хронической болезнью почек // Профилактическая и клиническая медицина. 2011. № 1 (38). С. 341.

4. James M.T., Hemmelgarn B.R., Tonelli M. Early recognition and prevention of chronic kidney disease. Lancet. 2010. V. 375. P. 1296–1309.

5. Levey A.S., Coresh J. Chronic kidney disease. Lancet. 2012. V. 379. P. 165–180.

6. Hemmelgarn B.R., Manns B.J., Lloyd A. et al. Relation between kidney function, proteinuria, and adverse outcomes. JAMA. 2010. V. 303. P. 423–429.

УДК 616-091.8:618.39

НЕВЫНАШИВАНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ: ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСКОБОВ ИЗ ПОЛОСТИ МАТКИ

[1]Кушубекова А.К., [1]Самигуллина А.Э., [2]Бообекова А.А.

[1]НЦОМиД МЗ КР «Национальный центр охраны материнства и детства Министерства здравоохранения Кыргызской Республики», Бишкек, e-mail: samigullina.68@mail.ru;

[2]КГМИПиПК МЗ КР «Кыргызский государственный медицинский институт подготовки и переподготовки кадров Министерства здравоохранения Кыргызской Республики», Бишкек

Медицинская и социальная значимость невынашивания беременности и влияние ее на показатели перинатальной заболеваемости и смертности, а также на репродуктивное здоровье женщи ставит научные и клинические исследования в этой области в ряд важнейших задач современной медицины, при этом изучение морфологической характеристики соскобов у данной категории женщин является актуальным для выявления этиологической причины невынашивания. Для выявления особенностей при гистологическом исследовании соскобов из полости матки сплошным методом изучены 165 образцов абортивного материала у женщин с самопроизвольными выкидышами в сроках 13–21 неделя гестации, по обращаемости в НЦОМиД за 2015 г. В ходе исследования установлено, что структура патологических изменений представлена следующим образом: геморрагические нарушения 36,4%, воспаление 30,3%, гормональная недостаточность 13,3% и сочетанная патология 20,0%. Корреляционный анализ позволил выявить статистически значимую зависимость гистологической патологии от возраста женщины, для возрастной категории 20–24 года ($r = 0,80$; $r^2 = 0,65$; $t = 2,9$; $p < 0,001$) и 25–29 лет ($r = 0,87$; $r^2 = 0,75$; $t = 3,1$; $p < 0,001$) характерна прямая, высокая и достоверная корреляция, для женщин в возрасте 30–34 года ($r = 0,92$; $r^2 = 0,84$; $t = 3,2$; $p < 0,001$) и 35 лет и старше ($r = 0,98$; $r^2 = 0,96$; $t = 6,8$; $p < 0,001$) корреляционная связь становится прямой, весьма высокой и достоверной. В зависимости от числа репродуктивных потерь анализ корреляционной зависимости позволяет статистически значимо выделить фактором риска любое количество потерь, однако прямая, весьма высокая и достоверная корреляционная связь характерна для одной потери плода ($r = 0,96$; $r^2 = 0,92$; $t = 3,3$; $p < 0,001$) и трех и более потерь ($r = 0,94$; $r^2 = 0,89$; $t = 2,9$; $p < 0,001$), а прямая, высокая и достоверная связь выявлена при двукратной потере беременности ($r = 0,83$; $r^2 = 0,68$; $t = 2,1$; $p < 0,001$). Полученные данные доказывают, что на этапе планирования семьи необходимо проведение комплексного обследования женщин для своевременного выявления предикторов невынашивания беременности.

Ключевые слова: невынашивание беременности, гистологическое исследование, возраст, число потерь

NON-CARE OF PREGNANCY: HISTOLOGICAL STUDY OF CEREBRATES FROM THE CAVITY OF THE UTERUS

[1]Kushubekova A.K., [1]Samigullina A.E., [2]Boobekova A.A.

[1]National Center for Maternal and Child Welfare of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: samigullina.68@mail.ru;

[2]Kyrgyz State Medical Institute for Training and Retraining of Personnel of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek

Medical and social significance of habitual miscarriage and its effect on the perinatal morbidity and mortality rates, as well as on the reproductive health of women ranksthe scientific and clinical research in this area together with the most important objectives of modern medicine, while the study of morphological characteristics of scrapings of this category of women is relevant to identify the etiological cause of miscarriage. To identify the features under histologic study of uterine scrapings, 165 samples of abortive materials of women with spontaneous miscarriages in timeframes of 13-21 weeks of gestation have been studied by continuous sampling method according to the incidence of outpatient visits to the National Center of Maternity and Childhood Welfare for 2015. The research has revealed that the structure of pathological changes is as follows: hemorrhagic disorders 36.4%, inflammation 30.3%, hormonal insufficiency 13.3% and associated abnormality 20.0%. The correlation analysis has enabled revealing the statistically significant dependence of histological pathology on the woman's age – the direct, high and reliable correlation is typical for the age group of 20–24 ($r = 0.80$; $r^2 = 0.65$; $t = 2.9$; $p < 0.001$) and 25–29 ($r = 0.87$; $r^2 = 0.75$; $t = 3.1$; $p < 0.001$), and the correlation relationship becomes direct, very high and reliable for women at the age of 30-34 years ($r = 0.92$; $r^2 = 0.84$; $t = 3.2$; $p < 0.001$) and at the age of 35 and older ($r = 0.98$; $r^2 = 0.96$; $t = 6.8$; $p < 0.001$).Depending on the number of reproductive losses, the correlation dependence analysis enables to emphasize statistically significantly any number of losses as a risk factor, however the direct, very high and reliablecorrelation relationship is typical for one fetal loss($r = 0,96$; $r^2 = 0,92$; $t = 3,3$; $p < 0,001$) and for three and more losses ($r = 0,94$; $r^2 = 0,89$; $t = 2,9$; $p < 0,001$), and the direct, high and reliable correlation relationship has been detected under dualfoldmiscarriage ($r = 0,83$; $r^2 = 0,68$; $t = 2,1$; $p < 0,001$).The data obtained prove that at the family planning stage the comprehensive women examination must be made to reveal timely predictors of miscarriage.

Keywords: habitual miscarriage, histologic study, age, number of lo

Невынашивание беременности по своей медико-социальной значимости остается наиболее актуальной проблемой акушерства. Медицинская и социальная значимость данной проблемы, влияние ее на показатели перинатальной заболеваемости и смертности, а также на репродуктивное здоровье женщин ставит научные и клинические ис-

следования в этой области в ряд важнейших задач современной медицины [1].

Несмотря на постоянное совершенствование медицинских технологий и повышение качества оказания акушерско-гинекологической помощи, частота привычного невынашивания беременности не имеет тенденции к снижению [2].

Все женщины, имеющие даже одну неразвивающуюся беременность, нуждаются в проведении комплексного обследования, с последующей прегравидарной подготовкой к беременности [3].

В доступной литературе последних лет сведения о морфологических изменениях в структуре плодного яйца и гистологических данных биоптатов при самопроизвольных выкидышах весьма скудны и противоречивы [4].

Поэтому исследования посвященные изучению на гистологических препаратах морфологической характеристики соскобов у женщин с невынашиванием беременности, являются актуальными с позиции выявления причин прерывания беременностей [5].

Отсутствие научных работ данного направления в Кыргызской Республике и все вышеперечисленное является обоснованием для данной работы.

Цель исследования: изучить особенности гистологического исследования соскобов из полости матки при самопроизвольных потерях беременности.

Материалы и методы исследования

База исследования Национальный центр охраны материнства и детства (НЦОМиД) МЗ КР. Тип исследования ретроспективный с проспективным набором материала.

Сплошным методом проведено гистологическое исследование 165 образцов абортивного материала у женщин с самопроизвольной потерей беременности на 13–21 неделе гестации, поступивших в гинекологическое отделение клинического родильного дома НЦОМиД в 2015 г.

Для гистологического исследования образцы ткани фиксировали в 10% формалине, заливка в парафин проведена по общепринятой методике, срезы толщиной 4–5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. В окрашенных препаратах оценивалась степень поражения ворсин хориона, изменения его тканевых структур, характер и активность поражения.

Необходимый объем выборки был рассчитан по Е.Н. Шигану (1987) ($t = 3{,}2$, $p < 0{,}001$, 99,9%) [6].

Произведены расчеты средних величин (M) и их ошибки (m). Для оценки достоверности разности числовых значений относительных показателей произведено вычисление критерия достоверности (доверительного коэффициента t-критерий Стьюдента и χ^2) рекомендуемого Н.Е. Черновой (2006) при проведении медико-социальных исследований по формуле $t = \frac{P2 - P1}{m\text{разн}}$, при $t = 3{,}2$ вероятность различий равна 99,9% или достоверность различий равна < 0,001 [6]. В качестве значений вероятности безошибочного прогноза были выбраны критерии статической значимости ошибки – менее 5% двусторонняя ($p < 0{,}05$), при 95% доверительном интервале, и статистической мощности – 80%-ная мощность. Ранговая значимость вычислялась коэффициентом ранговой корреляции Спирмена по формуле

$$p = 1 - \frac{\Sigma 6d^2 + A + B}{n^3 - n}.$$

Для оценки тесноты связи был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона, критерии связи оценены по шкале Чеддока. Для проведения статистической обработки полученных данных использован доступный в он-лайн-режиме свободный программный пакет Центра по контролю заболеваемости США OpenEpi 3.03.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования установлено, что средний возраст женщин с прерванной беременностью составил 30,0 ± 2,5 лет. Сроки гестации при прерывании беременности у женщин были от 13 недель до 21 недели включительно.

По данным гистологического исследования соскобов из полости матки установлено, что в структуре патологии ранговые места распределены следующим образом: геморрагические нарушения 36,4%, воспаление 30,3%, гормональная недостаточность 13,3% и сочетанная патология 20,0%.

Для оценки статистической значимости полученных данных проведено сравнение полученных показателей между группами, базисной группой сравнения выбрана IV группа (этиологическим фактором в которой выступили изменения, вызванные гормональной недостаточностью).

Данные морфологического исследования выявили, что прерывание беременности за счет геморрагических нарушений в структуре прерванных беременностей занимает первое ранговое место (табл. 1) и составляет 36,4 ± 3,7 на 100 обследованных женщин. Каждая четвертая беременность прервана из-за нарушений в системе гемостаза, которые привели к нарушениям, несовместимым для последующего развития плода, в сравнении с базисной группой выявлена статистически значимая разница ($t = 5{,}04$, $p < 0{,}001$).

Второе ранговое место приходится на воспалительные изменения, выявленные при гистологическом исследовании децидуальной оболочки, амниона и хориона – 30,3 ± 3,6 на 100 женщин, беременность была прервана за счет инфекционного агента, который вызвал нарушения, приведшие к невозможности дальнейшего развития

плода, при этом также выявлена статистически значимая разница с базовой группой ($t = 3,99$, $p < 0,001$).

Третье ранговое место приходится на сочетанную патологию, которая была выявлена у 20,0 ± 3,3 на 100 женщин, т.е. у каждой пятой женщины в этиологической структуре прерванной беременности выступают две причины, которые вызвали изменения, приведшие к прерыванию беременности, однако в сравнении с базовой группой не было выявлено статистически значимой разницы ($t = 1,57$, $p = 0,12$).

Далее нами проанализированы данные гистологических заключений геморрагических нарушений (табл. 2). В структуре данной патологии первое ранговое место приходится на массивные кровоизлияния и фиброзные некрозы, причем на данную патологию приходится 66,7% из общего числа геморрагических нарушений. На втором месте тромбоз и облитерация сосудов (15,0%), третье ранговое место приходится на гематомы субхориальные и суббазальные (8,3%), истинные инфаркты и псевдоинфаркты плаценты занимают четвертое ранговое место (6,7%). Отдельно стоит отметить выявленные нами два случая «замурованного плодного яйца» аутоицированного в фибрин, некроз и кровоизлияние, которые занимают последнее ранговое место и составляют 3,3%, замершая беременность в данном случае, скорее всего, обусловлена хромосомными аномалиями и уже последующим геморрагическим нарушением. Полученные данные подтверждают высокую значимость и роль системы гемостаза в этиологии развития невынашивания беременности, что требует более углубленного обследования женщин при планировании беременности.

Рассматривая структуру данных гистологического исследования, где этиологическим фактором невынашивания беременности выступает воспалительный компонент (табл. 3), следует отметить, что лейкоцитарная инфильтрация была представлена во всех биоптатах. При этом первое ранговое место приходится на выраженный воспалительный процесс, выявленный во всех составляющих внезародышевого комплекса, и доля данной патологии составила 48,8%, т.е. каждая вторая женщина из общего числа патологии, связанной с воспалением. На втором ранговом месте патология представлена некрозом и воспалением (34,0%), а третье ранговое место представлено воспалением ворсинок хориона (18,0%). Учитывая, что прерывание беременности, произошедшее за счет воспаления и представленное во всех составляющих внезародышевого комплекса имеет обширный и глубокий процесс и указывает на наличие у женщины в анамнезе инфекционного агента, важно на этапе прегравидарной подготовки обследование супружеских пар на своевременное выявление и лечение инфекций при планировании беременности.

Таблица 1

Данные гистологического исследования биоптатов из полости матки

Ранговые места	Данные гистологии	n = 165	M ± m	t	p
I	Геморрагические нарушения	60	36,4 ± 3,7	5,04	< 0,001
II	Воспаление	50	30,3 ± 3,6	3,99	< 0,001
III	Сочетанная патология	33	20,0 ± 3,3	1,57	= 0,12
IV	Гормональная недостаточность	22	13,3 ± 2,7		

Примечание. Статистическая значимость различий в сравнении групп с IV-й группой.

Таблица 2

Структура геморрагических нарушений в соскобах из полости матки при прерванной беременности

Ранговые места	Структура	n = 60	%
I	Массивные кровоизлияния и фибриноидные некрозы	40	66,7
II	Тромбоз и облитерация сосудов	9	15,0
III	Субхориальная и суббазальная гематома	5	8,3
IV	Истинные инфаркты и псевдоинфаркты плаценты	4	6,7
V	«Замурованное плодное яйцо» аутоицированное в фибрин, некроз, кровоизлияние	2	3,3

Таблица 3

Структура воспалительных изменений в соскобах из полости матки при прерванной беременности

Ранговые места	Структура	n = 50	%
I	Децидуит, хорионамнионит, фибрин, некроз (лейкоцитарная инфильтрация)	24	48,0
II	Некроз и воспаление (лейкоцитарная инфильтрация)	17	34,0
III	Ворсинки хориона и кровь с воспалением (лейкоцитарная инфильтрация)	9	18,0

Таблица 4

Структура гистологического подтверждения гормональной недостаточности в соскобах из полости матки при прерванной беременности

Ранговые места	Структура	n = 22	%
I	Дистрофия и склерозирование, очаги кальциноза	16	72,8
II	Абсолютная плацентарная недостаточность и деструкция ткани	3	13,6
II	Гипо- и аваскуляризация, нарушение питания ворсинок	3	13,6

Таблица 5

Структура гистологического подтверждения сочетанной патологии в соскобах из полости матки при прерванной беременности

Ранговые места	Структура	n = 33	%
I	Абсолютная плацентарная недостаточность с воспалением (лейкоцитарная инфильтрация)	17	51,5
II	Прогрессирующая отслойка и воспаление (децидуит, лейкоцитарная инфильтрация)	16	48,5

В структуре данных гистологического исследования, указывающих на гормональную недостаточность, как этиологический фактор невынашивания беременности (табл. 4), ранговые места распределены следующим образом: первое место приходится на дистрофические изменения, склерозирование и очаги кальциноза (72,8%), второе ранговое место представлено абсолютной плацентарной недостаточностью и деструкцией ткани (13,6%) и гиповаскуляризацией/аваскуляризацией и нарушением питания ворсинок (13,6). Данные гистологического исследования подтверждают важную роль гормональной регуляции пролонгирования гестации и включения обследования гормонального статуса женщины на этапе прегравидарной подготовки.

Кроме того, при гистологическом исследовании выявлена сочетанная патология, приведшая к прерыванию беременности (табл. 5), выявлено сочетание гормональной недостаточности и воспаления у 17 женщин, что составило 51,5% в структуре данной патологии и геморрагических нарушений с воспалительным компонентом у 16 женщин (48,5%). Полученные данные подтверждают мультифакторную причину прерываний беременности, которая должна быть оценена комплексно еще на этапе планирования семьи.

В табл. 6 представлены данные гистологического исследования абортного материала репродуктивных потерь у женщин различных возрастных групп. В возрасте 20–24 лет репродуктивные потери были гистологически оценены у 39 женщин (23,6%), на возраст 25–29 лет пришлось 40 женщин (24,4%), на 30–34 года 42 женщины (25,5%) и в возрасте 35 и старше 44 женщины (26,5%). При сравнительном анализе данных в исследовании статистически значимой разницы в группах не обнаружено, $p > 0,05$. При этом по структуре патологии выявленной в различных возрастных группах статистически значимой разницы также не выявлено, $p > 0,05$.

Однако проведенный корреляционный анализ выявил статистически значимую зависимость гистологической патологии в зависимости от возраста женщины (табл. 7). Как видно из таблицы, для возрастной категории 20–24 года характерна прямая, высокая и достоверная корреляция ($r = 0,80$; $r^2 = 0,65$; $t = 2,9$; $p < 0,001$). Корреляционная связь прямая, высокая и достоверная характерна и для возрастной группы 25–29 лет ($r = 0,87$; $r^2 = 0,75$; $t = 3,1$; $p < 0,001$). Важно отметить, что с увеличением возраста женщины корреляционная зависимость увеличивается, так, для группы женщин в возрасте 30–34 года характерна прямая, весьма высокая и достоверная корреляционная связь ($r = 0,92$; $r^2 = 0,84$; $t = 3,2$; $p < 0,001$). Для возрастной группы 35 лет и старше также корреляционная связь становится прямой, весь-

ма высокой и достоверной ($r = 0,98$; $r^2 = 0,96$; $t = 6,8$; $p < 0,001$), при этом статистическая значимость различий в сравнении с другими группами в разы выше ($t = 6,8$; $p < 0,001$).

Из полученных в исследовании данных, представленных в табл. 8, видно, что из общего количества обследованных у 68 женщин (41,2%) выявлена первая потеря беременности, у 43 (26,1%) – два самопроизвольных прерывания беременности и у 54 женщин (32,7%) три и более невынашивания беременности. Геморрагические нарушения, выявленные гистологически, статистически значимо возрастают по мере роста числа кратности невынашивания беременности ($t = 3,3$; $p < 0,001$). Гистологическая картина воспаления статистически значимо чаще выявлена при однократной потере беременности ($t = 8,5$; $p < 0,001$). Статистически значимо больше выявлено гистологической патологии, связанной с гормональной недостаточностью невынашивания беременности у женщин в группе с однократной потерей плода ($t = 2,0$; $p = 0,007$), чем в других группах. Сочетанная патология по результатам гистологии не имеет статистически значимых различий от количества репродуктивных потерь, в среднем выявляется у каждой третьей женщины в группах.

Проведенный расчет корреляционной зависимости данных гистологического исследования от числа репродуктивных потерь позволяет статистически значимо выделить факторами риска любое количество потерь (табл. 9). Однако прямая, весьма высокая и достоверная корреляционная связь характерна для одной потери плода ($r = 0,96$; $r^2 = 0,92$; $t = 3,3$; $p < 0,001$) и трех и более потерь ($r = 0,94$; $r^2 = 0,89$; $t = 2,9$; $p < 0,001$), а прямая, высокая и достоверная связь выявлена при двукратной потере беременности ($r = 0,83$; $r^2 = 0,68$; $t = 2,1$; $p < 0,001$). Полученные данные позволяют выделить женщин с первичной потерей плода и при трех и более потерях, как более негативные в плане сохранения репродуктивного потенциала женщины и необходимость рассматривать первичную потерю беременности при прегравидарной подготовки супружеских пар как высокий фактор риска невынашивания беременности.

Таблица 6

Сравнительная характеристика данных гистологического исследования женщин разных возрастных групп

Возраст, лет n = 165	Данные гистологии							
	Геморрагические нарушения		Воспаление		Гормональная недостаточность		Сочетанная патология	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
20–24	14	23,3	13	26,0	4	18,2	8	24,2
25–29	15	25,0	12	24,0	4	18,2	9	27,3
30–34	15	25,0	14	28,0	6	27,3	7	21,2
35 и старше	16	26,3	11	22,0	8	36,3	9	27,3

Таблица 7

Корреляционная зависимость гистологической патологии от возраста женщин

Возраст, лет	Значение коэффициента				Форма, теснота, достоверность связи (корреляции)
	r	r^2	t	p	
20–24	0,80	0,65	2,9	< 0,001	Прямая, высокая, достоверная
25–29	0,87	0,75	3,1	< 0,001	Прямая, высокая, достоверная
30–34	0,92	0,84	3,2	< 0,001	Прямая, весьма высокая, достоверная
35 и старше	0,98	0,96	6,8	< 0,001	Прямая, весьма высокая, достоверная

Таблица 8

Сравнительная характеристика данных гистологического исследования женщин с различным числом репродуктивных потерь

Число потерь n = 165	Гистологическое исследование							
	Геморрагические нарушения		Воспаление		Гормональная недостаточность		Сочетанная патология	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
1	12	20,0	34	68,0	11	50,0	11	33,3
2	19	31,7	5	10,0	6	27,3	13	39,4
3 и более	29	48,3	11	22,0	5	22,7	9	27,3

Таблица 9

Корреляционная зависимость гистологической патологии от числа репродуктивных потерь

Число потерь	Значение коэффициента				Форма, теснота, достоверность связи (корреляции)
	r	r^2	t	p	
1	0,96	0,92	3,3	< 0,001	Прямая, весьма высокая, достоверная
2	0,83	0,68	2,1	< 0,001	Прямая, высокая, достоверная
3 и более	0,94	0,89	2,9	< 0,001	Прямая, весьма высокая, достоверная

Заключение

Таким образом, проведенный анализ гистологического исследования соскобов из полости матки при самопроизвольных выкидышах, по обращаемости в клинический родильный дом Национального центра охраны материнства и детства МЗ КР за 2015 г., позволил сделать следующие выводы:

1. В структуре патологических изменений в абортивном материале ранговые места распределены следующим образом: геморрагические нарушения 36,4%, воспаление 30,3%, гормональная недостаточность 13,3% и сочетанная патология 20,0%.

2. Корреляционный анализ выявил статистически значимую зависимость гистологической патологии от возраста женщины, для возрастной категории 20–24 года ($r = 0,80$; $r^2 = 0,65$; $t = 2,9$; $p < 0,001$) и 25–29 лет ($r = 0,87$; $r^2 = 0,75$; $t = 3,1$; $p < 0,001$) характерна прямая, высокая и достоверная корреляция. При этом для групп женщин в возрасте 30–34 года ($r = 0,92$; $r^2 = 0,84$; $t = 3,2$; $p < 0,001$) и 35 лет и старше ($r = 0,98$; $r^2 = 0,96$; $t = 6,8$; $p < 0,001$) корреляционная связь усиливается и становится прямой, весьма высокой и достоверной.

3. В зависимости от числа репродуктивных потерь анализ корреляционной зависимости позволяет статистически значимо выделить фактором риска любое количество потерь, однако прямая, весьма высокая и достоверная корреляционная связь характерна для одной потери плода ($r = 0,96$; $r^2 = 0,92$; $t = 3,3$; $p < 0,001$) и трех и более потерь ($r = 0,94$; $r^2 = 0,89$; $t = 2,9$; $p < 0,001$), а прямая, высокая и достоверная связь выявлена при двукратной потере беременности ($r = 0,83$; $r^2 = 0,68$; $t = 2,1$; $p < 0,001$).

Учитывая, вышесказанное, следует, что на этапе планирования семьи и прегравидарной подготовки к беременности необходимо комплексное обследование женщин с целью своевременного выявления возможных этиологических факторов, выступающих предикторами невынашивания беременности.

Список литературы

1. Самигуллина А.Э., Кушубекова А.К. Анализ частоты и структуры невынашивания беременности // Современные проблемы науки и образования, 2018. № 6. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id = 28461 (дата обращения: 08.02.2019).

2. Миров А.И., Харкевич О.Н., Голофаст О.Е., Глуховец И.Б. Особенности гистологического строения трофобласта и ворсин хориона при рецидивирующей потере беременности у пациенток с тромбофилиями // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2017. Т. 25. № 4. С. 622.

3. Герасимова О.П. Клинико-морфологическая оценка эффективности прегравидарной подготовки женщин, пересших неразвивающуюся беременность: дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2014. С. 7.

4. Захаров Г.А., Галиулина Е.В., Заречнова Н.Н. Строение плодного яйца абортивного материала эмбрионов человека при замершей беременности на фоне болезней, передающихся половым путем // Вестник ТГУ. 2014. Т. 19. Вып. 6. С. 2001.

5. Нартаева А.Е., Иминджанов Р.А., Гавриленко А.С. Гистологическое описание соскобов при ранних самопроизвольных абортах и преванной беременности в раннем сроке // Вестник КазНМУ. 2015. № 1. С. 303.

6. Чернова Н.Е. Медицинская статистика: учебное пособие. Бишкек, 2006. 129 с.

УДК 613:614

АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОННОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИЯХ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ СТАЦИОНАРНОГО ТИПА

[1]Русаков Н.В., [1]Бобровницкий И.П., [1]Калинина Н.В., [2]Русакова Е.В., [1]Гапонова Е.Б., [1]Банин И.М., [1]Яковлев М.Ю., [1]Балакаева А.В.

[1]ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: rusakovnv39@yandex.ru, zhilsreda@yandex.ru;

[2]ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Атмосферное электричество представляет собой совокупность электрических явлений и процессов в атмосфере – это грозовые разряды, электромагнитные волны и многое другое. Основным фактором, определяющим биологическое действие атмосферного электричества, является ионизация воздуха, в том числе и воздушной среды помещений жилых и общественных зданий. Особое значение имеет содержание ионов в воздухе лечебных помещений, так как аэроионный режим является важным фактором, позитивно влияющим на жизненный тонус как пациентов, так и медицинского персонала, на процессы лечения и выздоровления. В статье представлены результаты исследования ионного режима в помещениях различного назначения медицинских организаций стационарного типа. Дана гигиеническая оценка факторов, влияющих на формирование ионного режима в помещениях лечебных учреждений. Показано, что основным источником легких аэроионов в воздушной среде лечебных помещений является приточный атмосферный воздух, а концентрация их зависит от работы системы вентиляции и режима проветривания помещений. Кроме того, на концентрацию ионов в воздухе помещений медицинских организаций влияют работающая электронная техника и бактерицидные установки. Проведены сравнительные исследования влияния на ионный режим помещений различных типов ультрафиолетовых облучателей, используемых для обеззараживания воздуха в медицинских организациях.

Ключевые слова: окружающая среда, атмосферное электричество; грозовые разряды, ионизация воздуха, помещения лечебных учреждений

ATMOSPHERIC ELECTRICITY AND RESULTS OF RESEARCHES OF THE ION REGIME IN PREMISES OF MEDICAL ORGANIZATIONS OF THE STATIONARY TYPE

[1]Rusakov N.V., [1]Bobrovnitskiy I.P., [1]Kalinina N.V., [2]Rusakova E.V., [1]Gaponova E.B., [1]Banin I.M., [1]Yakovlev M.Yu., [1]Balakaeva A.V.

[1]Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: rusakovnv39@yandex.ru, zhilsreda@yandex.ru;

[2]National Research Center for Epidemiology and Microbiology. N.F. Gamaley of the Ministry of Health of Russia, Moscow

Atmospheric electricity is a set of electrical phenomena and processes in the atmosphere – it's lightning, electromagnetic waves and more. The main factor determining the biological effect of atmospheric electricity is the ionization of air, including the air environment of residential and public buildings. Of particular importance is the content of ions in the air of medical facilities, as the air ion regime is an important factor that positively affects the vitality of both patients and medical personnel, the processes of treatment and recovery. The article presents the results of the study of the ion regime in the premises of various medical organizations of stationary type. The hygienic assessment of the factors influencing formation of the ion mode in premises of medical institutions is given. It is shown that the main source of light air ions in the air of medical facilities is the supply of atmospheric air, and their concentrations depend on the ventilation system and ventilation mode of the premises. In addition, the concentration of ions in the air of medical facilities is influenced by working electronic equipment and bactericidal plants. Comparative studies of the effect of different types of ultraviolet irradiators used for air disinfection in medical organizations on the ion regime of premises have been carried out.

Keywords: environment, atmospheric electricity; lightning discharges; air ionization, premises of medical institutions

Сложно переоценить социальный и экономический ущерб, наносимый экологически обусловленной и зависимой патологией в целом ежегодно мировому сообществу. Так, по данным ВОЗ, только в 2011 г. воздействие отдельных химических веществ, находящихся в окружающей и производственной среде, обусловило в мировом масштабе 4,9 млн случаев смерти (8,3 % от общего числа) и 86 млн лет жизни, утраченных в результате смертности и инвалидности [1, 2].

Экологические вызовы безопасности жизни и здоровью населения сегодня обусловлены целым спектром серьезных неблагоприятных факторов меняющейся окружающей среды. Среди них следует выделить химическое загрязнение и воздействие физических факторов. Итак, имеет место химическое загрязнение окружающей среды, беспрецедентное по масштабу. Так, на территории РФ ежегодно продолжает выбрасываться в атмосферный воздух более 30 млн тонн химических веществ. Под воздействием веществ, превышающих гигиенические нормативы в 5 и более раз (бензопирена, формальдегида, азота диоксида и др. соединений, обладающих выраженным токсическим и онкогенным действием), проживает более 55 млн жителей, что составляет 53 % городского населения России. Уровень химической нагрузки на человека внутри закрытых помещений, в которых современный человек проводит до 23 часов в сутки, еще выше, примерно в 4 и более раз, чем в окружающем атмосферном воздухе [3].

Несмотря на широкий спектр гигиенических разработок по регламентированию физических факторов окружающей среды (ФОС): шума, вибрации, электромагнитных полей и др., – обусловленная их воздействием заболеваемость приобретает все более внушительные масштабы [4]. При этом стремительно нарастающей угрозой здоровью человека становится так называемый «электромагнитный волновой смог» [5], исходящий от стационарных и, особенно, подвижных источников ненормированных неионизирующих излучений (компьютеров, телевизоров, ноутбуков, планшетов, мобильных телефонов).

Основным фактором, определяющим электрическое воздействие воздушной среды на живые организмы, считали напряженность электрического поля в атмосфере. Со времени открытия явления ионизации и электропроводности биологическое действие атмосферного электричества стали объяснять наличием аэроионов, которые считались главными в электрическом обмене между организмом и окружающей средой. Первые исследования влияния ионизации атмосферы на субъективные ощущения и здоровье пациентов проводились при прохождении ими санаторно-курортного лечения. Эти наблюдения показали существование зависимости между аэроионизацией и состоянием организма человека. Установлено, что присутствие легких ионов в воздухе является показателем его чистоты, при этом естественная ионизация атмосферного воздуха наиболее высока в лесах, на курортах и морских побережьях [6].

В то же время одним из показателей воздушного дискомфорта в закрытых помещениях является изменение ионного режима в них по сравнению с окружающим атмосферным воздухом [7]. Следует отметить, что если ионизация атмосферы, ее изменение при воздействии тех или иных факторов изучены достаточно хорошо, то ионный режим воздушной среды в помещениях, особенно при искусственной ее обработке изучены на сегодня не достаточно полно. Особого внимания, на наш взгляд, требуют исследования ионного режима в помещениях медицинских стационаров и оценки его влияния на больных и персонал медицинских организаций стационарного типа. В литературе не удалось найти результатов научных исследований по изучению ионного режима в помещениях лечебных стационаров, за исключением нескольких работ по курортологии, где искусственная ионизация воздуха использовалась в лечебных целях [8, 9].

Цель исследования: проведение исследований ионного режима в помещениях различного назначения медицинских организаций стационарного типа и факторов, влияющих на его формирование.

Материалы и методы исследования

Проведена гигиеническая оценка содержания аэроионов в воздушной среде лечебных палат, процедурных, перевязочных, операционных, в кабинетах врачей, функциональной диагностики и физиотерапевтических процедур. Исследование ионного режима проводилось в центре помещений и на рабочих местах возле компьютеров и других приборов.

Концентрацию ионов определяли прибором «Счетчик аэроионов МАС-01». Одновременно в этих же помещениях проводили определение содержания в воздухе озона, кислорода и углекислого газа.

Для замеров концентрации озона использовали газоанализатор озона 3.02П-Р, кислорода – газоанализатор ПКГ-4, диоксида углерода – газоанализатор оптический Оптогаз 500.4С. В статье представлен анализ результатов обследования 37 помещений.

Результаты исследования и их обсуждение

Уровень ионизации воздуха является показателем качества воздуха закрытых помещений и играет существенную роль при его гигиенической оценке. Качество воздушной среды особое значение имеет для помещений лечебных зданий стационарного типа, где длительное время пребывают люди со сниженным иммунным статусом, имея различные заболевания.

Ионный режим помещений определяется уровнем положительной и отрицательной аэроионизации (электрически заряженных частиц воздуха). Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха

производственных и общественных помещений являются: концентрации аэроионов обеих полярностей $ро^+$, $ро^-$, определяемые как количество аэроионов в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см^3) и коэффициент униполярности У, который определяется как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности.

В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» концентрации отрицательных аэроионов в воздухе помещений должны быть не менее 600 и не более 50000 ион/см², положительных не менее 400 и не более 50000 ион/см², а коэффициент униполяности не менее 0,4 и не более 1,0.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1.

Проведенные исследования показывают, что в воздухе обследованных помещений легкие ионы обеих полярностей либо отсутствовали, либо их содержание было ниже минимально необходимой концентрации. Отсутствие ионизации воздуха в первую очередь отмечено в лечебных палатах, в некоторых процедурных и служебных кабинетах, в которых не работала вентиляционная система, Следует отметить, что в помещениях с деионизированным воздухом концентрация диоксида углерода была выше, чем в помещениях с ионизированным воздухом.

Результаты исследования свидетельствуют, что даже в помещениях с работающей вентиляцией концентрация аэроионов в воздухе помещений была значительно ниже по сравнению с их содержанием в окружающем атмосферном воздухе, что в первую очередь связано непосредственно с работой системы вентиляции и кондиционирования воздуха. В установках для кондиционирования атмосферный воздух подвергается множественной обработке, включающей операции нагрева, увлажнения, охлаждения, очистки и др., все эти процессы искусственной обработки атмосферного воздуха «денатурируют» его, т.е. изменяют его нативные свойства, в первую очередь снижают содержание в нем аэроионов.

Помимо длительного пребывания большого количества людей в помещениях, плохо работающей вентиляции, на содержание легких аэроионов в воздухе помещений негативное влияние оказывает наличие работающей электронной техники, в том числе персональных компьютеров. Наши исследования показали, что в кабинетах врачей вблизи работающих персональных компьютеров, на рабочем месте пользователя воздух был полностью деионизирован. Это объясняется притяжением отрицательных ионов к экрану монитора, находящегося под положительным потенциалом и отталкиванием положительных ионов.

Таблица 1

Результаты замеров ионного режима в помещениях ЛПУ

Наименование помещения	Условия и место Измерения	Количество аэроионов ион/см^3		
		Отрицательные	Положительные	Коэффициент униполярности
Атмосферный воздух	На территории размещения лечебных зданий	780–1500	650–2000	0,7–1,2
Лечебные палаты	С вентиляцией	210–470	250–500	0,8–1,1
	Без вентиляции	< 10–110	< 10–150	1,4
Процедурные	Центр помещения	< 10–310	< 10–450	0,6–1,5
Операционные, Перевязочные	Центр помещения	310–550	200–650	0,6–1,1
Палата реанимации	Центр помещения	410–550	300–470	0,6–0,8
Кабинеты функциональной диагностики	Центр помещения	100–270	150–350	0,8–1,7
Кабинеты физиотерапии	Центр помещения	100–270	150–350	0,8–1,7
	Место пациента у включенных ингаляторов	330–470	140–440	0,42–0,94
Кабинеты врачей, служебные кабинеты	Центр помещений	< 10–210	< 10–250	1,4
	На рабочем месте, ПК включен	< 10–70	< 10–150	2,1

В научной литературе есть данные, что на концентрацию легких ионов в помещении влияет материал, из которого построено здание. Наибольший дефицит легких аэроионов наблюдается в железобетонных зданиях, так как стены и другие конструкции экранируют внутреннее пространство от внешнего ионизирующего излучения. Концентрация легких аэроионов внутри таких зданий находится обычно на уровне 40–50 ион/см³, что значительно ниже нормы. Наши исследования подтверждают эти данные, так как большинство обследованных помещений с отсутствием ионизации воздуха, находились в лечебных зданиях, построенных из бетонных панелей.

Деионизированный воздух отрицательно влияет на организм человека, особенно больного; у него наблюдается раздражительность, усталость, ощущение недостатка свежего воздуха, и вследствие этого, замедляются процессы выздоровления.

Помимо атмосферного воздуха и специальных приборов искусственной ионизации воздуха (ионизаторов) в помещениях лечебных зданий источниками ионизации воздуха могут быть физиотерапевтические приборы, работающие с использованием коронного заряда, ингаляционные установки и облучатели ультрафиолетовым светом (УФ-облучатели). Следует отметить, что помимо операционной и палаты реанимации наиболее высокие концентрации легких аэроионов были замерены в физиотерапевтических кабинетах на месте пациентов при работающих приборах.

Для оценки влияния работы УФ-облучателей открытого типа на аэроионный режим медицинских помещений проведены замеры концентрации легких положительных и отрицательных ионов в кабинетах врачей и в процедурной при отсутствии людей до включения бактерицидных приборов, через 10 мин и через 30 мин работы. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Как видно из представленных материалов, отмечена четкая зависимость увеличения количества отрицательных аэроионов от времени работы облучателей. Для тех же условий наблюдений такой четкой зависимости по количеству положительных аэроионов не отмечено.

Кроме того, проведены сравнительные исследования влияния на ионный режим помещений различных типов УФ-облучателей, используемых для обеззараживания воздуха в медицинских организациях. С этой целью осуществлены замеры концентраций легких положительных и отрицательных ионов в экспериментальном лабораторном помещении при поочередном включении: 1) УФ-установок открытого типа, оборудованных озоновыми лампами; 2) УФ-установок открытого типа, оборудованных безозоновыми лампами; 3) УФ-установок закрытого типа, оборудованных безозоновыми лампами. Замеры концентраций аэроионов в воздухе проводили при отсутствии людей в помещении до включения бактерицидных приборов, через 30 мин и через 60 мин работы. Результаты замеров представлены в табл. 3.

Из представленных данных видно, что УФ-излучение оказывает влияние на аэроионный режим помещений. При работе испытанных УФ-облучателей наблюдается увеличение концентрации легких отрицательных ионов и легких положительных ионов. Причем наиболее выражена эта тенденция при работе ламп, выделяющих озон. Наименьшее влияние на аэроионный режим оказывают УФ-установки закрытого типа, что, по-видимому, связано с наличием металлического корпуса облучателя.

Таблица 2

Влияние УФ-излучения на ионный режим медицинских помещений

Помещение	Режим работы УФ-лампы	Количество отрицательных аэроионов (ион/см³)	Количество положительных аэроионов (ион/см³)
1	2	3	4
Кабинет врача-хирурга	До включения	230	440
	10 мин работы	410	340
	30 мин работы	420	510
Процедурная	До включения	340	270
	30 мин работы	500	390
	1 ч работы	550	390
Кабинет стоматолога	До включения	280	270
	10 мин работы	350	300
	30 мин работы	370	330

Таблица 3

Влияние УФ-облучателей различного типа на ионный режим воздушной среды

Тип УФ-облучателей	Время исследования	Отрицательные ионы	Положительные ионы
Озонные УФ-облучатели открытого типа	До включения (фон)	110	105
	30 мин работы	215	170
	1 ч работы	510	340
Безозонные облучатели открытого типа	До включения (фон)	120	100
	30 мин работы	285	180
	1 ч работы	480	200
УФ-облучатели закрытого типа	До включения (фон)	160	130
	30 мин работы	200	180
	1 ч работы	300	210

Заключение

Носителем атмосферного электричества в закрытых помещениях, в том числе и в помещениях медицинских организаций, являются аэроионы, которых в воздушной среде зданий значительно меньше, чем в окружающем атмосферном воздухе. Аэроионный режим в помещениях медицинских организаций является важным фактором, позитивно влияющим на жизненный тонус как пациентов, так и медицинского персонала, на процессы лечения и выздоровления. Основным источником легких аэроионов в воздушной среде помещений является приточный атмосферный воздух, а концентрации их зависят от работы системы вентиляции и режима проветривания помещений. Учитывая, что при прохождении различных этапов кондиционирования атмосферный воздух деионизируется, необходимо регулярно контролировать содержание аэроионов не только в помещениях медицинских организаций, но и на каждом этапе обработки приточного воздуха.

Список литературы

1. Рахманин Ю.А. Концептуальные и методологические аспекты гигиены как основы развития профилактического здравоохранения. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2017. № 1. С. 57–78.

2. Разумов А.Н., Пономаренко В.А. Культурологическая этика здоровья нации в третьем тысячелетии. Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2017. № 1. С. 42–56.

3. Рахманин Ю.А., Губернский Ю.Д., Калинина Н.В. Проблемные вопросы гигиены жилых и общественных зданий и концепция развития исследований на перспективу // Гигиена и санитария. 2012. № 2. С. 9–14.

4. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины // Гигиена и санитария. 2014. № 93 (5). С. 5–10.

5. Губернский Ю.Д., Гошин М.Е., Калинина Н.В., Банин И.М. Гигиенические аспекты мониторинга электромагнитного загрязнения современного жилища // Гигиена и санитария. 2016. № 4. С. 32–36.

6. Скипетров В.П. Аэроионы и жизнь. Изд. 4-е, перераб. Саранск: Красный Октябрь, 2011. 136 с.

7. Гурина И.В., Губернский Ю.Д. Воздух в доме и здоровье. СПб.: Веды. Азбука-Аттикус, 2011. 256 с.

8. Лысенко А.В., Таютина Т.В., Недоруба Е.А. Оценка влияния степени аэроионизации воздушной среды на функциональное состояние организма спортсменов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=13491 (дата обращения: 14.04.2019).

9. Посохин И.И., Лобанов Д.В. Оздоровление воздушной среды помещений путем озонирования и аэроионизации воздуха // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. 1. С. 15–20.

УДК 617.54-089-08:615.273.52

КОНТРОЛИРУЕМОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЛЕВАНТНОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ГЕМОГРАФИЧЕСКИХ И ФИЗКОЛЛОИДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОЛОСТНОЙ КРОВИ ДЛЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ РЕИНФУЗИИ

[1,2]Чынгышова Ж.А., [2]Чапыев М.Б.

[1]Кыргызская государственная медицинская академия имени И.К. Ахунбаева, Бишкек, e-mail: myktybek@rambler.ru;

[2]Национальный хирургический центр Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Бишкек

Проведена сравнительная характеристика в ракурсе контролируемых клинических испытаний экспериментальных данных о крови, излившейся в брюшную и грудную полости в условиях моделирования у животных ранения живота и груди с клинико-лабораторными данными о крови, излившейся в брюшную и грудную полости у пострадавших с травмами и ранениями груди и живота. В период 2007–2017 гг. нами проведены клинико-лабораторные и экспериментальные исследования по сравнительной оценке физико-химического состояния крови, излившейся в брюшную и плевральную полости у пациентов с повреждениями органов грудной и брюшной полостей с соответствующим образованием гемоторакса и гемоперитонеума. Собранная кровь предназначалась для ранней (2 ч) и поздней (6 ч) интраоперационной реинфузии крови. Наши клинические исследования проведены у 92 пациентов с полостными кровопотерями, что составляет 71,8 % от общего числа обследованных пациентов (n – 128), у которых была использована интраоперационная реинфузия крови. Речь идет об использовании традиционной ее технологии, когда кровь, излившуюся в ту или иную полость, собирали ковшом и пропускали в емкость со стабилизатором крови через 8-слойную марлю. Исследования проведены во время операции в первые 2 ч.

Ключевые слова: травма, ранения, грудная клетка, живот, кровопотеря

CONTROLLED CLINICAL TRIAL AND DETERMINE THE RELEVANCE OF CLINICAL AND EXPERIMENTAL CONTROL GEOGRAFICHESKIH AND FISCALLINI INDICATORS OF THE STATE OF THE CAVERNOUS BLOOD FOR INTRAOPERATIVE REINFUSION

[1,2]Chyngyshova Zh.A., [2]Chapyev M.B.

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

[2]National Surgical Center of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek

The comparative analysis from the perspective of controlled clinical trials experimental data about the blood that's shed abroad in the abdominal and thoracic cavity in terms of the modelling of animals wounded abdomen and chest with the clinical and laboratory data of the blood that's shed abroad in the abdominal and thoracic cavity of patients with traumas and wounds of the chest and abdomen. In the period 2007-2017. we have conducted clinical, laboratory and experimental investigations on comparative assessment of the physico-chemical state of the blood that's shed abroad in the abdominal and pleural cavity in patients with injuries of the chest and abdominal cavities with the corresponding formation of hemothorax and hemoperitoneum. The collected blood is intended for the early (2 h) and late (6 h) intraoperative reinfusion blood. Our clinical studies were conducted in 92 patients with cavitary blood loss, accounting for 71.8 % of the total number of examined patients (n-128), which was used intraoperative reinfusion of blood. It is about using traditional technologies, when the blood that's shed abroad in a particular cavity covsem collected and passed into a container with a stabilizer of blood through 8 layers of cheesecloth. Research conducted during the first 2 hours.

Keywords: injury, wounds, chest, abdomen, blood loss

Кровь, излившаяся в плевральную полость, контактируя с плеврой и тканями раны параметров [1–3], трансформируется с изменениями своих морфологических и физколлоидных параметров [4–6]. Установлено, что в основе разрушения форменных элементов крови, излившейся в плевральную полость, лежат гемолитические свойства серозного эпителия [6–8].

Цель работы: провести сравнительную характеристику в ракурсе контролируемых клинических испытаний (ККИ) экспериментальных данных о крови, излившейся в брюшную и грудную полости в условиях моделирования у животных ранения живота и груди, с клинико-лабораторными данными о крови, излившейся в брюшную и грудную полости у пострадавших с травмами и ранениями груди и живота.

Задача исследования: провести параллели клинического контроля (КК) и экспериментального контроля (ЭК) полученных данных на базе ККИ, чтобы удостовериться в возможности «переноса» эксперименталь-

ных данных по моделированию полостной кровопотери на клиническую платформу.

Материалы и методы исследования

В период 2007–2017 гг. нами проведены клинико-лабораторные и экспериментальные исследования по сравнительной оценке физико-химического состояния крови, излившейся в брюшную и плевральную полость у пациентов с повреждениями органов грудной и брюшной полостей с соответствующим образованием гемоторакса и гемоперитонеума.

Собранная кровь предназначалась для ранней (2 ч) и поздней (6 ч) интраоперационная реинфузия крови (ИО РИК). Наши клинические исследования проведены у 92 пациентов с полостными кровопотерями, что составляет 71,8 % от общего числа обследованных пациентов (n – 128), у которых была использована ИО РИК. Речь идет об использовании традиционной ее технологии, когда кровь, излившейся в ту или иную полость собирали ковшем и пропускали в емкость со стабилизатором крови через 8-слойную марлю. Исследования проведены во время операции в первые 2 ч.

Результаты исследования и их обсуждение

Итак, речь идет о ККИ, то есть об оценке возможности прямой экстраполяции экспериментальных исследований в клиническую практику.

В табл. 1 показана динамика морфологии крови, излившейся в брюшную полость. Как видно из таблицы, в ЭК, начиная уже с 3-й мин, отмечается достоверное снижение количества Эр. Доказано, что спустя 6 ч их количество уменьшается в 1,5 раза. Установлено, что подобная синхронность отмечается и в отношении ЦП, Hb и Ht. ($p < 0,05$). Имеет место и снижение количества лейкоцитов.

Итак, экспериментально доказано, что степень разрушаемости Эр и лейкоциты высокая (33,3 %). КК показал, что в первые 2 часа имеет место синхронное снижение практически всех показателей, в среднем на 35 %, приравниваясь к параметрам исследуемых показателей в эксперименте за 6 ч, что необходимо учитывать при определении хирургической и анестезиолого-реанимационной тактики применения ИО РИК.

В табл. 2 показана динамика морфологии крови, излившейся в плевральную полость. Как видно из этой таблицы, в ЭК установлено постепенное и достоверное снижение количества Эр., что заметно даже на 3-й мин гемоторакса. Оказывается, как и при гемоперитонеуме спустя 6 ч у больных с гемотораксом количество Эр уменьшается в 1,5 раза ($P < 0,05$). В то же время количество лейкоцитов в крови постепенно возрастает, чего не наблюдалось при гемоперитонеуме даже спустя 6 ч. Что касается ЦП, Hb и Ht, то они имеют тенденцию к снижению ($P < 0,05$).

Установлено, что удельный вес разрушенных Эр в крови, излившейся в плевральную полость, в среднем, на 10–12 % больше, нежели чем в крови, собранной из брюшной полости, составляя 35,8 %.

Что же показал КК? Количество Эр. и ЦП снижается с опережающим темпом, чем остальные показатели (Hb, Ht, Лейк.), приравниваясь к параметрам крови, излившейся в плевральную полость в течение 6 ч, по экспериментальным материалам.

Таким образом, по данным КК и ЭК, в обеих группах в крови, излившейся, соответственно, в брюшную (1-я группа) и плевральную (2-я группа) полости, отмечается постепенное снижение количества Эр. Причем такое снижение более заметно во 2-й группе.

Таблица 1

Параллели КК и ЭК гемографических показателей крови, излившейся в брюшную полость в зависимости от сроков

Контроль	Показатели	Исходный	3 мин	2 ч	6 ч
КК	Эр.	4,2 ± 0,2	–	2,8 ± 0,5*	–
	ЦП	0,92 ± 0,02	–	0,66 ± 0,02	–
	Hb	125,5 ± 11,3	–	72,2 ± 6,1*	–
	Ht	36,8 ± 1,02	–	26,8 ± 2,5*	–
	Лейк.	5,6 ± 0,6	–	3,6 ± 0,3*	–
ЭК	Эр.	4,2 ± 0,2	3,7 ± 0,2*	3,2 ± 0,3*,**	2,8 ± 0,3*,**,***
	ЦП	0,92 ± 0,02	0,90 ± 0,04	0,88 ± 0,01	0,86 ± 0,01*
	Hb	125,5 ± 11,3	106,2 ± 8,4*	88,5 ± 4,6*,**	80,4 ± 5,5*,**,***
	Ht	36,8 ± 1,02	33,2 ± 1,1*	27,1 ± 1,01*,**	22,3 ± 1,05*,**,***
	Лейк.	5,6 ± 0,6	4,9 ± 0,5	4,3 ± 0,5*,**	4,1 ± 0,2*,**

Примечание. * – достоверно в сравнении с контролем; ** – достоверно в сравнении с исходным; *** – достоверно в сравнении с предыдущим сроком.

Итак, получается, что степень разрушаемости Эр в крови, собранной с плевральной полости превосходит таковую в крови, собранной из брюшной полости. Сказанное подтверждает и динамика сравнительного содержания Hb. В обеих группах отмечается синхронное снижение концентрации Hb. Однако заметно, что это происходит с опережающим темпом во 2-й группе.

Отсюда мы делаем заключение о том, что в крови, излившейся в плевральную полость, Hb снижается в большей степени, нежели в крови, излившейся в брюшную полость.

С учетом доказанности того, что Эр, как, впрочем, и другие форменные элементы крови, подвергаются разрушению за счет гемолитического воздействия серозных оболочек, надо полагать, что гемолитические свойства плевры превосходят таковые брюшинного покрова. Данное обстоятельство следует учитывать при проведении ИО РИК.

В табл. 3 приведена физколлоидная характеристика крови, излившейся в брюшную полость, в зависимости от сроков нахождения там.

Как видно из табл. 3, в ЭК на фоне снижения количества Эр осмотическая резистентность их почти в 2 раза снижается в сроки 2 и 6 ч. Этот факт мы объясняли возможностью гемолитического воздействия брюшинного покрова, а также вероятным влиянием постепенно скапливающегося реактивного транссудата.

Было установлено, что на фоне не столь выраженного снижения количества Hb удельный вес свободного Hb плазмы резко возрастает уже через 2 ч и утраивается в промежутке 2–6 ч ($P < 0,05$). Соответственно, от срока к сроку возрастает показатель гемолиза крови. Так, через 2 ч она возрастает до 6,2 ± 0,65 %, а еще через 4 ч – до 12,5 ± 0,4 %.

Таблица 2

Параллели КК и ЭК гемографических показателей крови, излившейся в плевральную полость в зависимости от сроков

Контроль	Показатели	Исходный	3 мин	2 ч	6 ч
КК	Эр	4,2 ± 0,2	–	2,8 ± 0,3*	–
	ЦП	0,92 ± 0,02	–	0,7 ± 0,03	–
	Hb	125,5 ± 11,3	–	70,2 ± 5,5*	–
	Ht	36,8 ± 1,02	–	26,2 ± 1,4*	–
	Лейк.	5,6 ± 0,6	–	7,8 ± 0,2	–
ЭК	Эр	4,2 ± 0,2	3,5 ± 0,3*	3,0 ± 0,2*,**	2,7 ± 0,2*,**
	ЦП	0,92 ± 0,02	0,8 ± 0,01	0,9 ± 0,02	0,8 ± 0,02
	Hb	125,5 ± 11,3	98,6 ± 7,4*	85,2 ± 8,8*,**	70,3 ± 6,9*,**
	Ht	36,8 ± 1,02	30,2 ± 3,1*	25,5 ± 2,2*,**	19,2 ± 2,5*,**
	Лейк.	5,6 ± 0,6	6,6 ± 0,4	7,6 ± 0,5	9,6 ± 0,3*,**

Примечание. * – достоверно в сравнении с контролем; ** – достоверно в сравнении с исходным; *** – достоверно в сравнении с предыдущим сроком.

Таблица 3

Параллели КК и ЭК физколлоидных показателей крови, излившейся в брюшную полость, в зависимости от сроков

Контроль	Показатель	3 мин	2 ч	6 ч
КК	Осм. резист. ЭР (%)	–	0,2 ± 0,001*	–
	Гемолиз, % к общ. Hb	–	6,8 ± 0,22*	–
	Своб. Hb плазмы, мг%	–	8,4 ± 1,5*	–
	МСН	–	28,2 ± 1,4	–
	МСНС	–	335,1 ± 32,6	–
ЭК	Осм. резист. ЭР (%)	0,6 ± 0,002	0,3 ± 0,001*	0,3 ± 0,001*
	Гемолиз, % к общ. Hb	3,3 ± 0,2	6,2 ± 0,65*	12,5 ± 0,4*,**
	Своб. Hb плазмы, мг%	1,2 ± 0,02	8,8 ± 1,3*	25,2 ± 2,0*,**
	МСН	28,7 ± 1,9	27,6 ± 2,8	28,7 ± 2,2
	МСНС	319,6 ± 22,3	326,6 ± 30,1	360,5 ± 16,4

Примечание. * – достоверно в сравнении с исходным показателем; ** – достоверно в сравнении с показателем предыдущей порции.

Таблица 4

Параллели КК и ЭК физколлоидных показателей крови, излившейся в плевральную полость, в зависимости от сроков

Контроль	Показатель	3 мин	2 ч	6 ч
КК	Осм. резист. ЭР (%)	–	0,3 ± 0,001	–
	Гемолиз,% к общ. Hb	–	18,4 ± 0,5*	–
	Своб. Hb плазмы, мг%	–	21,5 ± 2,1*	–
	МСН	–	22,2 ± 2,6	–
	МСНС	–	345,4 ± 11,2	–
ЭК	Осм. резист. ЭР (%)	0,8 ± 0,003	0,2 ± 0,001	0,1 ± 0,001*
	Гемолиз,% к общ. Hb	6,3 ± 0,3	13,1 ± 0,3*	26,5 ± 0,3*,**
	Своб. Hb плазмы, мг%	3,3 ± 0,03	18,2 ± 2,6*	33,5 ± 4,2*,**
	МСН	28,1 ± 2,2	28,4 ± 3,1	26,0 ± 2,8
	МСНС	326,5 ± 16,2	334,1 ± 18,7	366,1 ± 26,4

Примечание. * – достоверно в сравнении с исходным показателем; ** – достоверно в сравнении с показателем предыдущей порции.

В нашем материале гемолиз крови, рассчитанный в отношении всего количества Hb, в сроки >6 ч составляет 12,5%. Спустя даже 6 ч после образования гемоперитонеума концентрация свободного Hb не превышает 25 мг%. Однако следует учесть тот факт, что с течением времени осмотическая резистентность Эр заметно снижается.

Такова экспериментальная выверка. Каков же результат КК? Оказалось, что исследуемые показатели соответствуют двух часов параметру крови, полученные в ЭК.

Таким образом, при гемоперитонеуме кровь, излившаяся в брюшную полость, сохраняет в достаточной степени свою функцию в пределах наблюдения (2–6 ч) по ряду причин:

1. Удельный вес разрушенных Эр не превышает 25%.
2. Удельный вес гемолизированной крови не превышает 12,5%.
3. Концентрация свободного Hb не превышает 25 мг%.

В табл. 4 приведена физколлоидная характеристика крови, излившейся в плевральную полость, в зависимости от сроков нахождения там. Как видно из таблицы, в ЭК установлено, что в условиях постепенного снижения количества Эр в излившейся крови, осмотическая резистентность их резко снижается, соответственно, в 4 и 8 раза в сроки 2–6 ч ($P < 0,05$ и $P < 0,05$).

Доказано, что градиент снижения осмотической резистентности Эр в 2–3 раза превышает таковое в крови, излившейся в брюшную полость.

Вот на таком фоне снижение количества Hb оказалось не столь выраженное, чем в крови, собранной из брюшной полости в эти же сроки исследования. В то же время установлено, что удельный вес свободного Hb плазмы и показатель гемолиза значительно выше, нежели в крови, излившейся в брюшную полость ($P < 0,05$ $P < 0,05$).

Нами констатировано, что гемолиз крови, рассчитанный в отношении всего количества Hb, в сроки >6 ч составляет 26,5 ± 0,3%, а количество свободного Hb составляет 33,5 ± 4,2%, что в среднем на 10–15% больше, чем таковые при гемоперитонеуме.

Итак, по нашим данным получается, что кровь, излившаяся в плевральную полость, сохраняет свои функции в пределах наблюдения (2–6 ч), но они менее полноценны, чем кровь, собранная из брюшной полости.

КК показал, что осмотическая резистентность Эр снижается в 3 раза, отмечается рост концентрации свободного Hb до 21,5 ± 2,1, а процент роста гемолиза составляет 18,4 ± 0,5 ($P < 0,05$).

Итак, при определении хирургической и анестезиолого-реанимационной тактики во время операции следует учесть следующие обстоятельства:

1. Удельный вес разрушенных Эр. достигает 35,8%.
2. Удельный вес гемолизированной крови составляет 26,5%.
3. Концентрация свободного Hb достигает 33,5%.
4. Осмотическая резистентность Эр. резко снижается уже через 2 ч.

Выше говорилось о том, что, безусловно, кровь, излившаяся в серозную полость, смешивается с реактивным выпотом, воздухом, которые, несомненно, отражаются на степени осмотической резистентности форменных элементов крови, в том числе и Эр.

Итак, представляет научно-клинический интерес сравнительная оценка физколлоидного состояния крови, излившейся в плевральную полость (2-я группа), в отличие от крови, излившейся в брюшную полость (1-я группа).

В КК установлено, что осмотическая резистентность Эр резко снижается в обеих группах спустя 2 ч в среднем на 66%. Если в ЭК через 2 ч этот показатель уменьшается в 3 раза в 1-й группе, то во 2-й группе – в более чем в 4 раза, в сравнении с исходным значением и более 2 раза в сравнении с предыдущим сроком наблюдения через 6 ч. В 1-й группе резистентность Эр, будучи сниженной в 2,2 раза через 2 ч остается на этом уровне до конца срока наблюдения (6 ч).

В КК выявлено постепенное и синхронное уменьшение величины Ht. Однако в крови, излившейся в плевральную полость (2-я группа), такое снижение наступает с опережающим и все более нарастающим темпом, нежели в крови, излившейся в брюшную полость (1-я группа).

КК показал, что процесс гемолиза крови, излившейся в плевральную полость изначально в 2 раза интенсивнее, чем это происходит в крови, излившейся в брюшную полость. Следовательно, в плевральной полости быстрее наступает гемолиз крови, чем в брюшной полости.

Таким образом, в плевральной полости создаются дополнительные условия для развития реакции гиперчувствительности, одним из проявлений, на наш взгляд, и являются агрегация и гемолиз Эр, а также других форменных элементов. Признаком того, что, прежде всего, разрушению подвергается Эр, является также удельный вес свободного Hb.

Оказалось, что в обеих группах процент свободного Hb с течением времени нахождения излившейся в соответствующие полости крови резко нарастает. Причем, во 2-й группе такая динамика наступает с опережающими темпами.

Таким образом, концентрация свободного Hb в крови, излившейся в плевральную полость (2-я группа), больше, нежели в крови, излившейся в брюшную полость (1-я группа). Однако если судить по сроку (2 ч), градиент увеличения его концентрации к концу срока наблюдения в 1-й группе более высокий, нежели чем во 2-й группе.

В ЭК было зафиксировано последовательное и плавное снижение ЦП, что было характерно лишь для крови, излившейся в брюшную полость, тогда как для крови, излившейся в плевральную полость, характерно резкое снижение этого показателя уже через 3 мин с момента кровотечения. Затем увеличение его почти до контрольного значения через 2 ч и вновь снижение к концу срока наблюдения до исходного своего значения. В КК такая динамика в двухчасовой срок подтверждается.

КК и ЭК показал, что если судить по значению ЦП, то оно было выше в 1-й группе, тогда как во 2-й группе превышение значения показателя было в сроки через 2 ч. Итак, несмотря на то, что уровень свободного Hb в крови, излившейся в плевральную полость, во все сроки превышал таковую в крови, излившейся в брюшную полость, ЦП оказывался сниженным.

МСН определяет среднее содержание Hb в отдельном Эр. и аналогичен ЦП, но более точно отражает синтез Hb и его уровень в Эр. В ЭК было установлено, что в самом начале кровотечения значение МСН в 1-й группе выше, чем таковое во 2-й группе.

КК показывает, что в дальнейшем происходит разнонаправленное изменение показателей. Если в 1-й группе его значение уменьшается, то во 2-й группе, наоборот, увеличивается.

В ЭК было установлено, что к концу срока исследования МСН в 1-й группе увеличивается и достигает своего исходного значения, тогда как во 2-й группе резко снижается более чем в 2 раза, в сравнении с показателем предыдущего срока.

Следовательно, по данным КК и ЭК среднее содержание Hb в Эр. в крови, излившейся в плевральную полость через 2 ч после начала кровотечения, оказывается больше, чем таковая в крови, излившейся в брюшную полость.

Возможно, что это обусловлено аэрацией крови в плевральной полости воздухом и сохранением достаточной гемоглобинсвязующей способности Эр. Между тем экспериментально подтверждено, что эта способность Эр истощается быстрее, нежели чем в крови, излившейся в брюшную полость.

Как известно, показатель МСНС отражает насыщение Эр Hb и характеризует отношение количества Hb к объему клетки. Клинический контроль и данные эксперимента показывают, что в обеих группах этот показатель синхронно возрастает. Причем, медленно в первые 2 ч и быстро к концу срока наблюдения.

Величина МСНС во 2-й группе была выше, чем таковая в 1-й группе. В сравнении с исходным значением в обеих группах этот показатель достоверно увеличивается через 6 ч с момента кровотечения в 2 раза. Итак, гемоглобин-насыщаемость Эр во 2-й группе выше, чем в 1-й группе. Причем в обеих группах гемоглобин-насыщаемость Эр синхронно нарастает.

Выводы

ККИ показали, что имеется четкая параллель КК и ЭК, свидетельствующая о релевантности экспериментальных и клинико-лабораторных методов исследования полостной крови. Установлено, что главная функция крови, собранной для ИО РИК, а именно транспорт O_2 – сохраняется в достаточной степени. При исполнении ИО РИК следует учесть, что качество крови, собранной из плевральной полости, уступает качеству крови, собранной из брюшной полости. Такое состояние крови, излившейся в плевральную полость, объясняется рядом причин, главным из которых является более выраженное гемолитическое влияние плеврального покрова, изменяющее биохимию крови.

Список литературы

1. Бащинский С.Е. Разработка клинических практических руководств с позиций доказательной медицины. М.: Медиа Сфера, 2014. 164 с.

2. Власов В.В. Введение в доказательную медицину. М.: Медиа Сфера, 2011. 221 с.

3. Воробьев А.И., Городецкий В.М., Шулутко Е.М., Васильев С.А. Острая массивная кровопотеря. М., 2014. 176 с.

4. Давидян А.Э. Обеспечение анестезиологической безопасности при интраоперационной аутогемотрансфузии в хирургии ИБС у больных с критической степенью операционного риска: автореф. дис. … канд. мед. наук. Москва, 2018. 22 с.

5. Котельников Г.П., Захарова Н.О., Чеснокова И.Г. Особенности гемостаза у пожилых с хирургической патологией. Самара, 2012 160 с.

6. Морган Дж.Э., Михаил М.С. Клиническая анестезиология // Пер. с англ. М., 2011. Т. 2. 366 с.

7. Морган Дж.Э., Михаил М.С. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. М.: Медицина, 2010. С. 15–16.

8. Точенов А.В. Трансфузионная терапия острой кровопотери: коррекция постгеморрагических нарушений системы гемостаза // Новое в трансфузиологии. 2013. № 34. С. 23–29.

УДК 612.015.3:[616.342-002+616.441-053.5]

СОДЕРЖАНИЕ ЙОДА И СЕЛЕНА В ОРГАНИЗМЕ ШКОЛЬНИКОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВЕРХНЕГО ОТДЕЛА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА И ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Шебалина А.О., Анфиногенова О.Б.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Кемерово, e-mail: kemsma@kemsma.ru

Проведен комплексный анализ и дана характеристика микроэлементного состава (йод и селен) у 78 детей и подростков в возрасте от 7 до 17 лет с обострением заболеваний верхнего отдела пищеварительного тракта (ХГД, ГЭРБ) с сопутствующей тиреоидной патологией (основная группа – 31 пациент) и без нее (группа сравнения – 47 пациентов). Критериями отбора пациентов в группы наблюдения были заболевания верхнего отдела пищеварительного тракта и щитовидной железы, выявленные традиционными клиническими и лабораторно-инструментальными методами в соответствии со стандартами диагностики. Оценка содержания в организме йода и селена определялась в пробах мочи вольтамперометрическим методом с использованием прибора СТА (Томск). У пациентов основной группы был выявлен уровень йодурии 83 мкг/л, соответствующий легкому йоддефициту, тогда как в контрольной группе содержание йода соответствовало норме (109 мкг/л; $p < 0,001$). У представителей с наличием тиреоидной патологии, сочетанной с ХГД, регистрировались достоверно низкие уровни экскреции селена в пробах суточной мочи (медиана 61,0 мкг/л, $p < 0,01$) в сравнении с контролем (медиана селена 87 мкг/л у 76,6%). Таким образом, более низкие концентрации изучаемых микроэлементов регистрировались у детей основной группы, имеющих сочетанный (полиорганный) характер поражения.

Ключевые слова: дети, заболевания верхнего отдела пищеварительного тракта, хронический гастродуоденит, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, щитовидная железа, селен, йод

CONTENTS OF IODINE AND SELENIUM IN THE ORGANISM OF SCHOOLCHILDREN WITH DISEASES OF THE TOP DEPARTMENT OF THE DIGESTIVE TRACT AND THYROID

Shebalina A.O., Anfinogenova O.B.

Kemerovo State Medical University, Kemerovo, e-mail: kemsma@kemsma.ru

A complex analysis was carried out and the microelement composition (iodine and selenium) was described in 78 children and adolescents aged 7 to 17 years with exacerbation of diseases of the upper digestive tract (HGD, GERD) with concomitant thyroid pathology (main group – 31 patients) and without her (comparison group – 47 patients). The criteria for the selection of patients in the observation group were diseases of the upper part of the digestive tract and the thyroid gland, identified by traditional clinical and laboratory-instrumental methods in accordance with the standards of diagnosis. The assessment of iodine and selenium in the body was determined in urine samples by the voltammetric method using the CTA instrument (Tomsk). In patients of the main group, ioduria level of 83 μg / l was found, corresponding to mild iodine deficiency, while in the control group the iodine content was normal (109 μg / l; $p < 0.001$). Representatives with the presence of thyroid pathology combined with HGD showed significantly lower levels of selenium excretion in daily urine samples (median 61.0 μg / l, $p < 0.01$) compared to control (median selenium 87 μg / l in 76.6%). In this way, lower concentrations of the studied trace elements were recorded in children of the main group having a combined (multi-organ lesion) nature.

Keywords: children, diseases of the upper part of the digestive tract, chronic gastroduodenitis, gastroesophageal reflux disease, thyroid gland, selenium, iodine

Заболевания верхнего отдела пищеварительного тракта (ВОПТ) у детей и подростков во многом определяются интенсивными морфофункциональными изменениями органов пищеварения, неравномерностью их роста и нейроэндокринной перестройкой [1]. Изолированные поражения, например, желудка, а тем более двенадцатиперстной кишки (ДПК) у детей встречаются исключительно редко. Наличие синтропии обусловливает проблему первичности и вторичности поражения органов пищеварения [2]. Известно, что между функциональным состоянием щитовидной железы (ЩЖ) и желудка существует довольно тесная взаимосвязь [3, 4]. В.П. Новикова в своей работе продемонстрировала более выраженные воспалительные процессы в желудке и дуоденум у детей с патологией ЩЖ [5]. Следствием нарушений со стороны ВОПТ являются изменения процессов пищеварения в кишечнике, результаты которых проявляются ухудшением процессов всасывания с развитием дефицита микронутриентов (в частности, селена, йода), усиливающихся на фоне обострения хронического гастродуоденита (ХГД) [6, 7].

ЩЖ достаточно чувствительна к содержанию селена и занимает первое место по содержанию этого микроэлемента на 1 г ткани в организме. В ней экспрессировано несколько селенцистеинсодержащих

протеинов, являющихся антиоксидантами, в частности обеспечивающими защиту тиреоцитов от вырабатывающихся в процессе их функционирования свободных радикалов [8, 9]. Обсуждается роль Se в развитии йододефицитных состояний, а также аутоиммунных заболеваний в регионах с различным потреблением йода, поскольку эти микроэлементы участвуют в метаболизме тиреоглобулина и тиреоидных гормонов [10]. Также одним из факторов, влияющих на структурно-функциональное состояние ЩЖ, является наличие зобной эндемии. По данным Государственного доклада в Кемеровской области регистрируется прирост заболеваний щитовидной железы, связанных с йодной недостаточностью, на 11,6 % по сравнению с 2014 г. [11]. Актуальность освещаемой проблемы напрямую связана с отсутствием снижения тиреоидной патологии по данным государственных форм статистической отчетности, обуславливая проведение исследований по определению содержания йода и селена в организме детей, проживающих в нашем регионе и имеющих сочетанную патологию ВОПТ и, возможно, взаимовлияющую друг на друга.

Цель исследования: оценить йодный и селеновый статус детей и подростков с заболеваниями ВОПТ на фоне тиреоидной патологии и без неё.

Материалы и методы исследования

В ретроспективном исследовании участвовали 78 детей в возрасте от 7 до 17 лет, обследованных и получивших лечение в гастроэнтерологическом стационаре ГАУЗ КО «Кемеровская городская детская клиническая больницы № 7». В соответствии с задачами проводимого исследования у детей и подростков оценивали данные анамнеза, рационы питания детей (анкетный метод), состояние органов пищеварения и ЩЖ, а также содержание йода и селена в организме.

Все дети были проанкетированы на предмет питания. Анализировались недельные и месячные рационы питания, подтвердившие однообразный характер питания обследуемых, не соответствующий возрастной категории лиц и являющийся дефицитным по витаминам, йоду и селену, железу.

Диагностика заболеваний верхних отделов ЖКТ включала: ФГДС на аппарате 13801PKS, KARL STORZ с торцевой антенной и вводимым зондом диаметром 7 мм, УЗИ органов брюшной полости с помощью ультразвуковой системы Esaote MyLab 20 (Италия) секторальным датчиком с длиной волны 3,5 МГц. Кроме того, проводилась pH-метрия, лабораторные исследования (общий анализ крови, мочи, биохимический анализ крови, копрограмма, изучение мазков-отпечатков СО желудка на *Helicobacter pylori* и ХЕЛИК-тест). Интерпретацию данных ЭФГДС при подтверждении ХГД проводили в соответствии с принятыми классификациями А.В. Мазурина и ГЭРБ с помощью рабочей классификации В.Ф. Приворотского с соавторами.

Параллельно с исследованием пищеварительной системы у всех пациентов стандартными методами диагностировались заболевания щитовидной железы: пальпаторно-визуальная оценка ЩЖ, с интерпретацией по классификации ВОЗ (2001), данным эхолокации ЩЖ, полученным с помощью высокочастотного линейного датчика La 523c частотой 7,5 МГц и функционального состояния (сТ4, ТТГ, АТ к ТПО) [12], исследованием гормонального профиля методом ИФА с использованием Коммерческого набора Иммунотех (Чехия).

Содержание в организме детей микроэлементов йода и селена оценивали по возрастным подгруппам: 7–11, 12–17 лет в пробах мочи вольтамперометрическим методом с использованием прибора СТА (Томск). В качестве норматива йода в организме рассматривался уровень более 100 мкг/л [13]. Для определения тяжести йодной недостаточности применяли показатели медианы и частотного распределения концентрации йода в моче. При значении йодурии 50–99 мкг/л диагностировали легкий дефицит, 20–49 мкг/л – средний и ниже 20 мкг/л – тяжелый. Содержание селена интерпретировали таким образом: за норму был принят уровень не менее 100 мкг/л, при значении 50–100 мкг/л диагностировали легкий, при 25–50 мкг/л – средний и ниже 25 мкг/л – тяжелый дефицит [14].

Родители пациентов дали информированное согласие на участие их детей в исследовании и публикацию его результатов в открытой печати.

Статистический анализ результатов исследования выполнен с помощью программы SPSS Statistics 20. Сравнение результатов осуществлялось по формулам математической статистики. Межгрупповое сравнение значений количественных признаков проводилось с применением теста Манна – Уитни. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Проверка показателей йодурии и селенурии на нормальность распределения проводилась с использованием критериев Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенная диагностика позволила разделить пациентов на 2 группы: в I группу (основная) вошел 31 ребенок (20 девочек – 64,5 % и 11 мальчиков – 35,5 %), сочетавших заболевания ВОПТ и ЩЖ; во II группу– 47 детей (23 девочки, – 48,9 %; 24 мальчика – 51,1 %) с заболеваниями ВОПТ без патологии ЩЖ.

Заболевания верхнего отдела пищеварительного тракта у детей I группы были представлены хроническими гастродуоденитами (преимущественно поверхностные формы), в сочетании с дисфункцией желчного пузыря по гипомоторному типу. У трети пациентов ХГД сочетался с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью (ГЭРБ) и у 6,5 % (2 чел.) с дуоденогастральным рефлюксом (ДГР), около 5,0 % детей I группы были инфицированы *Helicobacter pylori*.

Увеличение ЩЖ было преимущественно I степени и у большинства школьников (20 чел. – 64,5%) диагностировался диффузный нетоксический зоб (ДНЗ). Кроме этого, у 4 детей регистрировалась гипоплазия ЩЖ, 2 детей имели кистозную трансформацию ткани железы. Наряду со структурными изменениями ЩЖ выявлены и функциональные нарушения в виде приобретенного гипотиреоза (3 чел.) и аутоиммунного тиреоидита (2 чел.) с гипотиреозом. Большинство пациентов (84,0%) не имели нарушений функции ЩЖ (ТТГ = 2,46 ± 0,28 мкМЕ/мл и св. Т4 = 13,9 ± 0,51пмоль/л).

Исследования ВОПТ у школьников контрольной группы выявили ХГД, преимущественно поверхностные формы, которые у 23,4% из них сочетались с ГЭРБ и у 12,8% – с ДГР. Инфицированность *Helicobacter pylori* была подтверждена у 17,0% пациентов.

Изучение содержания йода и селена в организме школьников обеих групп явилось основной задачей проводимой работы, а именно фактический их уровень при заболеваниях ВОПТ и ЩЖ. Показатели йодурии среди пациентов основной группы варьировали в широком диапазоне: от 48 до 200 мкг/л. Медиана йодурии во всех возрастных группах детей была ниже существующей нормы и составляла 83 мкг/л. В подгруппах школьников 7–11 и 12–17 лет среднее значение йодурии было выше и составляло 91,6 и 84,8 мкг/л. Содержание йода (табл. 1) в моче от 50–99 мкг/л определялось у 32,2% школьников в возрасте 7–11 лет и у 35,5% подростков, от 20–49 мкг/л у одного ребенка 9 лет.

Лишь у 29% школьников отмечали значения йодурии, соответствующие норме (выше 100 мкг/л). Легкий дефицит йода был подтвержден среди младших (71,4%) и старших школьников основной группы (64,7%), не имея статистических различий (p = 0,371). Среднетяжелый дефицит йода имел место у одной девочки младшего школьного возраста.

Уровень экскреции йода с мочой среди пациентов группы контроля варьировал в диапазоне от 78 до 185 мкг/л. Среднее значение йодурии составило 115,9 мкг/л и медиана экскреции йода 109 мкг/л, что соответствовало нормативным показателям. В подгруппах обследованных детей (табл. 1) превалировали нормативные значения йодурии среди подростков 12–17 лет (77,8%) и детей 7–11 лет (72,7%). Лёгкий дефицит йода регистрировался с одинаковой частотой у школьников группы сравнения 7–11 и 12–17 лет (27,3% и 28,6%).

Показатели экскреции йода в моче у младших школьников 7–11 лет основной группы продемонстрировали, что обеспеченность данным микроэлементом оказалась у них достоверно ниже группы сравнения (p = 0,047). Аналогичная тенденция выявлена среди старших школьников (p = 0,024).

Публикуемые данные [15] о склонности к развитию йоддефицита у лиц, инфицированных *Helicobacter pylori*, были подтверждены только у 5,0% пациентов основной группы, сочетающих Hp-инфекцию со среднетяжелым йоддефицитом.

Изучение содержания селена в организме пациентов обеих групп продемонстрировало ряд особенностей. Так, значения экскреции селена с мочой среди детей и подростков основной группы было следующим: медиана селена во всех возрастных подгруппах составила 61,0 мкг/л, что соответствовало дефициту легкой степени. Дефицит легкой степени (табл. 2) мы регистрировали у 23 подростков (74,2%).

Средний возраст пациентов основной группы с легким дефицитом селена составил 11,9 ± 3,2 лет. Среднетяжелый дефицит отмечали у 22,6% школьников, средний возраст которых составил 10,0 ± 3,2 лет. Тяжелый дефицит селена регистрировался лишь у одного подростка 13 лет (23 мкг/л).

Таблица 1

Показатели йодурии у обследованных детей и подростков

Подгруппы школьников	Показатели экскреции йода с мочой							P
	n	Норма (>100 мкг/л)		Легкий дефицит (50–99 мкг/л)		Средний дефицит (20–49 мкг/л)		
		абс.	%	абс.	%	абс.	%	
7–11 лет (I)	14	3	9,8	10	32,2	1	3,2	0,047
7–11 лет (II)	11	8	17,0	3	6,4	–	–	
12–17 лет (I)	17	6	19,3	11	35,5	–	–	0,024
12–17 лет (II)	36	28	59,6	8	17	–	–	

Таблица 2

Показатели экскреции селена у обследованных детей и подростков

Подгруппы школьников	Показатели экскреции селена с мочой									P
	n	Норма (>100 мкг/л)		Легкий дефицит (50–99 мкг/л)		Средний дефицит (25–49 мкг/л)		Тяжелый дефицит (<25 мкг/л)		
		абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	
7–11 лет (I)	14	–	–	10	32,2	4	13	–	–	0,005
7–11 лет (II)	11	2	4,3	9	19,1	–	–	–	–	
12–17 лет (I)	17	–	–	13	42	3	9,6	1	3,2	0,004
12–17 лет (II)	36	8	17	27	57,4	1	2,2	–	–	

Среди детей группы сравнения медиана селена равнялась 87 мкг/л. У 21,3 % школьников показатели экскреции селена утренней порции мочи соответствовали нормативным показателям. Легкий дефицит селена отмечался у 76,6 %, средний возраст которых составил 12,9 ± 0,3 вне зависимости от пола. Дефицит средней степени по содержанию селена отмечался у одного подростка, достигая 37 мкг/л.

Дети и подростки с ХГД и сопутствующей патологией ЩЖ имели достоверно низкие показатели экскреции селена ($p < 0,01$) по сравнению с детьми контрольной группы. Обращали на себя внимание достоверно более значимые низкие показатели селенового статуса как среди детей основной группы младшего школьного возраста в сравнении с группой контроля ($p = 0,005$), так и среди подростков 12–17 лет ($p = 0,004$).

Выводы

Таким образом, изучение содержания йода и селена в организме детей и подростков с заболеваниями ВОПТ и патологией ЩЖ и без нее выявило следующие закономерности: у детей основной группы у большинства преобладал йоддефицит легкой степени (67,7 %) в сочетании с легким и среднетяжелым дефицитом селена (100,0 %) вне зависимости от возраста и пола; у меньшинства детей группы контроля выявлен легкий йоддефицит (23,4 %), тогда как недостаток селена легкой степени регистрировался более чем у половины (76,6 %) школьников. Полученные данные можно объяснить тем, что наличие заболеваний ВОПТ способствует формированию йод- и селендефицитных состояний у школьников, повышая в свою очередь вероятность развития тиреоидной патологии. Не исключается возможность возникновения дефицита этих микроэлементов в период интенсивного роста детей, когда возникает повышенная потребность в них. В исследовании продемонстрировано, что примерно одинаковые условия проживания, пищевые стереотипы, анамнез, болезни ВОПТ школьников, участвующих в исследовании, подчеркивают существенную роль в развитии недостатка йода и селена в организме последних при наличии патологии ЩЖ. Полученные результаты требуют дальнейшего осмысления и, несомненно, их необходимо учитывать при профилактике данных микроэлементозов у детей с сочетанными заболеваниями ВОПТ и ЩЖ.

Список литературы

1. Новикова В.П., Комиссарова М.Ю., Калинина Е.Ю. Дислипидемии у детей и подростков с хроническим гастродуоденитом // Terra Medica. 2007. № 2. С. 36–39.

2. Запруднов А.М., Григорьев К.И., Харитонова Л.А., Богомаз Л.В., Юдина Т.М. Проблемы и перспективы современной детской гастроэнтерологии // Педиатрия. 2016. Т. 95. № 6. С. 10–18.

3. Пархоменко Л.К., Ещенко А.В. Патология пищеварительной системы у детей и подростков с заболеваниями щитовидной железы // Здоровье ребенка. 2010. № 5 (26). С. 126–130. [Электронный ресурс]. URL: http://www. pediatric. mif -ua.com (дата обращения: 05.04.2019).

4. Родионова О.Н., Трубина Н.В., Реутова Э.Ю., Видикер Р.В., Бабаева А.Р. Особенности нарушений нейрогуморальной регуляции, цитокинового и тиреоидного статуса у больных с функциональными расстройствами желудочно-кишечного тракта // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 2009. Вып. 1. С. 51–57.

5. Новикова В.П., Бубнова Е.А. Хронический гастрит и заболевания щитовидной железы у детей. Детская медицина Северо-Запада. 2012. № 1. С. 75–84.

6. Гурова М.М., Циркунова В.В. Сопутствующие заболевания органов пищеварения у детей подросткового возраста с хроническим гастродуоденитом // Вестник Новгородского государственного университета. 2014. № 78. С. 37–43.

7. Шебалина А.О., Анфиногенова О.Б. Определение селена у школьников с диффузным нетоксическим зобом и без него // Актуальные проблемы педиатрии: сборник материалов XX конгресса педиатров России (Москва, 16–18 февраля 2018 г.). М., 2018. С. 381. [Электронный ресурс]. URL: http://www.pediatr-russia.ru (дата обращения: 05.04.2019).

8. Ekholm R., Bjorkman U. Glutathione peroxidase degrades intracellular hydrogen peroxide and thereby inhibits intracellular protein iodination in thyroid epithelium. Endocrinol. 1997. vol.138. P. 2871–2878.

9. Kohrle J. The deiodinase family: selenlenoenzymes regulating thyroid hormone availability and action. Cell. Mol. Life Sci. 2000. vol. 57. P.1853–1863.

10. Smyth P.P. Role of iodine in antioxidant defence in thyroid and breast disease. Biofact. 2003. vol. 19. P. 121–130.

11. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области в 2017 году // Государственный доклад. Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области. 2018. 305 с. [Электронный ресурс]. URL: http:// www.42.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/64d/64d975e31f27fcd32268f835e75ace9e.pdf (дата обращения: 11.04.2019).

12. Мкртумян А.М., Подачина С.В., Петунина Н.А. Заболевания щитовидной железы. М.: Руководство для врачей, Медфорум. 2012. 123 с.

13. Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Йод в питании детей // Педиатрия. Приложение Consilium Medicum. 2013. № 1. С. 88–91.

14. Санникова Н.Е., Бородулина Т.В., Левчук Л.В., Тиунова Е.Ю., Крылова Л.В., Красилова А.В. Состояние микроэлементного обеспечения детей раннего и дошкольного возраста // Вопросы питания. 2016. № 52. (85). С. 170.

15. WeiJ. I.A. Risk factor in autoimmune thyroid disease – Helicobacter pylori. Journal of Chinese Clinical Medicine. 2009. vol. 6. no.4. P. 318–320.

ОБЗОРЫ

УДК 613.157

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЗАПАХОМ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Шипулина З.В.

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: info@sysin.ru

В статье приводится обзор литературных данных по оценке влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения, проживающего в районе размещения предприятий – источников запаха. Как известно, жители районов, прилегающих к указанным предприятиям, нередко выражают озабоченность по поводу того, что загрязнение может негативно отразиться на их здоровье. Как показали многочисленные исследования в разных странах, ощутимый запах в атмосферном воздухе и вызываемое им раздражение приводит не только к ухудшению качества жизни, но и к некоторым соматическим (головная боль, одышка, раздражение дыхательных путей, общее недомогание и др.) и эмоциональным (перенапряжение, утомляемость, депрессия и др.) нарушениям, которые могут свидетельствовать о снижении адаптационного потенциала организма. В то же время оценка влияния запаха на состояние здоровья и самочувствие обычно осуществляется только по данным опросов (с помощью анкет по почте, телефонных опросов или личных интервью) при практическом отсутствии анализа различных объективных показателей. Также существенным недостатком большинства проводимых работ является недостаточность инструментальных данных о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и возможном превышении пороговых уровней раздражающего действия и других биологических эффектов. Поэтому при оценке потенциального воздействия запахов на здоровье важное значение имеет комплексный анализ загрязнения атмосферного воздуха с помощью различных методов, в том числе инструментальных, с одновременным обследованием населения, проживающего в условиях различной экспозиции к запаху (анализ заболеваемости; генетико-токсикологические, цитологические, биохимические, иммунологические, социо-психологические исследования, оценка функционального состояния кардиореспираторной системы и адаптационных возможностей организма). Проведение таких комплексных и многопараметровых исследований позволит значительно продвинуть научные знания в этой области и открыть возможности для профилактики заболеваний, связанных с раздражающими или навязчивыми промышленными запахами.

Ключевые слова: запах, здоровье населения, качество жизни, адаптационный потенциал, раздражение запахом

ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF STUDYING OF THE ODOUR AIR POLLUTION IMPACT ON POPULATION HEALTH

Budarina O.V., Sabirova Z.F., Shipulina Z.V.

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

The article provides the literature data overview on the assessment of air pollution impact on the health of the population living nearby of enterprises – sources of odour. As it known, residents of the areas adjacent to these enterprises often express concern that pollution can adversely affect their health. Numerous studies in different countries have shown that noticeable smell in the air and the annoyance caused by it leads not only to a deterioration in the quality of life, but also to some somatic (headache, shortness of breath, respiratory tract irritation, general malaise, etc.) and emotional (overstrain, fatigue, depression, etc.) disorders that may indicate a decrease in the adaptive potential of the body. At the same time, the impact of odour on health and well-being is usually assessed only by means of surveys (mail questionnaires, telephone interviews or face-to-face interviews) with little or no analysis of various objective indicators. Also, a significant drawback of most of the work is the lack of instrumental data on the content of pollutants in the air and the possible excess of the irritant threshold levels and other biological effects. Therefore, when assessing the potential impact of odour on health, it is important to carry out a comprehensive analysis of air pollution using various methods, including instrumental methods, with simultaneous examination of the population living in conditions of different exposure to odour (analysis of morbidity; genetic and toxicological, cytological, biochemical, immunological, socio-psychological studies, evaluation of the functional state of the cardiorespiratory system and adaptive capabilities of the body). Such complex and multi-parameter studies will significantly advance scientific knowledge in this area and open up opportunities for the prevention of diseases associated with obsessive industrial odors.

Keywords: odour, population health, quality of life, adaptive potential, odour annoyance

Наличие постороннего запаха – наиболее легко обнаруживаемая, а потому и вызывающая наибольшее число жалоб населения форма негативного антропогенного воздействия на состояние атмосферного воздуха. На сегодняшний день жалобы жителей городов на запах составляют 70–80 % от всех жалоб на качество атмосферного воздуха [1]. В связи с этим проблема выбросов пахучих веществ различными предприятиями становится объектом все большего интереса и озабоченности во

всем мире. По мере социально-экономического развития ожидания общественности растут, в том числе уверенность в том, что люди должны жить в благоприятных условиях. Очевидно, что присутствие запахов оказывает на эти ожидания определенное влияние и вызывает активную критику не только предприятий – источников запаха, но и контролирующих их государственных структур. При этом жалобы населения на неприятные запахи не должны рассматриваться как простой каприз, с которым можно не считаться. Такие на первый взгляд незначительные раздражители являются очень существенным фактором среды обитания, влияющим на состояние здоровья всего организма [2].

Цель обзора: представить основные результаты исследований влияния загрязнения атмосферного воздуха запахом на здоровье населения, проживающее в районах размещения предприятий – источников, а также определить пути усовершенствования методологии этой оценки.

Исследования по изучению влияния промышленных и других запахов на здоровье населения проводятся во многих странах на протяжении последних десятков лет. При оценке этого влияния в качестве основных показателей состояния здоровья во внимание принимаются различные респираторные, неврологические и другие симптомы (тошнота, головная боль, головокружения, раздражение слизистых оболочек, слезотечение, заложенность носа, усталость, проблемы со сном и др.), физиологические реакции (артериальное давление, функция легких), «раздражение» запахом, изменения настроения (стресс, тревожность, депрессия), изменения в повседневной деятельности. Как правило, указанные показатели анализируются по данным опросов жителей (с помощью анкет по почте, телефонных опросов или личных интервью) [2].

Практически все исследования показали более высокую встречаемость симптомов различных нарушений здоровья (затруднения дыхания, тошнота, раздражение глаз, головная боль, головокружение, проблемы со сном, желудочные расстройства и др.) у жителей населенных пунктов, расположенных вблизи объектов – источников запаха, по сравнению с жителями контрольных районов, причем эти симптомы наблюдались в ответ на запахи различных источников – нефтеперерабатывающих заводов, животноводческих предприятий, мест захоронения отходов, промышленных объектов и др. При этом субъективная оценка частоты восприятия запаха жителями чаще всего демонстрировала достоверную связь с указанными симптомами [3–4], в то время как зона проживания или расстояние до источника запаха (объективные показатели) обычно не имели такой связи [4–6]. При оценке влияния на здоровье неприятные запахи (например, от свиноферм, завода по переработке жира или чугунного завода) вызывали больше жалоб на различные нарушения со стороны организма, чем воздействие нейтральных или приятных запахов, что свидетельствует о сильном влиянии гедонического тона (приятности или неприятности) запаха на ответную реакцию организма [3, 7]. Восприятие запаха как угрозы для здоровья также, по-видимому, играет важную роль в возникновении вышеуказанных жалоб [8]. Влияние личных установок на симптоматику подтверждается в исследованиях [4] до и после реализации плана снижения запаха. В частности, после реализации мер по уменьшению запаха на близлежащем нефтеперерабатывающем заводе жители не отмечали никаких значительных изменений как в распространенности симптомов, так и в восприятии запаха, что свидетельствовало о важности индивидуального и общественного отношения к запаху или предприятию в проявлении различных нарушений.

По мнению Schiffman et al. [9], необходимо различать, возникают ли вышеуказанные симптомы в результате токсических эффектов самого пахучего вещества/веществ; либо они наблюдаются на уровнях, которые не превышают порога раздражающего действия и, соответственно, обусловлены психосоциальными аспектами. Согласно [10], по большей части вышеуказанные соматические симптомы не обусловлены воздействием запаха, а лишь приписываются ему. Тем не менее способность запахов вызывать разного рода нарушения здоровья попрежнему остается темой дискуссии.

Одним из наиболее важных результатов проведенных эпидемиологических исследований является предположение, что запах влияет на проявленные симптомы опосредованно, через так называемое «раздражение» («annoyance») [3–5, 7, 11–12].

Как известно, неблагоприятные эффекты окружающих запахов в результате сельскохозяйственной, индустриальной или коммунальной деятельности человека обычно рассматриваются в контексте определения здоровья и благополучия, данном ВОЗ (1946), а именно: «Здоровье – это не только отсутствие заболевания, но и состояние полного физического, душевного и социального благополучия». Выражение нарушенного благополучия, вызываемого неблагоприятным ольфакторным воздей-

ствием у жителей, проживающих поблизости от источников запаха, обычно и определяется как «раздражение, досада». Если человек, подвергшийся воздействию запахов, не способен контролировать это воздействие или выработать психологическую устойчивость к нему и включить данный запах в число особенностей района, то постоянное присутствие запаха может привести к стрессу и, как следствие, проблемам со здоровьем [13]. По определению [14], раздражение запахом – это комплекс реакций человека, которые возникают как результат экспозиции к стрессору окружающей среды (в данном случае запаху), который, будучи ощутим, вызывает негативную когнитивную оценку, требующую определенного ответа. Таким образом, раздражение не является прямым эффектом для здоровья, вызывающим определяемый вред, это – эмоциональный ответ на стимул, который может служить посредником в возникновении различных симптомов.

Большинство работ демонстрируют возрастание частоты и/или интенсивности раздражения с возрастанием экспозиции к запаху. Большинством исследователей установлено, что частота раздражения запахом имеет четкую обратную связь с расстоянием до источника [4–7, 15–16]. Была выявлена достоверная зависимость степени раздражения от частоты и интенсивности запаха по оценкам жителей [5]; от частоты запаха (в запахо-часах/год) по оценкам подготовленных экспертов [17]; а также от концентрации запаха (определенной путем расчета рассеивания и измеряемой в единицах запаха/м^3) [8, 18].

В возникновении раздражения важную роль играет гедонический тон запаха, а также социально-экономические факторы, восприятие запаха как угрозы для здоровья, способы решения этой проблемы и общая неудовлетворенность средой обитания [6, 8, 15, 18, 19]. При этом в одном исследовании продемонстрировано, что жители общин, получающих финансовую компенсацию за наличие источника запаха, могут сообщать о более низких уровнях раздражения [16].

В ряде работ показано, что раздражение запахом может неблагоприятно сказываться на настроении людей, подвергающихся воздействию запахов в районе их проживания, вызывать повышенную раздражимость, снижение энергичности, эмоционально-психическое напряжение и депрессию, а также бо́льшую утомляемость и рассеянность [20, 21], в то же время в других исследованиях не было обнаружено различий в группах воздействия и контроля [22].

Неприятные запахи, снижающие качество жизни, часто служат причиной судебных исков, инициированных жителями против предприятия-источника, а также могут изменять поведение, вызывая стратегию избегания, что позволяет их рассматривать в качестве нейроповеденческих токсинов [10]. В некоторых работах показано, что воздействие запахов может привести к снижению качества жизни [20, 23]. Этот эффект проявлялся в ограничении нахождения на открытом воздухе, закрытии окон, уменьшении стоимости жилья. Важно отметить, что указанные изменения в настроении и повседневной деятельности субъективны и могут находиться под влиянием личного отношения к предприятию – источнику запаха.

Согласно [24], помимо непосредственного воздействия запаха, ослабляющее или усиливающее влияние на раздражение оказывают персональные и ситуационные факторы. Так, люди, страдающие аллергическими заболеваниями, имеющие другие заболевания (или считающие, что таковые имеются), проблемно-ориентированные и обеспокоенные возможным влиянием факторов окружающей среды на здоровье, относятся к группе риска относительно раздражения запахами.

Таким образом, исследователи разных стран связывают с запахом и вызываемым им раздражением как ухудшение качества жизни, так и некоторые соматические (головная боль, одышка, раздражение дыхательных путей, общее недомогание и др.) и эмоциональные (перенапряжение, утомляемость, депрессия и др.) симптомы, которые могут свидетельствовать о снижении адаптационного потенциала организма.

При этом существует несколько недостатков и ограничений, которые являются общими для исследований, проводимых при оценке влияния запаха на здоровье. Во-первых, поскольку большинство исследований опираются на самооценку воздействия запаха, существенным ограничением может являться предвзятость в суждениях опрашиваемых респондентов. Во-вторых, практически во всех исследованиях отсутствует оценка загрязнения воздуха с помощью современных инструментальных методов определения пахучих веществ. Для количественной оценки запаха в окружающей среде в основном используются следующие критерии: частота/интенсивность восприятия запахов обученными экспертами; частота/интенсивность раздражения запахом по данным оценок опрошенных жителей; расстояние до источника; реже – расчетные концентрации запаха (в единицах

запаха, ЕЗ/м^3), определяемые с помощью моделирования его рассеивания. Не всегда известно, были ли уровни загрязняющих веществ ниже пороговых значений раздражающего и/или токсического действия на организм; в этом случае невозможно определить, являются ли наблюдаемые симптомы результатом воздействия самого запаха или конкретных загрязнителей. Есть также ряд недостатков, которые могут влиять на результаты указанных исследований, включающие отбор респондентов (участие в основном лиц, имеющих проблемы с запахом или конкретным предприятием), миграцию населения (стремление чувствительных к запаху лиц изменить свое место жительства), социально-экономические различия между экспонируемыми и контрольными сообществами, низкий уровень участия.

И, наконец, в доступной литературе не удалось обнаружить сведений о проведении комплексных и многопараметровых (медицинских, гигиенических, генетико-токсикологических, социо-психологических и пр.) исследований изменений систем адаптации человека в ответ на воздействия запахов. Признавая важность исследований населения с помощью анкетирования, психологических опросов, следует отметить практическое отсутствие анализа различных объективных показателей. Только в единичных литературных источниках есть упоминания о проводимых одновременно с анкетированием исследованиях функции легких и артериального давления [25, 26], а также содержании иммуноглобулина А в слюне [27] у населения, проживающего в районе размещения животноводческих ферм. Несмотря на широкое распространение таких симптомов, как раздражение слизистых оболочек носа и полости рта у населения вблизи указанных объектов [12], исследования состояния здоровья не включают оценку цитологического статуса. При этом следует отметить, что в настоящее время разработаны и широко применяются во многих городах России и за рубежом неинвазивные методы исследования различных показателей, в том числе цитологического и цитогенетического состояния слизистых оболочек [28–30].

Нельзя не заметить, что исследования, посвященные влиянию запаха на здоровье, в последние годы охватывают все больше стран (Ближнего Востока, Юго-Восточной Азии, Южной Америки) [31–33]. К сожалению, имеется очень ограниченное количество работ, проводимых в нашей стране. В частности, в работе, проведенной еще в 1980-е гг. [34], изучалось влияние обладающих запахом выбросов нефтехимического комплекса на самочувствие жителей и возникновение различных расстройств здоровья (головная боль, тошнота, першение в горле и др.).

Заключение

В настоящее время вопрос оценки потенциального воздействия запахов на здоровье по-прежнему остается весьма актуальным. Для его решения имеет важное значение оценка загрязнения атмосферного воздуха запахом в районах размещения предприятия с помощью комплекса методов, в том числе инструментальных, с одновременным обследованием населения, проживающего в условиях различной экспозиции к запаху (анализ заболеваемости, генетико-токсикологические, цитологические, биохимические, иммунологические, социо-психологические исследования, оценка функционального состояния кардиореспираторной системы и адаптационных возможностей организма). Указанный подход на проведение комплексных и многопараметровых исследований при оценке влияния запаха на здоровье согласуется с мнением зарубежных ученых [9] о необходимости сбора полной базы демографических и медицинских данных, включая иммунологические, нейрологические, психологические и социальные показатели для лиц, подвергающихся воздействию запахов окружающей среды, с получением данных о соотношении дозы воздействия и ответной реакции организма как в натурных, так и в экспериментальных условиях, с проведением углубленных исследований респираторной и других систем у лиц, проживающих в районах размещения предприятий – источников запаха. Проведение таких комплексных и многопараметровых исследований позволит значительно продвинуть научные знания в этой области и открыть возможности для профилактики заболеваний, связанных с раздражающими или навязчивыми промышленными запахами, разработать эффективный алгоритм управленческих решений по сокращению загрязнения атмосферного воздуха запахом в районах размещения предприятий-источников.

Список литературы

1. Lowman A., McDonald M.A., Wing S., Muhammad N. Land application of treated sewage sludge: Community health and environmental justice. Environ. Health Perspect. 2013. No. 121. P. 537–542.

2. Odours and Human Health. Environmental Public Health Science Unit, Health Protection Branch, Public Health and Compliance Division, Alberta Health. Edmonton, Alberta. 2017. [Electronic resource]. URL: https://open.alberta.ca/publications/9781460131534 (date of access: 05.04.2019).

3. Sucker K., Both R., Winneke G. Review of adverse health effects of odours in field studies. Water Sci. Technol. 2009. No.59. P. 1281–1289.

4. Blanes-Vidal V., Suh H., Nadimi E.S., Lofstrom P., Ellerman T. Residential exposure to outdoor air pollution from livestock operations and perceived annoyance among citizens. Environ. Int. 2012. No.40. P. 44–50.

5. Aatamila M., Verkasalo P.K., Korhonen M.J., Viluksela M.K., Pasanen K. Odor annoyance near waste treatment centers: a population-based study in Finland. J. Air Waste Manag. Assoc. 2010. No.60. P. 412–418.

6. Claeson A.S., Liden E., Nordin M, Nordin S. The role of perceived pollution and health risk perception in annoyance and health symptoms: a population-based study of odorous air pollution. Int. Arch. Occup. Environ. Health. 2013. No. 86. P. 367–374.

7. Aatamila M., Verkasalo P.K., Korhonen M.J., Suominen A.L., Hirvonen M.R. Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres. Environ. Res. 2011. No.111. P. 164–170.

8. Cavalini P.M. Industrial odorants: the relationship between modeled exposure concentrations and annoyance. Arch. Environ. Health. 1994. No.49. P. 344–351.

9. Schiffman S.S., Williams C.M. Science of odor as a potential health issue. J. Environ. Qual. 2005. No.34. P. 129–138.

10. Winneke G. The assessment of the impact of environmental odours in the community // Environmental Odour Management. International Conference. Cologne, 17–19 November 2004. P. 5–7.

11. Herr C.E., zur Nieden A., Kopka I., Rethage T., Gieler U. Assessment of somatic complaints in environmental health. Int. J. Hyg. Environ. Health. 2009. No. 212. P. 27–36.

12. Radon K., Schulze A., Ehrenstein V., van Strien R.T., Praml G. Environmental exposure to confined animal feeding operations and respiratory health of neighboring residents. Epidemiology, 2007. No.18. P. 300–308.

13. Winneke G., Sucker K., Both R. Population Odour Annoyance is Influenced by the Hedonic Quality of Industrial Odours // Environmental Odour Management. International Conference. Cologne, 17–19 November 2004. P. 9–12.

14. Van Harreveld A.P. From odorant formation to odour nuisance: new definitions for discussing a complex process. Water Sci. Technol. 2001. No.44. P. 9–15.

15. Axelsson G., Stockfelt L., Andersson E., Gidlof-Gunnarsson A., Sallsten G. Annoyance and worry in a petrochemical industrial area – prevalence, time trends and risk indicators. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2013. No.10. P. 1418–1438.

16. De Feo G. De Gisi S., Williams I.D. Public perception of odour and environmental pollution attributed to MSW treatment and disposal facilities: a case study. Waste Manag. 2013. No.33. P. 974–987.

17. Steinheider B., Both R., Winneke G. Field studies on environmental odours inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms. Journal of Psychophysiology. 1998. P. 64–79.

18. Brancher M., Piringer M., Franco D., Belli Filho P., De Melo Lisboa H., Schauberger G. Assessing the inter-annual variability of separation distances around odour sources to protect the residents from odour annoyance. Journal of Environmental Sciences. 2018. [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/327935366 (date of access: 05.04.2019).

19. Atari D.O., Luginaah I.N., Gorey K., Xu X., Fung K. Associations between self-reported odour annoyance and volatile organic compounds in Sarnia, «Chemical Valley», Ontario. Environ. Monit. Assess. 2012. No.185. P. 4537–4549.

20. Heaney C.D., Wing S., Campbell R.L., Caldwell D., Hopkins B. Relation between malodor, ambient hydrogen sulfide and health in a community bordering a landfill. Environ. Res. 2011. No. 111. P. 847–852.

21. Horton R.A., Wing S., Marshall S.W., Brownley K.A. Malodor as a trigger of stress and negative mood in neighbors of industrial hog operations. Am. J. Public Health. 2009. No. 99. P. 610–615.

22. Thu K., Donham K., Ziegenhorn R., Reynolds S., Thorne P.S. A control study of the physical and mental health of residents living near a large-scale swine operation. J. Agric. Saf. Health. 1997. No.3. P. 13–26.

23. Oiamo T.H., Luginaah I.N., Baxter J. Cumulative effects of noise and odor annoyances on environmental and health related quality of life. Social Science & Medicine. 2015. No. 146. P. 191–203.

24. Effects and assessment of odours. Assessment of odour annoyance. Questionnaires. VDI 3883. Part 1. 2015.

25. Schinasi L., Horton R.A., Guidry V.T., Wing S., Marshall S.W. Air pollution, lung function and physical symptoms in communities near concentrated Swine feeding operations. Epidemiology. 2011. No. 22. P. 208–215.

26. Wing S., Horton R.A., Rose K.M. Air pollution from industrial swine operations and blood pressure of neighboring residents. Environmental Health Perspectives. 2013. No. 121. P. 92–96.

27. Avery R.S., Wing S., Marshall S.W., Schiffman S.S. Odor from industrial hog farming operations and mucosal immune function in neighbors. Arch. Environ. Health. 2004. No. 59. P. 101–108.

28. Пономарева О.Ю., Бударина О.В., Беляева Н.Н. Клеточные показатели дыхательной системы при гигиенической оценке загрязнения атмосферного воздуха веществами, обладающими запахом // Мир науки, культуры, образования. 2011. № 4. С. 277–280.

29. Беляева Н.Н., Сычева Л.П., Журков В.С., Бударина О.В., Алтаева А.А., Пономарева О.Ю., Коваленко М.А. Связь структурно-функциональных (гистологических и цитологических) показателей с цитогенетическими и цитотоксическими при оценке воздействия на организм факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. 2011. № 5. С. 48–50.

30. Сычева Л.П., Бударина О.В., Сабирова З.Ф., Ахальцева Л.В., Росоловский А.П. Цитогенетический статус детей при гигиенической оценке загрязнения атмосферного воздуха веществами, обладающими запахом // Гигиена и санитария. 2016. № 8. С.765–768.

31. Monazzam M.R., Avishan M., Asghari M., Boubehrejh M. Assessment of odor annoying impacts on trade and serving centers close to a vegetable oil manufacturing plant. Curr. World Environ. 2012. No.7. P. 191–200.

32. Sakawi Z., Sharifah Mastura S.A. Jaafar O., Mahmud M. Community perception of odor pollution from the landfill. Res. J. Environ. Earth Sci. 2011. No.3. P. 142–145.

33. Brancher M., De Melo Lisboa H. Odour impact assessment by community survey. Chemical Engineering Transactions. 2014. No.40. P. 139–144.

34. Басараба И.Н. Проблема постороннего запаха загрязненной атмосферы промышленного города // Проблемы мониторинга за здоровьем населения промышленных городов: Тез. докл. Всесоюзн. науч. конф. Ангарск, 1989. С. 12.

УДК 618.2/.7:616.379-008.64-07

ОСОБЕННОСТИ ГЕСТАЦИОННОГО ПЕРИОДА И ЕГО ИСХОДЫ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

Петров Ю.А., Оздоева И.М.-Б., Султыгова Л.А.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: fortis.petrov@gmail.com

В статье раскрывается важная проблема современной эндокринологии и гинекологии – сахарный диабет в период беременности. Актуальность данной темы обусловлена повышением количества беременных женщин с данной патологией, которое связано с резким увеличением заболеваемости сахарным диабетом в популяции и улучшением качества его диагностики. Частота сочетания сахарного диабета и беременности варьирует от 2% до 25%, в среднем равна 8%. Общая частота осложнений беременности и заболеваемость новорожденных приравнивается к 85%. Несмотря на достижения акушерской диабетологии, показатели не опускаются ниже этого значения. Осложниться течение беременности может развитием гестоза, а тяжелые формы его наблюдаются в 2,5–3,5% случаев. Высока частота самопроизвольных абортов и врожденных пороков развития плода. У 20% новорожденных наблюдается нарушение мозгового кровообращения травматического происхождения. У таких детей высок риск возникновения гиперинсулинизма и постнатальной гипогликемии, полицитемии и гипербилирубинемии, респираторного дистресс-синдрома, а также расстройств со стороны нервной системы. Из-за такого большого количества осложнений и увеличением беременных женщин с сахарным диабетом данная патология является очень актуальной и значимой в современном акушерстве и эндокринологии.

Ключевые слова: сахарный диабет во время беременности, гестационный сахарный диабет, беременность, осложнения беременности при сахарном диабете, инсулинорезистентность, инсулинотерапия

FEATURES OF THE GESTATIONAL PERIOD AND ITS OUTCOMES IN DIABETES MELLITUS

Petrov Yu.A., Ozdoeva I.M.-B., Sultygova L.A.

Rostov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Rostov-on-Don, e-mail: fortis.petrov@gmail.com

The article reveals an important problem of modern endocrinology and gynecology – gestation diabetes during pregnancy. The relevance of this topic is due to the increase in the number of pregnant women with this pathologe, which is associated with a sharp increase in the incidence of diabetes in the population and improving the quality of its diagnosis. The frequency of combination of diabetes and pregnancy, varies from 2% to 25%, on average is 8%. The overall rate of complications of pregnancy and morbidity of newborns is equal to 85%. Despite the achievements of obstetric diabetology does not fall below this value. The course of pregnancy can be complicated by the development of gestosis, and its severe forms are observed in 2,5-3,5% of cases. The frequency of spontaneous abortions and congenital malformations is high. In 20% of newborns, there is a violationof cerebral circulation of traumatic origin. Such children are at high risk of hyperinsulinism and postnatal hypoglycemia, polycythemia and hyperbilirubinemia, respiratory distress syndrome, as well as disorders of the nervous system. Due to such a large number of complications and an increase in pregnant women with diabetes, this pathology is very relevant and significant in modern obstetric and endocrinology.

Keywords: diabetes mellitus during pregnancy, gestational diabetes, pregnancy, pregnancy complications of diabetes, insulin resistance, insulin therapy

Сахарный диабет – одно из наиболее часто встречающихся метаболических расстройств у беременных женщин, с которым приходится сталкиваться врачам акушерам-гинекологам и эндокринологам. По данным различных авторов частота сочетания данной патологии с беременностью достигает 2–25%, в среднем равна 8%. В 85% случаев всех беременностей сахарный диабет приводит к осложненному протеканию гестационного периода и создает условия для формирования разнообразных патологий со стороны плода. В несколько раз чаще, чем сахарный диабет, возникший до наступления беременности, встречается гестационный сахарный диабет. Это взаимосвязано с особенностями метаболизма углеводов в период беременности, напоминающими модель сахарного диабета. Ему свойственно нерезкое нарушение метаболизма углеводов, но даже небольшое увеличение уровня глюкозы в крови может негативно повлиять на состояние здоровья матери и ребенка. По своим негативным последствиям для матери и ребенка гестационный сахарный диабет аналогичен сахарному диабету, обнаруженному до наступления беременности [1, 2].

Цель работы: проанализировать литературу и изучить особенности течения и исхода беременности и родов при сахарном диабете.

Сахарный диабет – эндокринно-обменное заболевание, которое обусловлено

хронической гипергликемией, возникающей вследствие расстройства секреции и действия инсулина. Сахарный диабет у беременных бывает трех разновидностей (в соответствии с рекомендациями ВОЗ): 1) сахарный диабет первого типа (инсулиннезависимый), диагностированный до беременности; 2) сахарный диабет второго типа (инсулинозависимый), диагностированный до беременности; 3) гестационный сахарный диабет (диагностированный после наступления беременности); Первые две перечисленные разновидности сахарного диабета встречаются в 0,6–0,8 %, гестационный сахарный диабет – 1–4 % [3]. Изменения метаболизма липидов и углеводов во время беременности отмечаются даже у абсолютно здоровых женщин. Гестационный сахарный диабет, или сахарный диабет беременных – метаболическая патология, которая характеризуется гипергликемией, впервые диагностированной во время беременности, чаще во втором триместре. Проявляться этот вариант сахарного диабета может нарушением иммунотолерантности к глюкозе, небольшим увеличением концентрации глюкозы в крови натощак, или клинической симптоматикой сахарного диабета с высокой гликемией [4, 5].

В период беременности замедляется употребление глюкозы организмом беременной, для того чтобы она в достаточном количестве поступала к плоду. Транспорт глюкозы через плаценту осуществляют транспортеры глюкозы (ГЛЮТ-1 и ГЛЮТ-3). Осуществляется это благодаря формированию ряда процессов. В первую очередь это гормоны плаценты (плацентарный лактоген и прогестерон), которые оказывают блокирующее действие на материнский инсулин и уменьшают активность ферментов, участвующих в обмене глюкозы. Продукция этих гормонов увеличивается в течение беременности, а в третьем триместре достигает максимального уровня. Во втором триместре снижается ответ тканей к эффектам действия инсулина – формируется инсулинорезистентность с гиперинсулинемией. Инсулинорезистентность не является единственным этиологическим фактором развития гестационного диабета. Большое патогенетическое значение имеет уменьшение секреции инсулина и превалирование связанного инсулина. В результате понижения секреции инсулина и инсулинорезистентности нарушается метаболизм глюкозы, жирных кислот, аминокислот, образуются ацетоновые тела и формируется окислительный стресс [1, 6].

Невосприимчивость к инсулину появляется в результате повышенной деструкции инсулина почками, увеличения активности фермента инсулиназы и увеличения концентрации циркулирующих анаболических стероидов, имеющих способность вызывать сахарный диабет. В организме беременной женщины происходят определенные изменения, которые приводят к срыву компенсаторно-приспособительных процессов увеличения секреции инсулина в ответ на инсулинорезистентность и появлению гестационного сахарного диабета. Его возникновение в ряде случаев может быть генетически детерминировано и протекать в таком случае с яркими клиническими симптомами, гликемией, обусловлено инсулинопенией из-за деструкции бета-клеток. Но у подавляющего большинства беременных сахарный диабет протекает с небольшим повышением концентрации глюкозы в крови и без клинических проявлений. Очень часто это те женщины, которые имеют склонность к ожирению [3, 7, 8].

В последнее время все чаще встречается ятрогенный гестационный сахарный диабет. Он связан с приемом в больших дозах глюкокортикоидов беременными женщинами по причине наличия у них различных заболеваний: болезни крови, бронхиальная астма, системные коллагенозы, аллергические заболевания [9, 10].

Предрасполагающими факторами, имеющими огромное влияние для развития этой патологии, являются: возраст беременной от 30 лет и выше, избыточная масса тела, сопровождающаяся нарушениями обменных процессов, наследственный анамнез, гестационный сахарный диабет в прошлом, принадлежность беременной к национальности большого риска возникновения данного заболевания (азиаты, латиноамериканцы, негры), плод с большой массой во время прошлой или в период настоящей беременности, рождение ребенка с аномалиями развития в прошлом или рождение мертвого ребенка. Факторами риска возникновения сахарного диабета беременных (ГСД) также являются: многоводие, преждевременные роды, самопроизвольные или искусственные аборты в анамнезе, преэклампсия, гестоз, токсикоз тяжелой степени, наблюдаемые в течение прошлой гестации, травматические роды, ведущие в дальнейшем к неврологическим нарушениям у плода в анамнезе [11–13].

Протекание периода беременности, сочетающегося с такой патологией, как сахарный диабет, обладает множеством особенностей. В плане тяжести протекания заболевания на протяжении беременности условно сахарный диабет можно разделить на несколько периодов: первая половина бе-

ременности, когда наблюдается относительно более благоприятное его течение, ввиду того, что происходит транспорт глюкозы от матери к плоду и необходимость в лекарственных препаратах группы инсулина становится меньше. Во второй, напротив, возрастает уровень глюкозы в крови и моче и, следовательно, потребность в инсулинотерапии тоже становится больше. Объяснить это можно активным синтезом плацентой следующих гормонов: гонадотропин хорионический, прогестерон, эстрогены, плацентарный соматомаммотропин, обладающими эффектом понижения восприимчивости женского организма к воздействию инсулина. В более поздние сроки (38 неделя) вновь наблюдается снижение потребности в инсулине в силу того, что бета-клетки островков Лангерганса плода очень активны из-за большого употребления сахара из крови матери. Беременность при сахарном диабете представляет большую угрозу для здоровья и жизни беременной женщины из-за возможности появления разнообразных негативных последствий. К возникновению ранних осложнений сахарного диабета, таких как дисметаболические нефропатии, ишемическая болезнь сердца, полинейропатии, ретинопатии, приводит непосредственно сама беременность. Также высока вероятность возникновения диабетического кетоацидоза, так как уровень ацетоновых тел в плазме крови увеличивается. Претерпевает изменения и коагуляционная система крови. Риск развития синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания в значительной степени увеличивается при сахарном диабете, сочетающемся с беременностью. Гемореологические расстройства – увеличение вязкости плазмы и крови, агрегации эритроцитов и фибринолитической активности плазмы крови наблюдаются уже на самых ранних периодах данной патологии. Во время беременности умеренно понижается число тромбоцитов, но увеличивается их функциональная активность, понижается фибринолитическая активность крови и антитромбина 3. Все это направлено на правильное развитие фетоплацентарной системы и снижение потери крови в родах. Перечисленные физиологические изменения повышают активность системы гемостаза и изменяют гемодинамику у беременных [4, 14, 15].

Падение глюкозного уровня или диабетический кетоацидоз у беременной, повреждение плацентарных сосудов с возникновением гормональной недостаточности может стать причиной антенатальной смерти плода. Это наиболее серьезное последствие беременности при сахарном диабете и происходит оно чаще всего на более поздних неделях гестации. Частота встречаемости данного осложнения достигает 30%. Внутриутробная гибель плода является результатом гипоксии, пороков развития, сдавливания частей плода амниотической жидкостью, абсолютного отсутствия доставки к нему кислорода. У новорожденного, родившегося от матери, больной сахарным диабетом наблюдаются клинические симптомы диабетической фетопатии: отеки, синюшность кожных покровов, гипертрихоз, петехии на коже, «кушингоидный» внешний вид, окружность пояса верхних конечностей значительно больше окружности головы. Респираторные нарушения, которые связаны с замедлением формирования легких – основная причина смерти таких новорожденных. Избыток инсулина приводит к значительному увеличению размеров и веса плода (макросомия) и плаценты, затормаживает созревание центральной нервной системы, коры надпочечников, кроветворной системы, а также сурфактанта. Макросомия у плода встречается у 30–50% детей и является частой причиной травматизма во время родов, перинатальной смертности, показанием к оперативному родоразрешению, а также причиной тяжелых неонатальных осложнений (полицитемия, гипертрофическая кардиомиопатия, гипербилирубинемия). Существенно повышается риск возникновения врожденных патологий развития у плода. В два раза чаще встречаются анэнцефалия, аномалии сердечно-сосудистой системы (дефект межжелудочковой и межпредсердной перегородок, комбинированные пороки сердца), атрезия ануса [16–18].

Беременность, сочетающаяся с сахарным диабетом, может осложниться артериальной гипертензией, нарушением функционирования почек, гипоксией плода и синдромом задержки его внутриутробного развития, многоводием (у 20–60%), поздним токсикозом, появлением преэклампсии, эклампсии, гестоза (20–60%), патологией зрения. Самопроизвольное прерывание беременности происходит у большинства беременных женщин на фоне отсутствия компенсации обменных расстройств и гормональной недостаточности. У 80% беременных появляются инфекции мочевыводящих путей и воспалительные заболевания половых органов. Роды в свою очередь могут осложниться слабостью родовой деятельности, приращением или плотным прикреплением плаценты, гипоксией плода, несвоевременным излитием амниотической жидкости. При наличии ситуаций, представляющих угрозу жизни

и здоровью беременной, беременность противопоказана. К таким ситуациям относятся: нефропатия тяжелой степени тяжести; прогрессирующая диабетическая ретинопатия; артериальная гипертензия (АД свыше 130/80 мм рт.ст.), не поддающаяся терапии; сахарный диабет в комбинации с туберкулезом в активной форме, ВИЧ, резус-иммунизация; мертворождения и рождение детей с врожденными патологиями развития в анамнезе, прекома или кома в 1 триместре гестации, отрицательный резус-фактор у матери, гастроэнтеропатия [2, 6].

При принятии женщиной решения оставить беременность и родить ребенка ей нужен постоянный контроль эндокринолога и акушера-гинеколога. На ранних этапах беременности наблюдаться необходимо раз в две недели, в более поздние сроки – в неделю один раз. Еще до зачатия ребенка женщине с сахарным диабетом желательно провести обследование. Оно должно включать в себя контроль гликемии, артериального давления, состояние почек, щитовидной железы, выявление различных патологий (ишемическая болезнь сердца, заболевания периферических артерий, признаков гипогликемии) [19, 20].

Во время беременности расстройства углеводного обмена диагностируют в два этапа. При самом первом обращении беременной к врачу ей строго обязательно проводят определение таких показателей, как уровень глюкозы в венозной плазме до приема пищи (натощак), гликированный гемоглобин, глюкоза венозной плазмы независимо от приема пищи, в любое время дня. Это происходит на сроке менее 24 недель. Когда выявляют какие-то расстройства метаболизма углеводов, женщину незамедлительно передают для последующего наблюдения врачу-эндокринологу. А в случае, когда никаких нарушений на начальных сроках беременности не выявлено, осуществляют проведение перорального глюкозотолерантного теста [21].

Исходы периода гестации для матери и ребенка обусловлены величиной компенсации углеводного обмена, которая невозможна без непрерывного наблюдения за гликемией. Контроль гликемии следует проводить не меньше 7 раз ежедневно. Нормальные величины гликемии: глюкоза плазмы натощак – до 6,1 ммоль/л, через 2 часа после приема пищи – до 7,8 ммоль/л. Гликированный гемоглобин <6,0 %, его контроль осуществляют один раз за триместр. По одному разу на каждый триместр осуществляется осмотр офтальмолога. Нужно стремиться к полной компенсации сахарного диабета посредством оптимальной инсулинотерапии в комбинации с рациональным и сбалансированным питанием. При инсулиннезависимом сахарном диабете первого типа основой лечения является диетотерапия со сниженным содержанием углеводов, жиров и нормальным или увеличенным содержанием белков. Важным моментом является ежедневное употребление одного и того же количества углеводов и запрещается прием в пищу быстрых углеводов. Питание должно быть дробным, желательным является 8-разовое питание, обогащенное витаминами [22, 23].

Госпитализируют беременную как минимум три-четыре раза на протяжении всей беременности для профилактики всевозможных неблагоприятных последствий. В самый первый раз госпитализируют беременную при ее обращении в женскую консультацию. Определяют срок беременности, выполняют ультразвуковое исследование для определения наличия диабетической эмбриопатии, оценивают состояние здоровья женщины и подбирают для нее самую благоприятную сахаропонижающую терапию. Женщину информируют о необходимости контроля уровня гликемии, глюкозурии, ацетонурии. При сроке 8–12 недель осуществляется вторая госпитализация беременной. Проводят коррекцию доз инсулина, повторное УЗИ, определение размеров плода, объема и состава амниотической жидкости. Необходимым является осмотр офтальмолога. На сроке 22–28 недель происходит следующая госпитализация беременной в целях очередной корректировки инсулинотерапии. Данный срок характеризуется отягощением протекания сахарного диабета, у большинства появляются симптомы позднего токсикоза и гестоза. Также проводят УЗИ – определение размеров плода, состояния плаценты, объема амниотической жидкости. В следующий раз госпитализацию осуществляют на сроке 33–36 недель. Проводят еще одну коррекцию доз инсулина, определяют наличие повреждения сосудов, также исследуют сердцебиение плода – проводят кардиотокографию. Решают вопрос о родоразрешении. Предпочтение отдают родоразрешению естественным путем в сроке гестации 38–40 недель с мониторированием гликемии ежечасно и сердцебиения плода при помощи кардиотокографии. Естественное родоразрешение осуществляют при весе ребенка менее четырех килограммов, правильном предлежании плода, отсутствии гипоксии тяжелой степени у плода и врожденных отклонений развития, нормальных размерах таза матери. В послеродовом периоде также отслеживают концентрацию глюкозы в крови. Иногда возможны показания к кесареву сечению. Его проводят при сроке не меньше 37 недель, роды на

меньшем сроке увеличивают вероятность возникновения респираторных нарушений у плода из-за недоразвития легочной ткани. Показания к операции кесарева сечения: тяжелые сердечно-сосудистые осложнения, гипоксия плода, поперечное или косое расположение, тазовое предлежание плода, его гигантские размеры, тяжелый токсикоз, лабильный сахарный диабет [5, 6, 24].

Послеродовый период тоже требует особого подхода. Уже в первые сутки послеродового периода снижается потребность в инсулине и необходимо немедленно индивидуально подобрать его дозу. Грудное вскармливание может позитивно воздействовать на метаболизм глюкозы и чувствительность к инсулину, что снижает риски возникновения диабета после гестационного сахарного диабета беременных. Высокая его интенсивность обусловлена понижением количества глюкозы натощак и понижением уровня инсулина на 7–9 неделях после родов, улучшением чувствительности к инсулину. На протяжении первого года после родоразрешения также необходимо выполнять офтальмологическое исследование женщины с сахарным диабетом, поскольку беременность – это фактор риска для прогрессирования ретинопатии. После родов сексуально активным женщинам детородного возраста, которые употребляют лекарственные средства с тератогенными рисками (статины), показана контрацепция не меньше чем на полтора года [15, 25, 26].

Таким образом, сочетание беременности с сахарным диабетом ставит большое количество сложных вопросов перед акушерами-гинекологами и эндокринологами и требует значительных усилий для сохранения беременности, а также обеспечения оптимального родоразрешения и жизнеспособности новорожденного.

Список литературы

1. Бурумкулова Ф.Ф., Петрухин В.А. Гестационный сахарный диабет: вчера, сегодня, завтра // Терапевтический архив. 2014. Т. 86. № 10. С. 109–115.

2. Дедов И.И., Краснопольский В.И., Сухих Г.Т. Российский национальный консенсус «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение» // Сахарный диабет. 2012. № 4. С. 4–10.

3. Аржанова О.А, Кошелева Н.Г. Особенности течения беременности и родов при сахарном диабете в современных условиях // Оригинальные исследования. 2015. № 2. С. 12–15.

4. Исмаилов С.И., Рахимджанова М.Т., Ходжаева С.Х. Сахарный диабет и беременность: проблемы и решения // Журнал теоретической и клинической медицины. 2016. № 4. С. 64–70.

5. Майорова С.Н., Судакова М.Н., Арбатская С.Г. Беременность и сахарный диабет с позиции сестринского процесса // Здравоохранение Дальнего Востока. 2009. Т. 42. № 4. С. 93–96.

6. Джобава Э.М., Аминтаева Л.А., Алиева Д.Н. Эндотелиальная дисфункция: гомоцистеин и оксид азота у беременных высокого риска. Современные подходы к терапии. Роль фолиевой кислоты // Проблемы репродукции. 2016. № 6. С. 98–103.

7. Потешкин Ю. Беременность и сахарный диабет // Актуальная эндокринология. 2015. № 1. С. 29–32.

8. Дзугкоев С.Г., Метельская В.А., Можаева И.В., Дзугкоева Ф.С. Влияние комплексного гомеопатического препарата, содержащего коэнзим Q, на показатели окислительного стресса и гемодинамики при экспериментальном сахарном диабете // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2015. Т. 6. № 3. С. 376–380.

9. Поздняк А.О. Сахарный диабет и беременность: лечебная тактика // Практическая медицина. 2011. Т. 54. № 6. С. 28–30.

10. Торосян К.Э., Непсо Ю.Р., Новикова В.А., Пенжоян Г.А. Сахарный диабет 1 типа и беременность: клинические перспективы // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 4. С. 76–85.

11. Назарова С.И., Мухамадиева С.М., Касымова С.Д. Оценка базисного уровня знаний специалистов по вопросам сахарного диабета и беременности // Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. 2013. Т. 62. № 3. С. 77–82.

12. Григорян О.Р., Шереметьева Е.В., Андреева Е.Н., Дедов И.И. Планирование беременности у женщин с сахарным диабетом // Вестник репродуктивного здоровья. 2011. № 1. С. 23–31.

13. Солодкова И.В., Мельникова Л.Н., Паршина Н.В., Петренко Ю.В. Дети от матерей с сахарным диабетом. Сахарный диабет у новорожденных. Клинические рекомендации. СПб., 2016. 17 с.

14. Диденко В.А. Метаболический синдром X: История вопроса и этиопатогенез // Лабораторная медицина. 1999. № 2. С. 49–57.

15. Караченцев Ю.И. Гестационный сахарный диабет (обзор) // Терапевтический архив. 2001. Т. 8. № 10. С. 201–208.

16. Яркова Н.А., Григорьева Н.Ю., Власова Т.В. Особенности планирования и ведения беременности при сахарном диабете (обзор) // Медицинский альманах. 2016. Т. 45. № 5. С. 63–67.

17. Шестакова А.А., Тупицына Л.С. Изменчивость показателей креатинина у женщин с диагнозом «Сахарный диабет типа 1» и «Сахарный диабет типа 2» // Вестник современных исследований. 2018. Т. 16. № 1.1. С. 28–30.

18. Краснопольский В.И. Гестационный сахарный диабет – новый взгляд на старую проблему // Акушерство и гинекология. 2010. № 2. С. 3–6.

19. Кухарчик Ю.В., Колодич М.И., Колесникова Т.А. Сахарный диабет и беременность как медико-социальная проблема // Актуальные проблемы медицины. 2017. С. 509–510.

20. Поздняк А.О. Особенности течения сахарного диабета при беременности // Практическая медицина. 2003. № 3. С. 14–15.

21. Тиселько А.В. Сравнительный анализ эффективности различных режимов инсулинотерапии сахарного типа 1 типа во время беременности // Журнал акушерства и женских болезней. 2012. Т. 8. № 1. С. 90–95.

22. Костенко И.В. Структура развития факторов риска, распространенность, диагностика и методы лечения гестационного сахарного диабета (обзор) // Саратовский научно-медицинский журнал. 2014. Т. 7. № 2. С. 534–541.

23. Кошелева Н.Г. Особенности течения и ведения беременности при сахарном диабете // Сахарный диабет и беременность: материалы симпозиума. СПб., 2006. С. 57–61.

24. Кветной И.М., Аржанова О.Н., Полякова В.О., Капустин Р.В., Рулева А.В. Акушерские и патоморфологические особенности течения беременности у женщин с гестационным сахарным диабетом // Журнал акушерства и женских болезней. 2011. Т. 60. № 3. С. 44–48.

25. Линде В.А., Погорелова Т.Н., Гунько В.О. Источники и основные пути использования энергии в плаценте при физиологической беременности и сахарном диабете // Журнал акушерства и женских болезней. 2013. Т. 62. № 4. С. 70–78.

26. Петров Ю.А. Семья и здоровье. М.: Медицинская книга, 2014. 312 с.

СТАТЬИ

УДК 37.01:81

ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ГРАММАТИЧЕСКИМ ОМОНИМАМ

[1]Балтабаева Ж.К., [2]Сулейменова Ж.Н.

[1]Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, e-mail: baltabaevazhanalik@mail.ru;

[2]Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, e-mail: zharkyn123@mail.ru

Профессионально-методическая подготовка будущих учителей в первую очередь формируется на основе изучения профессиональных специальных дисциплин, определенных в учебных планах вузов по государственному стандарту образования, а в формировании профессионально-методической подготовки будущих специалистов казахского языка и литературы в высшей школе большое значение имеет изучение научного курса современного казахского языка. Качество уровня методико-теоретических знаний, накопленных в высшей школе будущими специалистами, является показателем знаний у будущего молодого поколения. Сложность морфологической структуры казахского языка приводит к сложности его морфемной структуры, и необходимо уделять больше внимания методическим сторонам в обучении. Если быть точным, видоизменяющие форму слова окончания между собой, а также со словообразовательными окончаниями составляют омонимический ряд, что требует от преподавателей большего внимания при обучении морфологической структуре языка. Поэтому будущему специалисту важно знать омонимические особенности некоторых грамматических форм казахского языка. Для разграничения омонимичных словообразующих и видообразующих суффиксов необходимо знать особенности каждого из них, поскольку и словообразующие суффиксы, и видообразующие суффиксы наслаиваются друг на друга в составе слов. При разграничении суффиксов-омонимов необходимо обратить внимание на их грамматическое значение и функции. У любой грамматической формы имеется грамматическое значение, поэтому необходимо выявить грамматическое значение, которое наслаивается на корень омонимичных грамматических форм.

Ключевые слова: грамматические омонимы, омонимические ряды, словообразующие и видообразующие суффиксы, грамматическое значение и функции

PROBLEMS OF TRAINING GRAMMATIC HOMONYMS

[1]Baltabaeva Zh.K., [2]Suleymenova Zh.N.

[1]Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, e-mail: baltabaevazhanalik@mail.ru;

[2]Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, e-mail: zharkyn123@mail.ru

The professional and methodological training of future teachers, first of all, is formed on the basis of studying the professional special disciplines determined in the curriculum of higher education institutions by the state standard of education. As for the formation of professional and methodological training of future specialists in Kazakh language and literature at the higher school the study of a scientific course of modern Kazakh language is of great importance. The quality level of the methodology-theoretical knowledge gained at the higher school by the future specialists is the indicator of future younger generation's knowledge. The complexity of the morphological structure of Kazakh language results in the complexity of its morphemic structure, and in training it is necessary to pay more attention to the methodological sides. It is important for a future specialist to know the homonymic peculiarities of some grammar forms of Kazakh language. For the delimitation of homonymous word forming and modifying suffixes it is required to know the features of each mentioned types of suffixes as both word forming suffixes and modifying suffixes overlap on each other in the composition of a word. In the differentiation of suffixes-homonyms it is also necessary to pay attention to their grammatical meaning and functions. Any grammatical form has a grammatical meaning therefore it is important to find out the grammatical meaning that overlaps on the root of homonymous grammatical forms.

Keywords: grammatical homonyms, homonymic lines, word forming and modifying suffixes, grammatical meaning and functions

Профессионально-методическая подготовка будущих учителей в первую очередь формируется на основе освоения профессиональных специальных дисциплин, определенных в учебных планах в вузах по государственному стандарту образования, а в формировании профессионально-методической подготовки будущих специалистов казахского языка и литературы в высшей школе большое значение имеет обучение научному курсу современного казахского языка. Качество уровня методико-теоретических знаний, накопленных в высшей школе будущими специалистами, является показателем знаний у будущего молодого поколения.

Сложность морфологической структуры казахского языка приводит к сложности его морфемной структуры, и возникает необходимость уделять больше внимания методическим сторонам в обучении. Если быть точным, видоизменяющие форму слова окончания между собой, а также со словообразовательными окончаниями со-

ставляют омонимический ряд, что требует от преподавателей придавать большее значение в обучении морфологической структуры языка. Поэтому знать омонимические особенности некоторых грамматических форм важно для будущего специалиста казахского языка.

Таким образом, одной из основных форм определения научных дидактических основ содержания образования (базовое образование) вышеназванного курса в высшей школе, организации обучения при качественном овладении – придавать большое значение на семинарских занятиях данным вопросам важно для высшего образования.

Главная цель системы высшего образования – качественное образование, подготовка квалифицированных специалистов. В повышении профессионально-теоретической подготовки будущих специалистов огромное значение имеют глубокие, разносторонние знания по основным специальным дисциплинам. Раздел грамматики морфология всесторонне изучен, определены его цели и задачи, однако есть немало вопросов, которые остались без внимания, вызывают споры, вопросы, противоречащие последним результатам научных исследований, которые еще требуют изучения. В качестве доказательства этому можно назвать различные мнения ученых о морфологических (грамматических) понятиях, то есть соответствия грамматического значения и грамматической формы, морфологических формах (синтетическая, нулевая, аналитическая), о некоторых морфологических категориях, теории частей речи, об особенностях слов, переходящих из одной лексико-грамматической группы в другую лексико-грамматическую форму, противоречивые мнения ученых по изучению вспомогательной морфемы и ее классификации.

Морфологическая структура казахского языка весьма сложная. Как известно, агглютинативные свойства языка порождают сложность морфемной структуры слова. Формообразующие окончания между собой и со словообразующими окончаниями могут создавать омонимичные ряды, что также приводит к затруднению при изучении морфологии, поэтому при изучении данных вопросов необходимо уделить им особое внимание. С точки зрения данной проблемы студенты должны уметь различать грамматическое значение и грамматическую функцию омонимов. Поэтому виды грамматических омонимов должны быть систематизированы, сопоставлены, а особенности – разъяснены. Вместе с тем одним из важных звеньев в профессиональной ориентации студентов является умение работать с учебниками для среднего звена школ. Поэтому в процессе проведения занятий необходимо уделять особое внимание методическим средствам работы со школьными учебниками, а также проведения грамматического анализа.

Материалы и методы исследования

Обилие грамматических единиц в морфологии увеличивает количество морфем в составе слова, а осложнение состава слова, их сходство с другими единицами языка, сложность проблемы обучения морфологии доказывает необходимость повышения ответственности преподавателя в процессе его обучения, поскольку единицы в морфологии встречаются и в других разделах языкознания. Таким образом, эти вопросы требуют от будущих специалистов совершенного знания раздела языкознания – морфологии.

В словообразующих и формообразующих окончаниях развит омонимический ряд, и поэтому важно знать особенности их различия. Они наслаиваются друг на друга в составе слов в предложениях. В ходе исследования учитывается тот факт, что грамматические омонимы берутся за главную лексико-грамматическую и парадигматическую основу морфологии. Основной критерий в различении грамматической омонимии – это выявление грамматического значения и их функционирования – главный принцип методики исследования. Главным заключением работ, выявленных в ходе исследования, является сравнение, анализ, обобщение, изложение, систематизация актуальной проблемы.

Вопросам омонимичных окончаний в научных трудах уделялось много внимания. Например, Р.Р. Салахова, изучавшая явление омонимичных суффиксов в татарском языке, пришла к следующему выводу: «При определении природы любого омонимичного суффикса основную роль играет его функциональная особенность и семантический оттенок, который он придает своему новообразованию, ибо, каким бы универсальным ни был тот или иной суффикс, он, прежде всего, является носителем определенного значения. Омонимичность может проявляться и между словообразовательными суффиксами, и между суффиксами словоизменения, и даже между словообразовательными и словоизменительными суффиксами. Из этого следует, что омосуффиксы по выполняемым ими функциям бывают функционально равными и неравными» [1, 36].

По мнению Е.В. Семеновой, в современном якутском языке существуют лексико-грамматические, чисто грамматические и синтаксические омонимы; омоформы, омофоны и омографы [2, 4]. В.А. Косова, Е.А. Маклеева в своих статьях характеризуют критерии разграничения омонимичных морфем. Они определили свойства оценочного суффикса -*ушк*- как одного из ярких средств выражения категории субъективной оценки в русском языке, а также обосновали его дифференциацию со сходными элементами системы – омонимичными суффиксами [3, 1339]. В статье Нерсина Ертера «Функционирование аффикса –*ма/ме* в турецком языке, как словообразующего» рассматриваются проблемы грамматического омонима турецкого языка типа-ма /ме. Например,*çevirme (trafikte) – поворот (в дороге), çevirme (piliç),курица-гриль, yazma (el yazması) – письмо (рукопись), yazma*

(başörtü) -платок, saçta (anlamsız) – глупость, saçta (tüfek saçması) – дробовик. И в турецком языке, как и в других тюркских языках, в том числе в казахском, в обучении языку возникают проблемы понимания смысла слов с аффиксом *-ма/ме.* И поэтому следует обратить внимание на функционирование и грамматическое значение этого аффикса в контексте [4, 25]. Е.Ю. Демчук исследовала видовые омонимы в лингвистической литературе, собственно видовые омонимы в сфере русского глагола и трудности обучения их [5]. В.Ю. Туранин в своей диссертации отмечает трудности омонимов в терминологии: « Отметим, что в юридической науке активно исследуются лингвистические ошибки, присутствующие в языке законов, связанные с синонимией, омонимией, антонимией, полисемией» [6, 154].

Хакан Акча в статье «Проблемы омонимичных единиц в обучении турецкой морфологии» рассматривает грамматические омонимы турецкого языка. В обучении турецкому языку омонимичные аффиксы представляют некоторые трудности. Особенно это отмечается в терминах. Например, суффикс личного окончания 3 лица множественного числа (DXk) и словообразовательный суффикс прилагательного (DXk). В традиционной грамматике этот аффикс назывался как омоним, но в исследовательских работах он называется по-разному, то *«eş adlı», (одинаково названные),«eşyazılı» – одинаково пишущееся, «eşsesli» (одинаково звучащее)* и т.д. Это тоже мешает понять и познавать их различие [7, 4].

Целью исследования Р.В. Кулешовой является создание и обоснование лингвометодической системы обучения иностранных студентов-филологов (включённая форма обучения) омонимам русского языка в процессе становления и развития ЯЛ2 с позиций антропоцентрического подхода. По ее мнению, усвоение семантики омонимов русского языка, обучение толкованию их содержания, а также формирование навыков и умений употребления омонимов в собственных речевых произведениях является важным компонентом в процессе формирования профессионально-коммуникативной компетенции. А также «а) изучение омонимов в иностранной аудитории и овладение ими способствуют переходу на другую знаковую систему, необходимую для формирования «вторичной» языковой личности иностранных студентов-филологов; б) их изучение, как показало экспериментальное обучение, расширяет и углубляет, а часто и формирует заново не только языковые знания, навыки и умения, но и знания инокультурной языковой картины мира» [8, 175].

В казахском языке также уделялось немало внимания данной проблеме. Однако в работах ученых формообразующие суффиксы называются по разному. В фундаментальном труде «Казахская грамматика», изданном в 2002 г., наименования формообразующих суффиксов можно представить следующим образом:

1) «при спряжении деепричастий, образующихся при помощи суффиксов...*-ып, -іп, -п,* они имеют значение давно прошедшего времени, при спряжении деепричастий, образованных при помощи суффиксов -а, -е, -й, обозначают переходное прошедшее время» [9, 529];

2) спрягаясь причастие с окончанием –ған, наряду со значением прошедшего времени, находясь в атрибутной функции, сохраняет и значение прошедшего времени» [9, 532];

3) «у имени движенияс формой –мақ есть также две омонимичные формы» [9,528];

4) «у деепричастия с формой -ғалы по сравнению с формами -а, -е, -й, -ып, -іп, -псфера применения наиболее узка» [9, 531].

В целом морфологическая структура казахского языка очень сложна, поскольку, как известно, казахский язык, как и все тюркские языки, богат словоизменяющими суффиксами и относится к агглютинативным языкам, а агглютинативность предполагает присоединение нескольких окончаний к основе слова, сосредотачиваясь в одном месте. Эта закономерность вызывает некоторые трудности в изучении морфемного строя слова.

Результаты исследования и их обсуждение

У словообразующих суффиксов и формообразующих окончаний очень сильно проявляются омонимические качества. Для их разграничения необходимо знать особенности словоизменяющих суффиксов. К тому же и словообразующие суффиксы, и формообразующие суффиксы в составе слова как бы наслаиваются друг на друга, а изучение грамматических омонимов основано на лексико-грамматических и парадигматических принципах. Грамматические омонимы – слова окончания у которых по звучанию формы одинаковые, но имеют различное грамматическое значение, придаваемое ими слову. Основным критерием разграничения грамматических омонимов окончаний является грамматическое значение и их функционирование. Грамматическое значение – значение, образованное на основании взаимосвязи слова с другими словами в предложении, то есть в результате преобразования. Одним из видов грамматического значения является категорийное грамматическое значение. Категорийное грамматическое значение образуется через присоединение различных грамматических морфем к слову и образует грамматическую форму, соответствующую определенной части речи. Грамматические формы слова развиваются и формируются в соответствии с внутренними законами развития языка. «Грамматическая форма слова и его граматическое значение тесно связаны между собой, являются единым явлением». Поэтому где присутствует грамматическая форма, там есть и грамматическое значение. У любой грамматической формы есть категорийное грамматическое значение, поэтому студент должен научиться определять грамматическое значение наслоенных на корень омонимичных грамматических форм. Например, *Жабайды сойылға жыққан Игіліктің жігіттері екенін Жұман білген жоқ, әлдеқалай аттан құлаған шығар деп ойлады – Жуман не знал, что из-*

бившие Жабая были людьми Иглика, думая, что он упал с лошади (Г. Мус.). после того, как в указанном предложении будут найдены омонимичные суффиксы, необходимо определеить их грамматическое значение: окончание *–ды* слова *Жабайды* обозначает прямое объектное значение, обозначающего движение, действие (относится к глаголу *жыққан*) а *-ды в* слове *ойлады* обозначает прошедшее время глагола. Слова, обозначающие прямое объектное значение – имена существительные, прилагательные и т.д., а значение прошедшего времени передают глаголы. После определения грамматического значения необходимо выявить отношение слов с грамматическими омонимами к частям речи: *Жабай* – имя существительное, *ойла* – глагол. Отсюда можно сделать вывод – если имя существительное, то его грамматическая категория будет падежное окончание, а если глагол, то его грамматическая категория будет суффикс времени. Таким образом, для студента важно знать грамматические категории в отношении системы преобразования имени существительного и системы преобразования глаголов. Определение выполняемой функции слов в предложении также является одним из признаков разграничения грамматических омонимов. Например, *Жабайды* – в предложении является прямым дополнением (имя существительное или опредмеченные слова являются дополнениями), *ойлады* – сказуемое (функцию сказуемого обычно выполняют глаголы или вербализованные слова). Они являются грамматическими категориями с различными грамматическими значениями в слове. Целью проведения подобных работ является разъяснение обучающимся вопроса присоединения окончания винительного падежа к имени существительному, а временных суффиксов к глаголам.

Говоря вообще, грамматическими омонимами в казахском языке являются: *– ды/ді, ты/ті, – ма/ме, ба/бе, па/пе, -шы/ші, -м, -ң, -ыңыз/іңіз, -мыз/міз, -ын/ін, -н.*

При изучении омонимичных суффиксов необходимо уделить особое внимание грамматическому значению и грамматической функции каждого окончания. Вместе с тем при изучении грамматических омонимов казахского языка при их разграничении друг от друга проведение анализа наиболее эффективно в следующем порядке:

1) поиск одноформенных суффиксов;

2) определение грамматического значения;

а) постановка вопроса;

б) поиск признаков, позволяющих отделить общее грамматическое значение от лексического;

3) определение части речи:

а) поиск парадигматических признаков;

б) определить грамматическую категорию;

4) определение синтаксической функции в предложении.

Омонимичные суффиксы в нашем языке встречаются также и в школьных учебниках. Например, окончания -ды/ді, ты/ті выполняют функцию окончания винительного падежа, суффикса производного имени прилагательного, окончания глагола в 3 лице, суффикса прошедшего времени, хотя их и изучают в качестве программного материала в школе по каждой теме, в школе при изучении каждой из этих тем сначала идет повторение, чтобы ученики вспомнили данную тему, но сравнение омонимичных суффиксов не учитывается. Поэтому при проведении морфологического разбора учениками, они начинают путаться. Именно поэтому со школьной скамьи важно научить учеников разграничивать омонимию одноформенных суффиксов, окончаний и частиц. Проф. А. Жаппаров в своей монографии «Научно-методические основы формирования орфографических навыков учащихся» пишет, что при обучении омонимичным аффиксам казахского языка следует обратить внимание на грамматическое значение и функционирование в целом. Это дает возможность избежать непонимание слов с омонимичными аффиксами. А также он приводит много примеров по этой проблеме. Эти примеры дают полную картину в целом. об употреблении таких аффиксов [10, 75].

Считаем необходимым показать при помощи таблицы корень и омонимичную нулевую форму, у каждого имеется различное грамматическое значение, чтобы убедиться в различии грамматического значения нужно обратить внимание студентов на грамматическое значение, вопрос, часть речи, грамматическую категорию.

Заключение

В целом создание омонимического ряда суффиксов представляет трудность и при обучении казахскому языку и при его изучении. Основным показателем при верном понимании грамматической омонимии является ее грамматического значения и функций. С точки зрения данного вопроса определены грамматические омонимы казахского языка, проведено системное сопоставление для их верного понимания, выявлены их значения и функции. Проведение грамматического анализа также способствовало раскрытию особенностей грамматических омонимов языка и правильному их освоению. В процессе обучения важное

значение имеет и профессиональная ориентация. В этом направлении при подготовке специалистов в педагогических вузах одним из методов обучения во взаимосвязи с будущей специальностью является обучение эффективным методам работы со школьными учебниками, что важно для совершенствования профессионально-методических знаний.

В заключение хотим отметить, что при обучении грамматическим омонимам казахского языка в учебном процессе особое значение имеет верное их освоение, правильное понимание структуры языка. Поскольку, как было указано выше, грамматические омонимы являются языковым явлением с высокой частотой употребления в языке.

Список литературы

1. Салахова Р.Р. Омонимичные суффиксы татарского языка. Казань: Gumanitarya, 2007. 190 с.

2. Семенова Е.В. Омонимы в современном якутском языке: автореф. дис. ... канд. фил. наук. Якутск, 2013. 20 с.

3. Косова В.А., Маклеева Е.А. О функциональном анализе морфем, или сколько в русском языке суффиксов -ушк // Ученые записки Казанского университета. Серия гуманитарные науки. 2016. Т. 158. кн. 5. С. 1338–1358.

4. Nesrin Bayraktar Erten. Türkiye Türkçesinde -ma Ekinin Yapım Eki Olarak İşlevleri (Functions of the Derivative Suffix -ma in Turkey.Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi). 2017. Vol. 6. No. 6. P. 20–25.

5. Демчук Е.Ю. Собственно видовые омонимы в сфере русского глагола: дис. ... канд. филол. наук. ХГУ. 2017. 150 с.

6. Туранин В.Ю. Юридическая терминология в современном российском законодательстве (теоретико-правовое исследование): дис. ... докт. юрид. наук. Белгород, 2017. 362 с.

7. Hakan Акса. Problems arising from confusing isomorphic morphemes in teaching turkish morphology and solution recommendations (Türkiye Türkçesi Şekil Bilgisi Öğretiminde Eş Biçimli Biçim Birimlerin Karıştırılmasından Kaynaklanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri). International Journal of Language Academy. 2018. № 3861 Vol. 6/1. P. 1–37.

8. Кулешова Р.В. Методика обучения иностранных студентов-филологов омонимам русского языка: включенная форма обучения: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 Белгород, 2006 241 с.

9. Казахская грамматика. Фонетика, словообразование, морфология, синтаксис. Астана, 2002. 784 с.

10. Жаппаров А. Научно-методические основы формирования орфографических навыков учащихся. Чимкент: ИП Валиев, 2011. 260 с.

СТАТЬИ

УДК 631.8:631.452:631.55

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

Дзюин А.Г.

Удмуртский НИИСХ – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Ижевск, e-mail: ugniish@yandex.ru

Стационарный полевой опыт в Удмуртском НИИСХ закладки 1971–1972 гг. явился основной базой проведения фундаментальных агрохимических исследований. Информативность его, как показали результаты 40-летних исследований, зависит не только от целевой программы, но и от длительности стационара. За период прохождения пяти ротаций восьмипольного севооборота получена обширная информация по вопросам химической мелиорации, применения различных систем удобрений на дерново-подзолистой суглинистой почве. Выявлены дозы, способы, периодичность применения известковых, минеральных и органических удобрений, обеспечивающих повышение плодородия почвы и продуктивности севооборота. Установлена необходимость строгого соблюдения схем чередования культур, что позволяет достигать высокой продуктивности севооборота с меньшими затратами. На слабоокультуренной почве стартовое высокое насыщение почвы удобрениями не обеспечивало адекватного устойчивого повышения продуктивности севооборота. Известково-органоминеральная система удобрения, в среднем за 5 ротаций с внесением N75 P70 K71 и микроэлементов Cu, Co, Zn, B, Mo в 3–5 ротациях, увеличила продуктивность 8-польного севооборота на 71,7% (4,67 т з. ед/га). Продуктивность органоминеральной и известково-органоминеральной систем удобрений (3,27–3,34) была выше минеральной и известково-минеральной (2,95–2,99 т з. ед/га). Содержание подвижного фосфора в почве возросло на 118, обменного калия – 18–25 мг/кг почвы, гумуса – на 0,33–053%. Известкование по 2Нг снизило кислотность почвы до нейтрального уровня. Доказана возможность применения фосфорных удобрений в запас на 2–7 лет.

Ключевые слова: севооборот, продуктивность, системы удобрений, агрохимические показатели

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEMS IN LONG-TERM HOSPITALITY OF CROP ROTATION AND AGROCHEMICAL INDICATORS OF SOIL

Dzyuin A.G.

Udmurt Research of Agriculture – Structural subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, e-mail: ugniish@yandex.ru

Stationary field experience in the Udmurt Research Institute of Agriculture bookmarks 1971-1972. was the main base for conducting fundamental agrochemical research. The information content of it, as shown by the results of 40 years of research, depends not only on the target program, but also on the duration of the hospital. During the period of passage of 5 rotations of the 8-field crop rotation, extensive information was obtained on chemical reclamation, the application of various fertilizer systems on sod-podzolic loamy soil. Revealed doses, methods, frequency of lime, mineral and organic fertilizers, providing increased soil fertility and crop rotation. The necessity of strict observance of crop rotation patterns, which allows to achieve high productivity of crop rotation with lower costs, has been established. On poorly cultivated soil, the starting high soil saturation with fertilizers did not provide an adequate steady increase in the productivity of crop rotation. Lime-organomineral fertilizer system, an average of 5 rotations with the introduction of N75 P70 K71 and the trace elements Cu, Co, Zn, B, Mo in 3-5 rotations, increased the productivity of the 8-field crop rotation by 71.7% (4.67 tons grain unit / ha). The productivity of the organomineral and lime-organomineral fertilizer systems (3.27-3.34) was higher than the mineral and lime-mineral fertilizers (2.95-2.99 tons grain unit / ha). The content of mobile phosphorus in the soil increased by 118, exchangeable potassium –18–25 mg / kg of soil, and humus – by 0.33–053%. Liming on 2 hydrolytic acidity reduced the acidity of the soil to a neutral level. Proved the possibility of using phosphate fertilizers in the reserve for 2-7 years.

Keywords: crop rotation, productivity, fertilizer systems, agrochemical indicators

Плодородие почвы – одно из условий повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, действенным средством которого является применение систем удобрений [1]. Рыночные отношения привели к сокращению опытной работы с удобрениями, хотя именно опыты являются источником исходной информации для разработки рекомендаций [2]. Системы удобрений в севооборотах могут быть рациональными только в сочетании с местными агроэкологическими условиями и биологическими особенностями культур [3]. Стационарные полевые опыты – основная база фундаментальных агрохимических исследований [4]. Информативность их зависит, прежде всего, от целевых программ, качества проведения аналитических работ, своевременного выполнения агротехнических мероприятий. Длительные опыты со временем модифицируются, так как возникают новые направления и задачи перед исследователями.

Цель исследования: изучить и обобщить по некоторым основным показателям влия-

ние систем удобрений на плодородие почвы и продуктивность восьмипольного севооборота за период прохождения пяти ротаций.

Материалы и методы исследования

В Удмуртском НИИСХ в 1971–1972 гг. заложен стационарный двух факторный опыт с восьмипольным севооборотом. Чередование культур в севообороте: 1 – пар чёрный; 2 – озимая рожь; 3 – картофель в 1–3 и кукуруза в 4–5 ротациях; 4 – яровая пшеница + клевер; 5 – клевер 1 г.п.; 6 – клевер 2 г.п.; 7 – озимая рожь; 8 – ячмень. Фактор А – фоны: 1. Навоз – внесли только под первую ротацию в дозе 40 т/га, после первой ротации – минеральная система удобрения (H^1 – 0). 2. Известь – внесли под первую ротацию по 1 г. к. (4 т/га) и под вторую ротацию по 2 г.к. (7,5 $CaCO_3$) – известково-минеральная система удобрения ($И^2$). 3. Навоз – вносили под каждую из пяти ротаций севооборота в дозах 40 + 60 + 60 + 60 + 60 т/га естественной влажности – органоминеральная система удобрения (H^5). 4. Известь + навоз – вносили так же, как в пунктах 2 и 3 – известково-органоминеральная система. Фактор В – минеральные удобрения с 11-ю вариантами. 1-й вариант – без удобрений, 2–4-й варианты – NP. NK. PK, 5-11-й – NPK. В 1–2 ротациях севооборота изучали способы и формы внесения удобрений, средняя их доза – N64P46K46 и N92P86K77 соответственно. В 3-й ротации изучали способы и уровни внесения: N56P46K46, N77P86K77. В 4-й ротации – уровни внесения: N30P28K17, N47P46K46, N64P63K74, N81P80K102. В 5-й ротации – дозы NPK по 10, 20, 40, 50, 60 кг д. в./га. Усредненные дозы за 5 ротаций составили N64P60K60. В 3–5 ротациях 11-й вариант дополнили микроэлементами – Zn, Co, Cu, B, Mo. В течение трех ротаций их вносили: под озимую рожь (кг д. в./га) – цинк сернокислый (3,0), кукурузу – кобальт хлористый (0,5), яровую пшеницу – медь сернокислый (3,0), клевер 1 и 2 г.п. – борно-датолитовую муку (1,0) и молибденово-кислый аммоний (1,0), озимую рожь – цинк сернокислый (3,0), и ячмень медь сернокислый (3,0). С третьей ротации севооборота в почву общим фоном заделывали солому озимой ржи. Повторность опыта – четырехкратная. Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного анализа. Почва – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая с агрохимическими показателями: pH_{KCL} – 5,0, Нг – 2,7, S – 14,8 ммоль/100 г почвы, P_2O_5 – 52, K_2O – 98 мг/кг почвы, гумус – 2,5%.

Результаты исследования и их обсуждение

Минеральные удобрения повышали продуктивность севооборота по сравнению с данными до закладки опыта (табл. 1). В среднем за 5 ротаций минеральные удобрения с добавлением микроэлементов Cu, Co, Zn, B, Mo в 11 варианте увеличили продуктивность севооборота на 71,7% (от 1,98 перед закладкой опыта до 3,40 т з. ед/га), а в сравнении с нулевым контролем – на 34,9%.

По ротациям эффективность комбинированного применения NPK и микроэлементов выразилась увеличением продуктивности: в третьей ротации до 3,82 (на 76,6%) против 2,18 т. з ед/га, в четвертой ротации до 3,86 (на 38,4%) против 2,79 т з. ед/га, в 5-й ротации до 2,95 (на 44,6%) против 2,04 т з. ед/га. Эти данные свидетельствуют также, что продуктивность севооборота с повышением доз минеральных удобрений увеличивалась.

Из систем удобрений минеральная и известково-минеральная не отличались между собой по продуктивности – 2,95–2,99 т з. ед/га, что на 0,97–1,01 т/га выше, чем за четыре года в среднем до опытов (табл. 2). Аналогичная закономерность наблюдалось в каждой ротации севооборота, за исключением первой ротации, в которой отмечено достоверное снижение продуктивности по известково-минеральной системе удобрения. Такая тенденция сохранялась и в последующих ротациях. Органоминеральная и известково-органоминеральная системы увеличили продуктивность до 3,27–3,34 т з. ед/га. Наиболее высокая продуктивность получена в третьей и четвертой ротациях. Со снижением доз минеральных удобрений в пятой ротации его продуктивность снизилась. По ротациям меньше изменялась продуктивность на минеральной и известково-минеральной системах удобрений. Использование навоза под каждую ротацию севооборота обеспечивало увеличение продуктивности севооборота.

В первых двух ротациях применение двойного суперфосфата, фосфоритной муки и хлористого калия в запас на 2–7 лет обеспечило получение примерно одинаковой продуктивности по сравнению с ежегодным внесением. Умеренные их дозы увеличили продуктивность на 0,55–1,25 (до 2,73–3,43) т з. ед/га. Повышенные дозы способствовали росту продуктивности (3,59–3,70 т з. ед/га), при этом проявилось высокое положительное действие микроудобрений (4,67 т з. ед/га).

Систематическое применение минеральных удобрений увеличивало содержание фосфатов в почве. В первой ротации севооборота применение N64P60K60 увеличило содержание P_2O_5 на 29 мг/кг почвы в среднем по отношению к исходному содержанию (табл. 3). Во второй ротации при внесении N92P86K77 – на 97 мг/кг, в третьей ротации при той же дозе фосфора – на 155 мг/кг почвы. Как видно, шло накопление фосфатов в почве. В четвертой ротации севооборота его содержание по отношению к третьей несколько снизилось (на 33 мг/кг почвы в среднем), что объясняется выносом более высоким урожаем культур в данной ротации, и снижением легкодоступного фосфора при этом [5]. Однако накопление фосфатов в почве продолжалось, в пятой ротации их содержание увеличилось в 5,3 раза по сравнению с исходным содержанием. С аналогичной закономерностью изменялось содержание подвижных фосфатов при использовании отдельных систем удобрений.

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборота по ротациям севооборота (среднее по фонам и двум закладкам опыта), т з. ед/га

Ротация, годы	1 0	2 NP	3 NK	4 PK	5 NPK	6 NPK	7 NPK	8 NPK	9 NPK	10 NPK	11 NPK	$НСР_{05}$
Исходная продуктивность в среднем за 1968–1971 гг. – 1,98 т з. ед./га												
Первая, 1971–1979	2,99	2,96	2,78	2,84	3,12	3,14	3,16	2,96	3,06	3,06	3,18	0,03
Вторая, 1979–1987	2,62	2,98	2,95	3,00	3,19	3,19	3,24	3,06	3,11	3,20	3,19	0,04
Третья, 1987–1995	2,18	2,95	2,73	2,76	3,40	3,43	3,61	3,35	3,59	3,70	3,82	0,02
Четвёртая, 1995–2003	2,79	3,37	3,34	3,26	3,48	3,65	3,72	3,68	3,78	3,75	3,86	0,03
Пятая, 2003–2011	2,04	2,54	2,37	2,39	2,63	2,66	2,74	2,77	2,85	2,92	2,95	0,08
Средняя	2,52	2,96	2,83	2,85	3,16	3,21	3,29	3,16	3,28	3,33	3,40	0,04

Таблица 2

Влияние систем удобрений на продуктивность севооборота (среднее по вариантам и двум закладкам опыта), т. з. ед/га

Система удобрения	Ротация севооборота					
	1	2	3	4	5	Среднее
Минеральная (NPK)	3,05	3,07	3,02	3,26	2,53	2,99
Известково-минеральная (Известь + NPK)	2,92 – 0,13	3,00 – 0,07	2,99 – 0,03	3,33 0,07	2,49 – 0,04	2,95 – 0,04
Органо-минеральная (Навоз + NPK)	3,05 0	3,22 0,15	3,59 0,57	3,73 0,47	2,78 0,25	3,27 0,28
Известково-органоминеральная (Известь + навоз + NPK)	3,00 – 0,05	3,12 0,05	3,83 0,81	3,85 0,59	2,87 0,34	3,34 0,35
Среднее	3,00	3,10	3,36	3,54	2,67	3,14
$НСР_{05}$	0,08	0,10	0,15	0,07	0,08	0,10

Примечание. В числителе – продуктивность, в знаменателе – прибавка, т з. ед./га.

Таблица 3

Влияние систем удобрений на содержание подвижного фосфора (P_2O_5), мг/кг почвы (исходное содержание подвижного фосфора (P_2O_5) – 52 мг/кг почвы)

Система удобрения	Ротация севооборота					Среднее	Прибавка, $НСР_{05}$ – 32 мг/кг
	1	2	3	4	5		
Минеральная (NPK)	84	116	156	116	152	125	–
Известково-минеральная (Известь + NPK)	70	150	195	160	214	158	33
Органоминеральная (Навоз + NPK)	84	157	226	194	359	204	79
Известково-органоминеральная (Известь + навоз + NPK)	87	172	250	224	378	222	97
Среднее	81	149	207	174	276	177	–
Прибавка к исходному содержанию	29	97	155	122	224	125	–
$НСР_{05}$	7,9	18,5	17,0	15,7	48,5	17,2	–

Положительное действие на подвижность фосфатов оказало внесение минеральных удобрений в сочетании с известью и навозом. В среднем за 5 ротаций севооборота содержание P_2O_5 при несении извести увеличилось на 33, при внесении навоза – на 79 мг/кг почвы. А совместное применение навоза и извести увеличило почти в 3 раза (на 97 мг/кг почвы) по отношению к минеральной системе.

Содержание обменного калия в почве, несмотря на использование удобрений, слабо возрастало (табл. 4). Даже на фоне навоза его содержание в среднем за 5 ротаций севооборота увеличилось всего на 14–38 кг/га. Значительное его количество, по нашим расчетам, закреплялось почвой. Исследованиями установлено, что обменный калий обладает различной прочностью связи с почвенно-поглощающим комплексом дерново-подзолистой почвы и разной степенью подвижности [6]. Следовательно, они располагают значительным резервом для обеспечения растений калием. При недостаточном его поступлении в почву с удобрениями культуры севооборота мобилизуют калий из обменного, а затем и необменного форм, в результате чего растения не испытывают недостатка в калии [7].

С 2000 г. в республике наблюдается устойчивое подкисление почв. Верхним оптимальным значением pH_{KCL} для полевых культур установлено 5,6. По данным агрохимслужбы в годы проведения интенсивной химизации (1970-1980) эта величина была достигнута. Нижняя граница оптимального значения pH_{KCL} в севооборотах составляет 5,2 [8]. Процесс подкисления почвы идет непрерывно. В севообороте с минеральной и органоминеральной системами удобрений величина pH_{KCL} в среднем за 4 ротации понизилась до 4,64 и 4,86 при исходной величине 5,0 (табл. 5). Под воздействием навоза по 60 т/га за каждую ротацию подкисление почвы замедлилось. Повторное внесение извести увеличило pH_{KCL} до 6,8 ед., но к концу пятой ротации заметно снизилось. Снизилась гидролитическая кислотность с 3,8 до 0,83–0,98, увеличились сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями с 17,6 до 21,6–24,6 ммоль/100 г почвы и с 82,3 до 96–97% соответственно.

В повышении плодородия почвы большое значение придается содержанию гумуса в почве. В Удмуртской Республике за 20 лет наблюдений содержание гумуса в пахотных почвах уменьшилось на 0,4–0,9% [9]. В стационаре Пермского НИИСХ за 40 лет его относительное содержание снизилось на 9,1% [10]. В нашем опыте за 32 года на нулевом и известкованном фонах абсолютное содержание гумуса снизилось на 0,55% от исходного. Не обеспечило поддержание гумуса на исходном уровне и применение навоза и навоза + извести – 2,38 и 2,33%. Исследования показывают усиление минерализации органического вещества [11, 12]. И лишь внесение под каждую ротацию севооборота навоза и соломы озимой ржи обеспечило повышение содержания гумуса на 0,21–0,26 абс.%.

Выводы

1. Системы удобрений с внесением N64P60K60 (в среднем за 40 лет) и микроэлементов (за 24 года) увеличили продуктивность севооборота на 71,7%, обеспечив получение наибольшей продуктивности – 4,67 против 1,98 т з ед/га. Высокая продуктивность в севообороте (3,27–3,34 т з. ед/га) достигнута длительным использованием органоминеральной и известково-органоминеральной систем удобрений.

Таблица 4

Влияние систем удобрений на содержание обменного калия (K_2O), мг/кг почвы (исходное содержание обменного калия (K_2O) – 98 мг/кг почвы)

Система удобрения						Среднее	Прибавка, $НСР_{05}$ – 22,6 мг/кг
	1	2	3	4	5		
Минеральная (NPK)	98	102	106	111	109	105	–
Известково-минеральная (Известь + NPK)	93	100	105	123	113	107	2
Органоминеральная (Навоз + NPK)	98	120	120	150	129	123	18
Известково-органоминеральная (Известь + навоз + NPK)	103	124	117	161	144	130	25
Среднее	98	112	112	136	124	116	–
Прибавка к исходному содержанию	0	14	14	38	26	18	–
$НСР_{05}$	8,7	10,5	12,4	17,5	25,7	15,4	–

Таблица 5

Влияние систем удобрений на изменение обменной кислотности (pH_{KCL}) в почве (исходная величина pH_{KCL} – 5)

Система удобрения	Ротация				Среднее	Отклонение $НСР_{05}$ – 0,16
	2	3	4	5		
Минеральная (NPK)	4,7	4,6	4,4	4,7	4,64	–
Известково-минеральная (Известь + NPK)	6,8	6,6	6,6	6,4	6,28	1,64
Органоминеральная (Навоз + NPK)	4,9	4,8	4,8	5,0	4,86	0,22
Известково-органоминеральная (Известь + навоз + NPK)	6,6	6,6	6,3	6,1	6,10	1,46
Среднее	5,75	5,65	5,52	5,55	5,47	–

2. Систематическое применение фосфорных удобрений повышало содержание подвижного фосфора в почве в 5,3 раза, до 276 мг/кг почвы в пятой ротации севооборота по сравнению с исходным содержанием.

3. Содержание обменного калия в дерново-подзолистой почве не повышалось адекватно внесенному количеству калия с минеральными удобрениями, что связано с преимущественным закреплением его почвой.

4. Наибольшее подкисление почвы вызвала минеральная система удобрения. Навоз сдерживал подкисление. Повторное известкование во второй ротации севооборота снизило кислотность почвы до нейтрального уровня, и лишь в пятой ротации заметно подкисление.

5. В результате активной минерализации органического вещества содержание гумуса за 32 года на минеральной системе удобрений снизилось с 2,5 до 1,95 % и до 2,33 % на органоминеральной системе. Запахивание в почву растительных остатков, соломы повысило содержание гумуса: на фоне навоза до исходного (5,0 %), на фоне извести + навоза – с превышением этого уровня на 0,14 %.

Список литературы

1. Чеботарев Н.Т., Юдин А.А., Конкин П.И., Облизов А.В. Эффективность применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве Севера // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 29–33.

2. Сычев В.Г. Агрохимическая служба – 50 лет на благо урожая // Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии: материалы 48 Междунар. науч. конф. молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов. М.: ВНИИА, 2014. С. 3–11.

3. Постников П.А., Огородников Л.П., Павленкова Т.В., Бызов И.С., Намятов М.А., Савин Ю.А., Колотов А.П., Сунцов А.В., Шорохова А.И., Комельских Н.П., Воробьев В.А., Колобков Е.В., Колотов Ф.А., Мингалев С.К., Байкин Ю.Л., Лаптев В.Р., Шестаков П.А., Фрумин И.Л., Тощев В.В. Адаптивное земледелие на Среднем Урале: состояние, проблемы и пути их решения. Екатеринбург: Уральский НИИСХ, 2010. 338 с.

4. Сычев В.Г., Романенков В.А. Современное состояние и возможности повышения результативности исследований в системе Геосети: мат. регион. совещ. научных учрежде-

ний – участников Геосети Северо-Восточного и Уральского регионов. М.: ВНИИА, 2013. С. 3–12.

5. Джонстон Дж., Фиксен П., Поултон П. Эффективное использование фосфорных удобрений в земледелии // Питание растений. 2015. № 2. С. 8–11.

6. Никитина Л.В., Романенков В.А., Листова М.П. Обменный калий и его подвижность в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава // Плодородие. 2014. № 5 (80). С. 18–21.

7. Дзюин А.Г., Дзюин Г.П. Калийное состояние дерново-подзолистой суглинистой почвы в севообороте: материалы регионального совещания научных учреждений – участников Геосети Северо-Восточного и Уральского регионов. М.: ВНИИА, 2013. С. 24–29.

8. Дзюин Г.П. Подвижный алюминий и продуктивность севооборота // Агрохимия и плодородие почв: тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов. Кн. третья, VI комиссия. Новосибирск, 1989. С. 219.

9. Ковриго В.П. Почвы Удмуртской Республики. Ижевск: РИО Ижевская ГСХА. Книга по требованию, 2004. 490 с.

10. Завьялова Н.Е. Регулирование содержания и состава органического вещества в полевом севообороте: материалы регионального совещания научных учреждений – участников Геосети Северо-Восточного и Уральского регионов. М.: ВНИИА, 2013. С. 29–35.

11. Дзюин Г.П., Дзюин А.Г. Биологическая активность почвы в севообороте с биоресурсами // Научное обеспечение агропромышленного комплекса России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. посвященной памяти Р.Г. Гараева. Казань, 2012. С. 194–198.

12. Мерзлая Г.Е. Биологические факторы в системах удобрения // Агрохимия. 2017. № 10. С. 24–36.

СТАТЬИ

УДК 539.4:539.3(575.2)

СУПЕРТОНКИЕ ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ АЛЕВРОЛИТА И БАЗАЛЬТА, ДОБЫВАЕМЫХ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Айдаралиев Ж.К., Кайназаров А.Т., Исманов Ю.Х., Абдиев М.С., Атырова Р.С., Сопубеков Н.А.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: i_yusupjan@mail.ru

В статье приведен сравнительный анализ физико-химических и физико-технических характеристик супертонких волокон, получаемых из алевролита и базальта. Показано, что использование электродугового метода плавления горных пород имеет ряд преимуществ по сравнению с методом пламенного обогрева. Экспериментально обосновано, что количество неволокнистых включений в минеральном холсте сильно зависит от содержания Fe_2O_3 в расплаве. Установлено, что при уменьшении доли Fe_2O_3 и увеличении концентрации Si_2O_3 и Al_2O_3 в расплаве происходит уменьшение количества неволокнистых включений – «корольков» – в формирующемся минеральном холсте. Так как на концентрацию Fe_2O_3 в расплаве влияет тип используемого технологического процесса, то, подбирая его соответствующим образом, можно влиять на степень засоренности волоконного холста неволокнистыми включениями. Сравнительный анализ химического состава и механических свойств супертонких волокон, получаемых из алевролита и базальта, показал, что по всем характеристикам супертонкие волокна на основе алевролита не уступают волокнам, изготовленным из базальта. Сравнение характеристик супертонких волокон из алевролита и базальта показало, что вместо базальтовых супертонких волокон можно использовать алевролитовые волокна при производстве матов и шнуров для теплоизоляции, изоляции оборудования, использующего нагрев (печи, сушильные барабаны, электрофильтры), и охлаждающих камер. Учитывая большие запасы алевролита в Кыргызстане, это направление производства минеральных волокон становится актуальным и весьма перспективным.

Ключевые слова: базальт, алевролит, супертонкие волокна из базальта и алевролита, «королек», горячий пар, сжатый воздух

SUPERFINE FIBERS ON THE BASIS OF ALEURROLITE AND BASALT PRODUCED IN KYRGYZSTAN

Aydaraliev Zh.K., Kaynazarov A.T., Ismanov Yu.Kh., Abdiev M.S., Atyrova R.S., Sopubekov N.A.

Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: i_yusupjan@mail.ru

The article presents a comparative analysis of the physicochemical and physico-technical characteristics of superfine fibers obtained from aleurolite and basalt. It is shown that the use of electric arc method of rock melting has a number of advantages compared with the method of flame heating. It is experimentally substantiated that the amount of non-fibrous inclusions in a mineral canvas strongly depends on the content of Fe_2O_3 in the melt. It has been established that with a decrease in the proportion of Fe_2O_3 and an increase in the concentration of Si_2O_3 and Al_2O_3 in the melt, there is a decrease in the number of non-fibrous inclusions in the forming mineral canvas. Since the concentration of Fe_2O_3 in the melt is influenced by the type of process used, then, by selecting it accordingly, it is possible to influence the degree of contamination of the fiber scrim with non-fibrous inclusions. A comparative analysis of the chemical composition and mechanical properties of superfine fibers obtained from aleurolite and basalt showed that, according to all characteristics, superfine fibers based on aleurolite are not inferior to fibers made of basalt. Comparison of the characteristics of superfine fibers from aleurolite and basalt showed that instead of basalt superfine fibers, aleurolite fibers can be used in the production of mats and cords for thermal insulation, insulation of equipment using heat (furnaces, drying drums, electric filters), and cooling chambers. Given the large reserves of aleurolite in Kyrgyzstan, this direction of the production of mineral fibers becomes relevant and very promising.

Keywords: basalt, aleurolite, superfine fibers from basalt and aleurolite, non-fibrous inclusions, hot steam, compressed air

Современные технологии позволяют получать из базальтовых и алевролитовых пород супертонкие волокна различного диаметра и длины. Такие волокна широко используются при изготовлении различных теплоизоляционных изделий, таких как прошивные маты, плиты различной плотности и жесткости [1–3]. Полученные на основе таких технологий изделия обладают высокими теплоизоляционными характеристиками и поэтому широко используются для теплоизоляции различных сооружений и устройств.

Базальтовые волокна становятся весьма перспективным материалом, если принять во внимание большие запасы базальтовых и алевролитовых пород в Кыргызстане и хорошо отработанные технологии получения волокон с помощью электрического нагрева [4].

Большие запасы алевролитового сырья в Кыргызстане предопределили результа-

ты исследования, представляющего собой сравнительный анализ состава и свойств супертонких волокон, полученных из базальта и алевролитового сырья, с целью широкого использования алевролита при производстве супертонкого минерального волокна.

Цель исследования: сравнительный анализ характеристик супертонких волокон из базальта и алевролита, добываемых в Кыргызстане, с целью промышленного производства супертонких волокон на основе алевролита.

Материалы и методы исследования

Технологический процесс получения супертонких волокон из алевролитового сырья состоит из нескольких этапов.

В отдельном помещении размещают дробильный участок, на котором установлены дробилки марки АД 100/150 для дробления алевролитового сырья до фракции 3–40 мм. После дробления исходное сырье подвозится к мостовому подъемнику, с помощью которого оно подается в бункер, в котором размещены электродуговые печи.

Выбор электродугового метода плавления горных пород, вместо широко используемого способа плавления горных пород методом пламенного обогрева, при котором тепло плавящемуся материалу передается от факела, образующегося при сжигании природного газа над расплавом, обусловлен несколькими причинами. Печи при пламенном обогреве имеют большие габариты, что обусловливает значительные тепловые потери, расход огнеупоров и капитальные затраты [5]. Следовательно, эффективность применения газопламенных печей в минераловатной промышленности невысока.

Использование дополнительного электрического обогрева принципиально отличает процесс теплообмена от процесса, проходящего при пламенном обогреве. Тепло, выделяясь непосредственно в расплаве, подводится к плавящейся шихте снизу. При этом интенсивность процесса плавления резко возрастает. Исследованиями показано, что при использовании дополнительного электроподогрева за счет введения тепла в количестве 10% от общего удается поднять производительность плавильной печи на 30%.

Дополнительным аргументом в пользу использования электрической энергии для плавления горных пород является то, что пропускание электрического тока через расплав позволяет воздействовать на электрические силы взаимодействия молекул в расплаве эффективней, чем традиционными способами подвода тепла. Это позволяет снизить вязкость расплава без повышения его температуры, что, в свою очередь, позволяет уменьшить диаметр получаемого волокна, а также повысить степень гомогенности расплава [1].

Холст из супертонкого алевролитового волокна получают посредством плавки алевролитового щебня в электродуговой печи при температуре 1400–1500°С и продувания полученного расплава через дутьевую головку сжатым воздухом. Контроль над распределением теплового поля в зоне плавления осуществлялся интерферометрическим методом [6–7]. Полученное волокно осаждается на сетчатый конвейер вертикальной камеры волокноохлаждения, в которой создается разрежение воздуха с помощью отсасывающего вентилятора.

Вертикально-дутьевой способ переработки расплава в супертонкое волокно и последующее осаждение волокна в вертикальной камере обеспечивают получение равномерного минерального ковра. При этом размеры холста (минерального ковра) составляют: длина – 2100 мм, ширина – 1500 мм.

При производстве тонкого минерального волокна из горных пород используются в основном два типа технологий [8–10]:

– раздувание струи расплавленной породы горячим паром (РГП);

– раздувание струи расплавленной породы сжатым воздухом (РСВ).

Результаты исследования и их обсуждение

Химический анализ базальтовых волокон проводился методом силикатного анализа [11]. Определение содержания SiO_2 проводилось с помощью желатина в азотнокислой среде. Содержание Al_2O_3, TiO_2, FeO_3, CaO и MgO определяли комплексометрическим методом.

Раздельное определение содержания оксидного железа в стекловидных и термообработанных базальтовых волокнах проводилось по методике, разработанной Т.С. Дубровским [11].

На качество материалов на основе волокон из базальта и алевролита значительное влияние оказывает присутствие в волоконном холсте включений неволоконного типа, называемых «корольками» [1–3]. Содержание «корольков» в волоконном холсте в значительной мере определяется конструкцией дутьевой головки, а также типом энергоносителя (горячий сжатый воздух или горячий, сухой водяной пар), который используется при формировании волокон из расплавленных базальта или алевролита (рис. 1–3).

Подробный анализ процесса волокнообразования показал, что на формирование «корольков» влияет не только сам механизм процесса волокнообразования, но и химический состав расплава. Наличие окиси и закиси железа влияет на процесс кристаллизации расплава. Экспериментально установлено, что в процессе кристаллизации происходит восстановление части окислов до металлического железа, и это приводит к уменьшению количества неволокнистых включений – «корольков». Как видно из табл. 2, процентное содержание Fe_2O_3 в «корольках» превышает его содержание в волокнах, поэтому уменьшение содержания Fe_2O_3 в расплаве приводит к уменьшению количества «корольков» в холсте. Так как степень восстановления металлов сильно зависит от используемого технологического процесса, то, в конечном счете, на засоренность волоконного холста «корольками» сильно влияют технологические факторы.

Таблица 1

Характеристики «корольков», присутствующих в холсте из супертонких волокон, в зависимости от используемой технологии производства и месторождений сырья (базальта и алевролита)

Параметры «корольков»	Месторождение		
	Алевролит, Таш-Булак	Базальт, Сулуу-Терек, РСВ	Базальт, Сулуу-Терек, РГП
Объемное содержание «корольков», ΔV_m, %	3	4,5	6,5
Диаметр «королька», мкм	4	2,5	2
Длина «королька», мкм	–	20	13
Толщина «королька, мкм	15	7	10,5

Таблица 2

Химический состав базальта и алевролита в различных состояниях и из разных месторождений

№ п/п	Наименование	SiO_2	FeO	Fe_2O_3 (разд)	TiO_2	MnO	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	P_2O_5	Fe_2O_3 (общ)	ППП
1	Базальт (Сулу-Терек)	44	5,62	5,33	2,30	0,20	14,80	8,33	6,3	0,74	4,10	<0,10	0,64	11,57	6,79
2	Алевролит (Таш-Булак)	33,7	1,94	1,74	0,48	0,10	9,25	22,4	3,49	1,64	1,35	0,14	0,14	–	22,09
3	Базальтовый расплав	55,2	5,4	3,94	1,94	0,13	15,50	8,40	3,7	2,10	3,26	<0,10	0,41	9,93	<0,30
4	Супертонкое волокно (РГП)	52,0	6,05	3,13	2,23	0,18	16,00	9,82	4,2	2,15	3,10	<0,10	0,47	9,85	<0,30
5	Супертонкое волокно (РСВ)	54,9	8,06	1,61	1,59	0,20	12,00	9,61	7,7	0,26	3,68	<0,10	<0,10	10,56	<0,30
6	Состав «корольков»	52,4	9,58	2,14	2,31	0,17	15,00	9,18	3,8	2,12	3,04	<0,10	0,44	12,77	<0,30

Расчет объемного содержания «корольков» производился точечным методом Салтыкова [12]. Метод представляет собой наложение сетки на изображение, полученное с помощью микроскопа, и подсчет числа узлов наложенной сетки, которые попадают на изображения «корольков». Полученное значение подставляется в формулу

$$\Delta V = (n_1/n)\cdot 100\,\%,$$

здесь ΔV – числовое значение объемного содержания «корольков», n_1 – численное значение количества узлов сетки, перекрывающих «королек», n – численное значение общего количества узлов сетки.

В табл. 1 представлены усредненные значения характеристик «корольков».

Изменения состава и структуры расплава горных пород приводит к улучшению прочностных и других характеристик материала. Результаты химического анализа приведены в табл. 2.

По данным химического анализа расплава базальта Сулуу-Терека потери при прокаливании (ППП) составляют 6,79 %. При плавлении базальтов улетучиваются легкие компоненты, которые образуются за счет разложения карбонатов, сульфитов, сульфатов металлов. При увеличении температуры до 800 °C закись железа FeO (5,62 %) частично переходит в Fe_2O_3 (0,22–4,04 %), что приводит к увеличению содержания Fe_2O_3 в расплаве. Возможный механизм восстановления железа связан с присутствием CO в атмосфере плавильной печи. Химический анализ показывает, что в составе волокна общее содержание оксида железа уменьшается на 14,86 %. Экспериментально установлено, что в процессе плавления базальта происходит частичное восстановление железа из Fe_2O_3 под воздействием технологических факторов. Как результат, на дне печи появляется металлический осадок. Следовательно, за счет улетучивания легких компонентов и восстановления железа увеличивается концентрация SiO_2 и Al_2O_3 в составе волокон.

Рис. 1. Зависимость объемного содержания «корольков» от их диаметров

Рис. 2. Зависимость объемного содержания «корольков» от их длин

Рис. 3. Зависимость объемного содержания «корольков» от их толщин

Таблица 3

Значения физико-технических характеристик минеральной ваты из алевролита и базальта

№ п/п	Характеристики	Значения	
		Алевролитовые волокна	Базальтовые волокна
1	Диаметр волокон, мкм	1,26–1,27	1,5–3
2	Температура применения, °С	−269 ÷ +700	–270 ÷ +750
3	Температура спекания, °С	1050	1060
4	Плотность при давлении 490 Па, кг/м^3	35÷75	35–50
5	Коэффициент теплопроводности при 25 °С, Вт/м·К	0,033÷0,04	0,032–0, 039
6	Гигроскопичность, %	0,5÷1	0,3–0,9
7	Показатель водостойкости, 1/П	3,5–4	3,5–3,8
8	Кислотоустойчивость, %	80–90	85–95
9	Паростойкость, %	90÷99,8	95–99
10	Коррозионная стойкость к сплавам алюминия	не коррозирует	не коррозирует
11	Нормальный коэффициент звукопоглощения	0,90÷0,99	0,92÷0,99
12	Коэффициент фильтрации	0,7÷0,9	0,8÷0,9

В табл. 3 приводятся значения физико-технических характеристик готовой продукции, изготовленной из алевролитового и базальтового волокон.

Наибольшее значение температуры, при котором еще могут использоваться изделия на основе алевролитовых или базальтовых супертонких волокон, равно +700 °С (электропечи и др.), наименьшее значение температуры равно –269 °С (в холодильных камерах).

Таким образом, по всем характеристикам алевролит, добываемый на месторождении Таш-Булак, удовлетворяет требованиям существующих стандартов и может без ограничения применяться в строительных и других отраслях.

Выводы

Показано, что использование электродугового метода плавления горных пород имеет ряд преимуществ по сравнению с методом пламенного обогрева.

Экспериментально обосновано, что количество неволокнистых включений в минеральном холсте сильно зависит от содержания Fe_2O_3 в расплаве. Установлено, что при уменьшении доли Fe_2O_3 и увеличении концентрации SiO_2 и Al_2O_3 в расплаве происходит уменьшение количества неволокнистых включений – «корольков» – в формирующемся минеральном холсте. Так как на концентрацию Fe_2O_3 в расплаве влияет тип используемого технологического процесса, то, подбирая его соответствующим образом, можно влиять на степень засоренности волоконного холста неволокнистыми включениями.

Сравнительный анализ химического состава и механических свойств супертонких волокон, получаемых из алевролита и базальта, показал, что по всем характеристи-

кам супертонкие волокна на основе алевролита не уступают волокнам, изготовленным из базальта. Учитывая большие запасы алевролита в Кыргызстане, это направление производства минеральных волокон становится актуальным и весьма перспективным.

Список литературы

1. Ормонбеков Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон. Бишкек: Илим, 2009. 152 с.

2. Ормонбеков Т.О., Байсалов Э.А., Дубинин Ю.Н. Технология, оборудование и производство базальтовых волокон электрическим плавлением пород. Бишкек: Илим, 2011. 96 с.

3. Спирин Ю.Л. Справочник по производству теплозвукоизоляционных материалов. М.: Наука, 2010. 432 с.

4. Попенко И.В., Шевченко О.Г. Волокна и теплоизоляционные материалы на их основе. Киев: Укр. НИИНТИ, 1985. 32 с.

5. Волгина Ю.М. Теплотехническое оборудование стекольных заводов. М.: Стройиздат, 1982. 276 с.

6. Ismanov Y.Kh., Tynyshova T.D., Aidaraliev Z.K. Wide-range holographic interferometer. Optical Engineering. 2018. Vol. 57. No. 12. 124106.

7. Исманов Ю.Х. Интерферометрия на основе метода бесщелевой радужной голографии // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. 2015. № 4 (40). С. 194–198.

8. Ормонбеков Т.О., Дубинин Ю.Н., Айдаралиев Ж.К. Базальтовое волокно и способ его изготовления // Патент на изобретение КР. Кыргызпатент № 1165. 2011.

9. Абдыкалыков А.А. Айдаралиев Ж.К., Дубинин Ю.Н., Кайназаров А.Т. Перспективы применения плазматрона для плавильной печи базальта // Вестник КГУСТА. 2016. Т. 4. № 54. С. 29–34.

10. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 2009. 446 с.

11. Дубровский В.А., Махова М.Ф., Первеева Л.А. Методика определения температуры нижнего предела кристаллизации стекол с помощью дериватографа // Методы исследования технологических свойств стекла. М.: ВНИИЭСМ, 1970. С. 40–43.

12. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. М.: Наука, 2009. 376 с.

УДК 621.438

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГОРЕНИЯ ЗА ТУРБИННЫМИ ПРОФИЛЯМИ

[1]Достияров А.М., [2]Умышев Д.Р., [3]Кибарин А.А., [3]Катранова Г.С.

[1]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, e-mail: dost51@mail.ru;
[2]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: umishev_d@mail.ru;
[3]Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, e-mail: kib_61@rambler.ru, lsister@mail.ru

В статье представлены результаты экспериментального исследования влияния угла β между профилем лопатки и накладкой на процессы образования оксидов азота, температуры на выходе из камеры сгорания, длину факела и стабилизацию пламени. В статье представлен общий анализ по использованию различных устройств при стабилизации пламени. В результате экспериментов было выявлено, что увеличение угла β приводит к повышению температуры на выходе из камеры сгорания, повышению концентрации оксидов азота и стабилизации пламени. Снижение угла β приводит к снижению концентрации оксидов азота, при $\beta = 45^0$, до 16 ppm. Снижение до $\beta = 30^0$ снижает концентрацию оксидов азота до 7 ppm. Данные подтверждают экспоненциальную зависимость концентрации оксидов азота от температуры. При росте температуры на 8%, повышает концентрацию оксидов азота на 128%. При увеличении β до 60^0 коэффициент избытка воздуха α имеется значение 9,5, при $\beta = 45^0$, $\alpha = 9$. Причем значительный рост стабилизации заметен при изменении угла с 30^0 до 45^0. Оптимальным углом β является 45^0 ввиду хорошей стабилизации пламени и сравнительно низких концентраций оксидов азота.

Ключевые слова: коэффициент избытка воздуха, температура, оксиды азота, турбинные профили

EXPERIMENTAL STUDY OF COMBUSTION PROCESS FOR TURBINE PROFILES

[1]Dostiyarov A.M., [2]Umyshev D.R., [3]Kibarin A.A., [3]Katranova G.S.

[1]S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, e-mail: dost51@mail.ru;
[2]Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev, Almaty, e-mail: umishev_d@mail.ru;
[3]Almaty University of Power Engineering and Communications, Almaty, e-mail: kib_61@rambler.ru, lsister@mail.ru

The article presents the results of an experimental study of the effect of the angle β between the profile of the blade and the overlay on the formation of nitrogen oxides, the temperature at the exit from the combustion chamber, the length of the torch and flame stabilization. The article presents a general analysis of the use of various devices in the stabilization of the flame. As a result of the experiments, it was found that an increase in the β angle leads to an increase in the temperature at the exit from the combustion chamber, an increase in the concentration of nitrogen oxides, and stabilization of the flame. Reducing the angle β leads to a decrease in the concentration of nitrogen oxides, at $\beta = 45^0$, to 16 ppm. Reduction to $\beta = 30^0$, reduces the concentration of nitrogen oxides to 7 ppm. The data confirm the exponential dependence of the concentration of nitrogen oxides on temperature. With an increase in temperature by 8%, it increases the concentration of nitrogen oxides by 128%. When β is increased to 60^0, the excess air coefficient α has a value of 9.5, with $\beta = 45^0$, $\alpha = 9$. Moreover, a significant increase in stabilization is noticeable when the angle changes from 30^0 to 45^0. The optimal angle β is 45^0 in view of good flame stabilization and relatively low concentrations of nitrogen oxides.

Keywords: excess air ratio, temperature, nitrogen oxides, turbine profiles

Обеспечение стабильного горения при различных избытках воздуха является одной из важных проблем камер сгорания газотурбинных установок. Стабилизация пламени обеспечивается различными способами, к ним относятся закрутка топлива в горелочном устройстве, создание рециркуляционной зоны за плохообтекаемыми телами, комбинация двух способов. Особый интерес для авторов представляет изучение стабилизации при микрофакельном горении топлива. На рис. 1 представлены направления разработок микрофакельного горения.

Принцип работы микрофакельных устройств заключается в распределении факелов по площади на более мелкие. Такой принцип обеспечивает высокую степень сжигания топлива, хорошую стабилизацию при тех же средних температурах в зоне горения жаровой трубы. Устройства на базе плохообтекамых тел имеют высокий потенциал ввиду малых гидравлических сопротивлений.

Наибольшую популярность получили плохообтекаемые тела в виде уголковых стабилизаторов, ввиду того, что они являются хорошими стабилизаторами, с одной стороны, и обеспечивают относительно небольшие потери давления, с другой стороны. Изучению плохообтекаемых тел посвятили свои работы многие авторы [1]. Эксперименты показали, что уголковые стабилизаторы имеют ряд преимуществ:

– простота изготовления;

Рис. 1. Основные направления разработки микрофакельных устройств

– горение по показателям близким к кинетическому;

– высокие стабилизационные характеристики при достаточно высоких показателях горения.

Одним из принципов микрофакельного сжигания считается использование горелок без разделения воздуха на первичный и вторичный. В таких случаях удается снизить размеры камер сгорания, снизить концентрации оксидов азота и обеспечить высокую полноту сгорания. Камеры сгорания с уголковыми стабилизаторами относятся к таким способам.

Изучению процессов горения за плохообтекаемыми телами посвящено достаточно много работ [2]. В работе [3] приведены результаты влияния угла раскрытия уголков и числа Маха на процессы стабилизации пламени. Было показано, что увеличением угла до 90 градусов при относительно малых числах Маха достигается минимальные значения срыва. Снижение скорости подачи топлива, соответственно снижение интенсивности турбулентности, увеличение размеров стабилизатора приводят к улучшению стабилизационных характеристик пламени.

Айву Фан и др. [3, 4] провели глубокое изучение процессов горения, стабилизации, теплообмена за плохообтекаемыми телами. Влияние различных типов стабилизаторов, а также различные варианты ввода топлива, расположения уголков, установки пламенных перемычек [5] показали, что уголковые стабилизаторы имеют широкий диапазон. Экспериментальные работы показали, что с увеличением концентрации топлива предел срыва увеличивается. А температура газов сначала увеличивается, а затем снижается.

Эксперименты по изучению влияния вихрей [6] на процесс стабилизации показали, что увеличение закрутки увеличивает тепломассообмен в застабилизаторной зоне. Изучение процессов срыва [7] показало, что при бедном срыве, свежая смесь реагирующих веществ входит в рециркуляционную зону, при этом само пламя сильно расчленяется (фрагментируется) и часть пламени находится на краю плохообтекаемого тела. Похожие результаты были получены при исследовании срыва за стабилизатором предварительно перемешанного топлива [8, 9]. При приближении к границам срыва форма пламени изменялась, а также изменялась форма концевого участка пламени.

Цель исследования: влияние угла β между профилем и накладкой на процессы стабилизации пламени, концентрации оксидов азота, длину факела и температуры на выходе из камеры сгорания. На рис. 2 представлен общий вид профиля.

Рис. 2. Общий вид профиля

Материалы и методы исследования

Методом исследования являются эксперименты на камере сгорания. Схема камеры сгорания представлена на рис. 3. Общая длина камеры сгорания 900 мм. Длина камеры сгорания 150 мм. Общий вид профилей представлен на рис. 3. Профили установлены симметрично относительно оси камеры сгорания и расстояние между соплом и профилем равно 30 мм. Часть между вентилятором и зоной горения сделана из цельного металла, в котором расположены трубки диаметром 16 мм, для обеспечения равномерного потока воздуха. Зона горения сделана из кварцевой трубы, которая выдерживает высокие температуры.

Экспериментальная установка представлена на рис. 3. Пропан находится в баллонах. Давление и расход регулируется клапаном, манометром и клапаном для снижения давления. Расход топлива контролировался электрическим расходометром, с точностью 1 % по всему диапазону измерений.

Так как в эксперименте изучалось неперемешанное (диффузионное горение), перемешивание топлива с воздухом осуществлялось непосредственно в зоне горения. Для поджога топлива использовалось искровое зажигание, установленное непосредственно за профилями. На выходе из камеры сгорания были установлены радиально термопары с диаметрами 0,5 мм (хромель-алюмель) для проведения замеров температуры. Параметры уходящих газов замерялись стационарным газоанализатором с погрешностью 5 % по всему диапазону измерений. Для снимков использовалась цифровая фотокамера с высоким разрешением.

При эксперименте исследовалось влияние угла между профилем и накладкой на процессы стабилизации, образования токсичных веществ. Пламя зажигалось при отсутствии подачи воздуха, при минимальном расходе топлива, равном 0,0025 кг/с, затем постепенно включался вентилятор, в котором увеличивалась скорость с шагом в 1 м/с. По достижении необходимой скорости от 2 до 10 м/с выставлялся максимальный расход топлива, равный 0,0075 кг/с. После этого расход топлива снижался с шагом в 0,0005 кг/с, для определения бедного срыва.

При замерах оксидов азота, в начале выставлялось расстояние между уголками, как показано на рис. 3. Пламя зажигалось при отсутствии подачи воздуха, при минимальном расходе топлива, равном 0,0025 кг/с, затем постепенно включался вентилятор, в котором увеличивалась скорость с шагом в 1 м/с. По достижении необходимой скорости от 2 до 10 м/с выставлялся максимальный расход топлива, равный 0,0075 кг/с.

Коэффициент избытка воздуха рассчитывался по формуле

$$\alpha = \frac{L_ф}{L_0}, \qquad (*)$$

где Lф – фактическое количество воздуха, подаваемого в камеру сгорания, Lф – теоретические необходимое количество воздуха для полного сжигания пропана.

Результаты исследования и их обсуждение

В данной главе представлены результаты экспериментального исследования. Температура уходящих газов. На рис. 4 представлены зависимости температур на выходе из камеры сгорания в зависимости от угла между накладкой и спинкой турбинного профиля. Как видно из рисунка, максимальная температура на выходе из камеры сгорания достигается при $\beta = 60^0$, ввиду того, что поперечная площадь профиля создает более развитую зону рециркуляции, в которую засасывается большое количество воздуха с топливом. Более эффективное смешение топлива с воздухом обеспечивает его выгорание и высокую температуру.

На рис. 5 представлены аналогичная зависимость температуры от угла, но в области за рециркуляционной зоной. Данные температуры подтверждают анализ, приведенный по рис. 4. Более развитая рециркуляционная зона обеспечивает «концентрацию» высокой температуры в ней и обеспечивает эффективное сжигание топлива. При углах 45 и 30 пламя за профилем имеет более низкие температуры.

Рис. 3. Схема камеры сгорания и точек замеров

Рис. 4. Зависимость температуры на выходе из камеры сгорания от угла β^0

Рис. 5. Зависимость температуры у профиля от угла β^0

На рис. 6 представлена зависимость длины факела от угла β^0. Данные показывают, что чем развитее зоны обратных токов (рециркуляции) тем, короче факел. Это происходит из-за более сильного втягивания топливно-воздушной смеси в рециркуляционную зону, обеспечивая тем самым сжигание большей части топлива в ней. Часть недогоревшего топлива сжигается в «хвосте» факела. Создание более сильного сопротивления снижает концентрацию топлива за профилем лопатки, тем самым снижая видимую длину факела. Данное заключение подтверждается фотоснимком факелов, представленных на рисунке

На рис. 7 – зависимость коэффициента избытка воздуха α при «бедном» срыве от угла β^0. Как известно важным параметров всех горелочных устройств и камер сгорания является надежность работы при различных нагрузках. Определяющим фактором является стабилизация пламени при различных значениях избытка воздуха α. В эксперименте изучались лишь «бедные» концентрации ($\alpha > 1$), при которых топлива меньше, чем воздуха, необходимого для го-

рения. Коэффициент избытка воздуха рассчитывался по формуле (*).

На рис. 7 представлена зависимость коэффициента избытка воздуха при «бедном» срыве от угла β^0. Чем выше α, тем лучше стабилизационные характеристики пламени. Увеличение поперечной площади занимаемой турбинным профилем за счет увеличения угла β^0 приводит к увеличению рециркуляционной зоны. За счет повышения температуры за профилем повышается эффективность поджога свежей топливно-воздушной смеси, что положительно отражается на стабилизации пламени.

При увеличении β до 60^0 коэффициента избытка воздуха α имеется значение 9,5, при $\beta = 45^0$, $\alpha = 9$. Причем значительный рост стабилизации заметен при изменении угла с 30^0 до 45^0. Многочисленные исследования уголковых стабилизаторов подтверждают результаты измерений.

Рис. 6. Зависимость длины видимого факела от угла β^0

Рис. 7. Зависимость коэффициента избытка воздуха α при «бедном» срыве от угла β^0

Другим важным показателем являются выбросы токсичных веществ. Наиболее токсичные из них – это оксиды азота и монооксид углерода. Монооксид углерода не рассматривался при исследованиях ввиду того, что они образуются в основном за счет большого недожога топлива. Предыдущие исследования показывают, что монооксид углерода при использовании плохообтекаемых тел имеет очень малые значения.

С другой стороны, образование оксидов азота имеет сложный характер, ввиду зависимости от нескольких параметров: температура в зоне горения, время нахождения газов в зоне горения и эффективность смешения топлива с воздухом.

Полученные результаты подтверждают теорию образования оксидов азота. При увеличении угла β до 600, концентрация оксидов азота растет за счет увеличения температуры в зоне горения (рис. 4, 5) и за счет увеличения времени нахождения газов в зоне горения за счет развитой зоны рециркуляции.

Снижение же угла приводит к снижению концентрации оксидов азота, при $\beta = 45^0$, до 16 ppm. Снижение $\beta = 30^0$ снижает концентрацию оксидов азота до 7 ppm. Данные подтверждают экспоненциальную зависимость концентрации оксидов азота от температуры. При росте температуры на 8 % повышается концентрация оксидов азота на 128 %.

Рис. 8. Концентрация NOx от угла β^0

a – $\beta = 30^0$, b – $\beta = 45^0$, c – $\beta = 60^0$

Рис. 9. Фотоснимки факелов за профилями турбинных лопаток

Фотоснимки факелов

На рис. 9 представлены фотоснимки факелов за профилями лопаток при различных углах β. Как видно из рис. 9, увеличение угла β приводит к значительному сокращению длины факела, а также к незначительному снижению светимости. Светимость факела в значительной степени зависит от нехватки воздуха и образованию частиц сажи, горение которых сопровождается желтым цветом. Увеличение поперечной площади уголка приводит к увеличению пламени синего цвета, что говорит о горении при значениях α близких или равных стехиометрии. Видно, что зона рециркуляции, образующаяся при увеличении угла β, увеличиваются обратные токи, за профилем лопатки, что подтверждается предыдущими рисунками (температуры, оксиды азота). С точки зрения оптимизации процесса горения, учитывая температуры, стабилизацию и концентрации оксидов азота, наиболее оптимальным являются профили с углом $\beta = 45^0$.

Заключение

Проведенные эксперименты показывают, что турбинные профили являются перспективными для создания камер сгорания на базе хорошообтекаемых тел. Применение регулируемых накладок будет повышать эффективность при различных режимах работы газотурбинной установки. Показано, что увеличение угла β приводит к значительному сокращению длины факела, а также к незначительному снижению светимости, а также повышению температуры в зоне горения и образованию токсичных веществ. С точки зрения оптимизации наиболее рациональным выглядит применение турбинных профилей с $\beta = 45^0$. Проведенные эксперименты показывают, что необходим компромисс между стабилизацией и оксидами азота, ввиду того, что максимальная стабилизация достигается при режимах максимальных концентраций оксидов азота.

Список литературы

1. Лефевр А.Х. Процессы в камерах сгорания. М.: Мир, 1986. 566 с.

2. Aiwu Fan, Jianlong Wan, Yi Liu, Boming Pi, Hong Yao, Wei Liu. Effect of bluff body shape on the blow-off limit of hydrogen/air flame in a planar micro-combustor. Applied Thermal Engineering. 2014. Vol. 62.5. P. 13–19.

3. Aiwu Fan, Jianlong Wan, Kaoru Maruta, Hong Yao, Wei Liu. Interactions between heat transfer, flow field and flame stabilization in a micro-combustor with a bluff body. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. Vol. 66. P. 72–79.

4. Jianlong Wan, Aiwu Fan, Kaoru Maruta, Hong Yao, Wei Liu. Experimental and numerical investigation on combustion characteristics of premixed hydrogen/air flame in a micro-combustor with a bluff body. International journal of hydrogen energy. 2012. Vol. 37. P. 19190–19197.

5. Michaels Dan. The impact of reactants composition and temperature on the flow structure in a wake stabilized laminar lean premixed CH_4/H_2/air flames, mechanism and scaling. Combustion and Flame. 2017. Vol. 176. P. 151–161.

6. Yunfei Yan. Numerical investigation on combustion characteristics of methane/air in a micro-combustor with a regular triangular pyramid bluff body. International journal of hydrogen energy. 2018. Vol. 43. P. 7581–7590.

7. Yiheng Tong. Effects of the position of a bluff-body on the diffusion flames: A combined experimental and numerical study. Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 131. P. 507–521.

8. Умышев Д.Р., Достияров А.М., Туманов М.Е., Тютебаева Г.М., Результаты исследования уголковых стабилизаторов для камер сгорания // Advances in Science and Technology: Сборник материалов 8-ой международной научно – практической конференции. М., 2017. С. 159–160.

9. Umyshev Dias, Dostiyarov Abay, Tumanov Musagul, Quiwang Wang. Experimental investigation of v-gutter flameholders. Thermal Science. 2017. Vol. 21.2. P. 1011–1019.

УДК 621.31

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В РАМКАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО КРУЖКА «ЭНЕРГОАУДИТОР»

Семёнов А.С.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Политехнический институт (филиал), Мирный, e-mail: sash-alex@yandex.ru

Данная статья посвящена исследованиям, проводимым в рамках деятельности студенческого научного кружка «Энергоаудитор». Автором (руководителем студенческого научного кружка) были проанализированы результаты измерений, проделанные членами студенческого научного кружка во второй половине 2018 г. во время прохождения производственной практики и научно-исследовательской работы. Исследованию подлежали значения электромагнитных и электростатических полей; освещенность в учебных помещениях; нагрев коммутационной аппаратуры учебного корпуса; показатели качества электрической энергии учебно-лабораторного корпуса. Представлен список основных членов кружка, занимающихся научными исследованиями и их публикации. Сформулирована цель исследования и выбраны объекты. Подробно описаны методы и средства исследования, включающие в себя современные измерители и анализаторы для проведения энергоаудита. Для всех видов измерений приведены государственные стандарты, нормы и правила, регламентирующие методику и анализ результатов измерения. В результате проделанной работы было выявлено следующее: в исследуемых зонах уровни электростатического и электромагнитного полей не превышают норму; выявлены проблемы с естественным освещением в некоторых учебных кабинетах; температура нагрева коммутационной аппаратуры не превышает критичных для оборудования значений; выявлено соответствие качества электрической энергии учебно-лабораторного корпуса необходимым требованиям. Сделаны заключения о целесообразности продолжения деятельности студенческого научного кружка «Энергоаудитор» и поставлены новые направления научных исследований.

Ключевые слова: студенческий научный кружок, измерения, энергоаудит, освещенность, коммутационная аппаратура, тепловизор, контроль качества электроэнергии, электробезопасность

ANALYSIS OF THE RESULTS OF ELECTROMAGNETIC, THERMAL AND OPTICAL MEASUREMENTS IN THE FRAMEWORK OF THE ACTIVITIES OF THE STUDENT SCIENTIFIC CIRCLE «ENERGY AUDITOR»

Semenov A.S.

Polytechnic Institute (branch) North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Mirny, e-mail: sash-alex@yandex.ru

This article is devoted to research conducted in the framework of the activities of the student scientific circle «Energy Auditor». The author (the head of the student scientific circle) analyzed the results of measurements performed by members of the student scientific circle in the second half of 2018 during the internship and research work. Values of electromagnetic and electrostatic fields were studied; illumination in educational premises; heating switching equipment of the educational building; indicators of the quality of electrical energy of the educational and laboratory building. A list of the main members of the group engaged in scientific research and their publication. Formulated the purpose of the study and selected objects. The methods and means of research are described in detail, including modern gauges and analyzers for energy audit. For all types of measurements are given the rules, norms and rules governing the methodology and analysis of measurement results. As a result of the work done, the following was revealed: in the studied zones, the levels of electrostatic and electromagnetic fields do not exceed the norm; identified problems with natural light in some classrooms; heating temperature of switching equipment does not exceed critical for equipment values; The quality of electricity in the teaching and laboratory building fully complies with the requirements. Conclusions were made about the feasibility of continuing the activities of the student energy group «Energy Auditor» and new research directions were put.

Keywords: student scientific circle, measurements, energy audit, illumination, switching equipment, thermal imager, power quality control, electrical safety

Студенческий научный кружок (СНК) «Энергоаудитор» был создан на базе кафедры «Электроснабжение и электромеханика» Политехнического института (филиала) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова в г. Мирном в 2010 г., но свою активную работу (научную и публикационную) он начал с 2016 г. Это связано как с появлением нового научно-исследовательского оборудования на кафедре и переездом в новый учебно-лабораторный корпус, так и с реализацией государственной поддержки талантливой молодежи [1], возможностью получения повышенных государственных академических стипендий по видам деятельности и очного участия во всероссийских и международных научных мероприятиях.

В настоящее время членами СНК «Энергоаудитор» являются не только студенты вуза, но и школьники, студенты ссуза, аспиранты, молодые специалисты сторонних организаций. Председателем СНК является Г.А. Матул, зав. лаб. электроснабжения и электробезопасности кафедры ЭиАПП МПТИ (ф) СВФУ. Костяк СНК состоит из студентов 3 курса направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» А.А. Горшунова, С.В. Кузьменко, Е.И. Сергеева, а также молодых специалистов Бондарева В.А., инженера-программиста МАП «АК «АЛРОСА» (ПАО), С.А. Заголило, преподавателя КСК АК «АЛРОСА» (ПАО), Я.С. Харитонова, начальника участка СТ «Алмазавтоматика» АК «АЛРОСА» (ПАО). Список самых значимых публикаций членов СНК за 2017–2018 гг. приведен в [2–4].

В настоящей статье будут проанализированы результаты электромагнитных, теплофизических и оптических измерений, проведенных членами СНК «Энергоаудитор» в период прохождения производственной практики и научно-исследовательской работы во второй половине 2018 г. Измерениям подлежали уровни электромагнитных и электростатических излучений от электроприборов в лабораториях и в районах ЛЭП 110–220 кВ; показатели освещенности в учебных помещениях при естественном, искусственном и комбинированном освещении; показатели температурных норм, а именно нагрева коммутационных аппаратов в распред. щитах; показатели качества электрической энергии в учебно-лабораторном корпусе. Целью исследования является выявление соответствия либо отклонений от норм действующих ГОСТов, СНиПов, ПБЭУ и т.д.

Материалы и методы исследования

В качестве основной методики исследования применялся инструментальный контроль. Анализ результатов осуществлялся либо с помощью входящих в комплект измерителей программного обеспечения, либо с помощью пакетов прикладных программ LabVIEW, MathCAD, MatLab [5]. Для измерения использовались следующие приборы и анализаторы: МЕГЕОН-07100 – измеритель уровня электромагнитного фона; ЭСПИ-301 – измеритель напряженности электростатического поля; ПИТОН-102 – инфракрасный пирометр; VOLTCRAFT VC-4in1 – универсальный многофункциональный измерительный прибор освещенности (люксметр), уровня шума (шумомер), термометр, гигрометр; SAT-G90-5 – тепловизор; ELSPEC G-4400 – анализатор показателей качества электроэнергии. Все приборы, для которых таковое предусмотрено, имеют свидетельства о прохождении поверки и занесены в государственный реестр средств измерения. Фактический вид измерителей и анализаторов приведен на рис. 1.

Рис. 1. Внешний вид используемых приборов

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования электромагнитных и электростатических полей

Электромагнитные воздействия на человека в настоящее время уже не редкость. Развитие инфраструктуры и современные технологии стали источником такой проблемы, как опасное биологическое воздействие электростатического и электромагнитного поля. В результате исследований выявлено, что максимальный ток, индуцируемый электростатическим полем, намного выше, чем ток, создаваемый электромагнитным полем. Проявление вредного воздействия магнитного поля возникает на расстоянии 1–1,5 м от проводов фазы линии электропередачи (ЛЭП) при напряженности близкой к 200 А/м, что бывает крайне редко. Поэтому именно электростатическое поле является главным действенным фактором протяженной ЛЭП.

В зависимости от продолжительности пребывания человека в электростатическом поле высоковольтных ЛЭП могут использоваться следующие нормативы [6]. Напряженность поля в кВ/м при допустимом времени пребывания в течение 8-часового рабочего дня приведена в табл. 1.

Таблица 1

Допустимое время пребывания

Напряженность, кВ/м	5	10	15	20–25	25
Время, ч	8	3	1,3	0,15	0

Согласно стандартной методике для измерения полей, которая предусматривает измерения на высоте 1,8 м от уровня земли, были проведены исследования напряженности электрического и магнитного полей по фасаду исследуемых зданий. Исследованиям подвергались здания, находящиеся возле размещения ЛЭП разных уровней напряжения (110–220 кВ). Используемый измеритель отображает среднеквадратическое значение напряженности электрического и электромагнитного полей промышленной частоты (50 Гц) (табл. 2).

Таблица 2

Напряженность полей

Напряженность ЭСП, В/м	1200	1700	1800	4000	5000	6000
Напряженность ЭМП, мкТл	0,011	0,034	0,055	0,062	0,369	0,638

В результате проведенных исследований получены зависимости, позволяющие определить величины напряженностей электрического и электромагнитного полей разного уровня напряжения ЛЭП при различных расстояниях. Во время исследований получены данные об электромагнитном воздействии на территории г. Мирный, из которых следует, что на высоте 1,8 м по фасадам зданий в местах провисания проводов вблизи жилых зон уровни электростатического и электромагнитного полей не превышают норму.

Исследования освещенности

При помощи органов зрения люди поглощают до 80% всей получаемой информации об окружающем мире. За счет света обеспечивается биоритм организма человека, ускоряются обменные функции и оказывается положительное влияние на эмоции. В свою очередь световое голодание может привести к уменьшению устойчивости организма вредным факторам, ухудшению дыхательных функций и ослаблению нервной системы. Также свет является важным фактором, оказывающим сильное воздействие на психику человека [7]. Корректно выбранное освещение может уменьшить количество случаев травматизма и повысить производительность труда вплоть до 15%. Соответственно, неправильно подобранное освещение может стать причиной различных заболеваний, таких как зрительное утомление, близорукость, аккомодация, спазм и др. [8].

В связи с вышеизложенным были проведены исследования освещённости учебных аудиторий на предмет соответствия нормам в учебно-лабораторном корпусе Политехнического института (филиала) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. В каждом кабинете были проведены замеры освещенности рабочего места студентов при помощи люксметра. Согласно методическим указаниям измерения проводились следующим образом:

1. Определение значения темнового сигнала E_{TC}.

2. Фиксирование данных освещенности в помещениях $E_{ИЗМi}$.

3. Определение значения истинной освещенности по формуле: $E_{ИСТi} = E_{ИЗМi} - E_{TC}$.

4. Для нахождения коэффициента естественной освещенности (КЕО) замерили естественное освещение на улице $E_{НАР}$.

5. Нашли коэффициент освещенности по формуле $E = E_{ВНi} / E_{НАР} * 100\%$.

Согласно нормам и требованиям, описанным в [9], искусственное освещение при общем освещении должно превышать 0,4 кЛк, в то же время КЕО естественного освещения (при боковом освещении) не должен превышать 1,2%, а КЕО при комбинированном освещении не должен быть более 2,1%. Приведем анализ результатов измерений тех учебных помещений, где были выявлены несоответствия требованиям СНиП (рис. 2 и 3).

В результате анализа измерений были выявлены проблемы с естественным освещением в учебно-лабораторных кабинетах № 203, 204, 207, 211, 403, 407 и 411. Это может быть связано с тем, что из-за особенностей архитектуры учебно-лабораторного корпуса, данные помещения не получают достаточно солнечного света, поэтому рекомендуется использовать комбинированное освещение [10].

Исследования нагрева коммутационной аппаратуры

При проектировании схем электроснабжения особое внимание уделяют коммутационной и пускозащитной аппаратуре. Автоматические выключатели предназначены для оперативного включения и отключения низковольтных электрических сетей, а также для их защиты от короткого замыкания и перегруза. В отличие от плавких предохранителей автоматические выключатели имеют более точный ток отключения и могут быть использованы многократно. Во время работы электрооборудования возникают потери, которые преобразуются в теплоту, повышая температуру контактов и проводников. Повышенный нагрев ведет к преждевременной поломке оборудования.

При нагреве объекты выделяют свет в инфракрасном диапазоне, поэтому при помощи тепловизора можно производить тепловизионный контроль электрооборудования и обследование любой электроустановки без опасного прикосновения к токоведущим частям [11].

Рис. 2. Результаты измерения освещенности второго этажа

Рис. 3. Результаты измерения освещенности четвертого этажа

На рынке существует много разных конструкций автоматических выключателей (АВ) как для цепей переменного тока, так и для цепей постоянного тока. С недавнего времени широкое распространение приобрели малогабаритные автоматы, предназначенные для защиты от коротких замыканий и токовых перегрузок на токи до 50 А и напряжением 380 В. В таких выключателях основным защитным средством являются биметаллические или электромагнитные элементы, которые срабатывают в результате нагревания при определенной задержке времени. АВ с присутствием электромагнитных элементов обладают очень большим быстродействием. Этот фактор очень важен при коротких замыканиях. Во время протекания номинального тока система работает нормально. Как только ток начинает превышать некое установленное допустимое значение, последовательно включенный в цепь электромагнитный элемент преодолевает усилие сдерживающей пружины и втягивает якорь, после чего, провернувшись через ось, защелка освобождает рычаг. Тогда отключающая пружина размыкает силовой контакт. Такой автомат повторно включается вручную [12].

Исследования проводились тепловизором с расстояния 1 м. Солнечный свет при этом не должен попадать на исследуемый объект, а замер температуры следует производить при выключенном свете. Исследование оборудования производилось с помощью режима FULL IR, при котором участки с разными температурами выделяются разными оттенками. Результаты измерения в виде инфракрасных снимков представлены на рис. 4, а анализ численных результатов измерения сведен в табл. 3.

В ходе исследования коммутационной аппаратуры не было выявлено критичных для оборудования температур в щитах на всех этажах учебно-лабораторного корпуса, что свидетельствует о правильном выборе и качественном монтаже электрооборудования.

Исследования показателей качества электрической энергии

Качество электрической энергии характеризуют термином «электромагнитная совместимость» (ЭМС), под которым понимают способность электрического приёмника нормально функционировать в его электромагнитной среде (в электрической сети, к которой он присоединен), не создавая недопустимых электромагнитных помех для других электрических приёмников, функционирующих в той же среде [13, 14].

Рис. 4. Инфракрасные снимки коммутационных аппаратов

Таблица 3

Результаты исследования коммутационной аппаратуры, °C

№ АВ / № ЩС	QF1	QF2	QF3	QF4	QF5	QF6	QF7	QF8
ЩС-1	48,1	43,4	44,6	39,8	38,1	38,4	38,4	38,3
ЩС-2	40,0	38,1	42,2	40,8	39,1	38,3	38,5	38,2
ЩС-3	38,7	38,8	38,2	38,3	38,7	38,4	38,4	38,3
ЩС-4	40,6	39,8	41,2	40,1	39,9	38,8	39,1	38,8
ЩС-5	38,1	38,3	39,0	39,4	38,7	38,7	38,6	38,2
ЩС-6	40,6	38,9	42,1	40,4	39,7	39,9	38,5	38,2
ЩС-7	40,1	38,3	40,6	39,8	38,1	38,2	38,1	38,1
ЩС-8	38,1	38,4	39,0	38,7	39,1	38,5	38,3	38,6
ЩС-9	40,1	40,4	39,6	39,8	40,1	39,8	39,7	39,8
ЩС-10	41,3	39,1	41,6	40,3	39,7	39,7	38,9	39,6

Показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц устанавливает ГОСТ 32144-2013 [15]. Согласно ему нормируются следующие показатели КЭ: отклонение частоты; медленные изменения напряжения; колебания напряжения и фликер; несинусоидальность напряжения; несимметрия напряжений в трехфазных системах; напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям; прерывания напряжения; провалы напряжения и перенапряжения; импульсные напряжения.

Фактический вид анализатора и его подключения к ноутбуку посредством LAN приведен на рис. 5.

Методика исследования заключается в инструментальном контроле показателей качества электроэнергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013 в течение 7 суток с 10-минутным интервалом. Детальному исследованию и анализу подлежат уровни напряжений и их отклонения, а также коэффициенты гармонических составляющих напряжения. Контроль проводился с помощью анализатора качества электрической энер-

гии типа Elspec G4410 BlackBox на вводном электрическом щите одной из лабораторий.

После анализа результатов контроля качества электроэнергии можно заключить, что в целом соответствие качества электроэнергии выполняется. Показатели, характеризующие продолжительные изменения напряжения, полностью соответствуют требованиям ГОСТ 32144-2013. Показатели, характеризующие случайные события, несмотря на ряд провалов напряжения, также соответствуют требованиям, так как время несоответствия за весь период измерений составляет 1,9 % при допустимых 5 % (рис. 6).

Рис. 5. Анализатор качества электрической энергии в работе

	Состояние / Частично	Наблюдение	Окно / Интервал	Время соотв / Время несоотв	Время неизв	Всего записей
Частота Напряжения	OK / OK	Полно	1 week / 10 sec	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Флуктуации Напряжения	OK / OK	Полно	1 week / 10 min	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Быстрые Перепады Напряжения	OK / OK	Полно	1 week / 3 sec	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Падения Энергоснабжения	OK / OK	Полно	1 week / 10 ms	98.100 % / 1.9005 %	0.0000 %	2
Короткие Перебои	OK / OK	Полно	1 week / 10 ms	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Долгие Перебои	OK / OK	Полно	1 week / 10 ms	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Временное Перенапряжение	OK / OK	Полно	1 week / 10 ms	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Фликер Напряжения	OK / OK	Полно	1 week / 10 min	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Гармоники Напряжения	OK / OK	Полно	1 week / 10 min	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0
Не Сбалансированные Напряжения	OK / OK	Полно	1 week / 10 min	100.000 % / 0.0000 %	0.0000 %	0

Рис. 6. Детали данных при контроле качества электроэнергии

Завершая анализ, можно отметить, что качество электрической энергии учебно-лабораторного корпуса соответствует ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ).

Заключение

В ходе проделанной работы были проанализированы результаты деятельности членов студенческого научного кружка «Энергоаудитор», а именно: исследованы значения электромагнитных и электростатических полей; исследована освещенность в учебных помещениях; исследован нагрев коммутационной аппаратуры учебного корпуса; исследованы показатели качества электрической энергии учебно-лабораторного корпуса. Анализ дал следующие результаты: в исследуемых зонах уровни электростатического и электромагнитного полей не превышают норму; выявлены проблемы с естественным освещением в некоторых учебных кабинетах; температура нагрева коммутационной аппаратуры не превышает критичных для оборудования значений; качество электроэнергии в учебно-лабораторном корпусе полностью соответствует требованиям ГОСТ 32144-2013. Дальнейшие исследования и анализ их результатов в рамках деятельности СНК «Энергоаудитор» будут продолжены в направлениях электробезопасности (контроль сопротивления изоляции), неразрушающего контроля (проверка конструкций и сооружений на трещиноватость) и контроля качества электроэнергии на промышленных предприятиях.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 6 апреля 2006 года № 325 «О мерах государственной поддержки талантливой молодежи» (в ред. Указов Президента РФ от 29.02.2008 № 283, от 09.11.2010 № 1413, от 25.06.2012 № 892, от 25.07.2014 № 530), 2006. [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/6198652/ (дата обращения: 14.04.2019).

2. Semenov A.S., Khubieva V.M., Kharitonov Y.S. Mathematical Modeling of Static and Dynamic Modes DC Motors in Software Package MATLAB. International Russian Automation Conference (RusAutoCon). 2018. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501666.

3. Матул Г.А., Семёнов А.С. Анализ аппаратных и программных решений в программируемых логических контроллерах ведущих мировых производителей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 7. С. 32–36. DOI: 10.17513/mjpfi.12325.

4. Семёнов А.С., Бондарев В.А., Заголило С.А. Контроль качества электроэнергии и анализ полученных результатов при измерении напряжения // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–1. С. 86–92. DOI: 10.17513/fr.41709.

5. Семёнов А.С., Якушев И.А., Егоров А.Н. Математическое моделирование технических систем в среде MATLAB // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 8. С. 56–64. DOI: 10.17513/snt.36780.

6. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 23.02.1984 № 2971-84). [Электронный ресурс]. URL: https://legalacts.ru/doc/sanitarnye-normy-i-pravila-zashchity-naselenija-ot (дата обращения: 14.04.2019).

7. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике. М.: Знак, 2006. 972 с.

8. Щербаков С.Ю., Куденко В.Б., Аксеновский А.В., Криволапов И.П., Тимофеева В.С. Экспериментальные исследования освещенности и коэффициентов пульсации при использовании люминесцентных ламп и ламп накаливания. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2016. С. 106–110.

9. СНиП 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 6 апреля 2003 г.). [Электронный ресус]. URL: http://docs.cntd.ru/document/901859404 (дата обращения: 14.04.2019).

10. Заголило С.А. Анализ показателей освещенности в учебных помещениях // Студенческий научный форум 2016: материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции [Электронный ресурс]. URL: https://scienceforum.ru/2016/article/2016025685 (дата обращения: 14.04.2019).

11. Матул Г.А., Бебихов Ю.В. Роль тепловизионного обследования при планировании капитального ремонта зданий и сооружений // Геонауки: проблемы, достижения и перспективы развития: материалы Всероссийской молодёжной научно-практической конференции. 2018. С. 342–346.

12. Сибикин Ю.Д. Справочник электромонтажника: учебное пособие для учреждений нач. проф. образования. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2013. 416 с.

13. Тульский В.Н., Карташев И.И., Симуткин М.Г., Назиров Х.Б., Кузнецов Н.М. Управление качеством электроэнергии в электрических сетях // Горный журнал. 2012. № 12. С. 52–55.

14. Заголило С.А., Бондарев В.А. Анализ результатов измерений напряжения при контроле качества электроэнергии // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: сборник докладов VIII всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2017. С. 117–123.

15. ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. 16 с.

УДК 339:656(575.2+510)

К ВОПРОСУ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК МЕЖДУ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКОЙ И КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКОЙ

[1]Шатманов О.Т., [1]Эсеналиев Т.Б., [2]Молдалиев Э.Д.

[1]Киргизский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры имени Н. Исанова, Бишкек, e-mail: turdakun25@mail.ru;

[2]Нарынский государственный университет имени С. Нааматова, Нарын, e-mail: egem66@rambler.ru

Кыргызстан расположен в середине Евразийского континента, что делает его привлекательным для международных автоперевозчиков. Грузоперевозки по территории КР ежегодно растут, и этому способствует увеличение перевозок из Китая и в Китай. КНР стремится в овладению торговыми рынками Азии, Ближнего Востока, Европы путем строительства современных автомобильных дорог через данные регионы. Привлечение автоперевозчиков на свою территорию, организация транзитного движения непростая задача в условиях татальной конкуренции. Все хотят получить часть от того большого «пирога», которую предлагает китайская экономика. В статье излагается особенность международных автомобильных перевозок и результаты анализа грузовых потоков между Кыргызской Республикой и Китайской Народной Республикой. Установлены закономерности изменения объема грузовых перевозок между двумя странами в настоящее время осуществляемые по автомобильной дороге Бишкек – Нарын – Торугарт. Проведен анализ количества автотранспортных средств, участвующих в перевозках между двумя странами. Данная дорога является одним из двух основных международных коридоров КР, связывающих транзитные пути между западом и востоком. Улучшение условий перевозок является тем самым инструментом, способным привлечь международных перевозчиков. В работе изложены основные направления увеличения объема перевозок и улучшения инфраструктуры автомобильной дороги Бишкек – Нарын – Торугарт.

Ключевые слова: КР, КНР, грузовой автомобиль, объем перевозок, ООН, ЕАЭС, МДП, перевозчик, осевая нагрузка

TO THE QUESTION OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION BETWEEN THE KYRGYZ REPUBLIC AND THE CHINESE PEOPLE'S REPUBLIC

[1]Shatmanov O.T., [1]Esenaliev T.B., [2]Moldaliev E.D.

[1]Kirghiz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, Bishkek, e-mail: turdakun25@mail.ru;

[2]Naryn State University named after S. Naamatov, Naryn, e-mail: egem66@rambler.ru

Kyrgyzstan is located in the middle of the Eurasian continent, which makes it attractive for international road carriers. Cargo transportation through the territory of the Kyrgyz Republic is growing every year and this is facilitated by an increase in traffic from China to China. China seeks to master the trade markets of Asia, the Middle East, and Europe by building modern highways through these regions. Attracting truckers to their territory, the organization of transit traffic is not an easy task in terms of tatal competition. Everyone wants to get some of that big pie that the Chinese economy offers. The article describes the peculiarity of international road transport and the results of the analysis of cargo flows between the Kyrgyz Republic and the People's Republic of China. The regularities of changes in the volume of freight traffic are currently established between the two countries by the Bishkek-Naryn-Torugart highway. The analysis of the number of vehicles involved in transport between the two countries. This road is one of the 2 main international corridors of the Kyrgyz Republic connecting transit routes between the west and east. Improving the conditions of transport is thus a tool capable of attracting international carriers. The paper outlines the main directions for increasing the volume of traffic and improving the infrastructure of the Bishkek-Naryn-Torugart highway.

Keywords: KR, PRC, truck, traffic volume, UN, EAEU, TIR, carrier, axle load

В Кыргызстане, как горной стране, 97% из всех перевозок приходится на автомобильный транспорт, который, объединяя все отрасли, является важнейшей базой нашей экономики. Роль международных перевозок в нашей стране, как и в других странах, велика.

КР и КНР являются участниками целого ряда различных международных конвенций и договоров, в рамках которых были подписаны двусторонние соглашения, охватывающие все виды транспортного сообщения.

Как диктуют современные рыночные отношения, перед перевозчиками стоит задача своевременной доставки груза в назначенное место, установленное заказчиком.

Цель исследования: выявление закономерностей изменения объемов грузовых перевозок между КР и КНР, а также выявление пути увеличения объемов перевозок.

Материалы и методы исследования

Для оценки состояния грузовых автомобильных перевозок между КР и КНР проведено документальное исследование материалов Нарынского управления агентства автомобильного транспорта и весогабаритного контроля.

Как известно, одним из основных показателей характеризующие выполнения работы автомобильных перевозок, является объем перевозок.

Рис. 1. Общий объем перевозок за 2014–2018 гг.

Таблица 1

Доля в процентах пересечения границы автомобиля из разных регионов, %

№ п/п	Страны	Годы				
		2013	2014	2015	2016	2017
1	Автомобили КР	60,7	65,4	66,8	62,1	49
2	Автомобили СНГ	13,6	12,8	13,2	19,2	24,2
3	Автомобили дальнего зарубежья	2,8	3	2,6	2,5	4
4	Автомобили КНР	22,9	18,5	17,4	16,2	22,8

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ количества объема грузовых автомобильных перевозок показывает, что в 2015 и в 2017 гг. между КР и КНР наблюдается определенный спад объема перевозок, но по сравнению с 2014 г. в 2018 г. объем вырос на 22,6 % (рис. 1) [1].

В настоящее время историческая ветвь Великого Шелкового пути Бишкек – Нарын – Торугарт остается артерией транспортных потоков, где около 12–15 % перевозок осуществляется автомобилями большой грузоподъемности [1, 2].

Кыргызская Республика, с 2015 г. являясь полноправным членом Евразийского Экономического Союза, приняла программу развития Кыргызской Республики на период 2018–2022 гг. «Единство. Доверие. Созидание» [2].

Исследование Всемирного банка на 2016 г. показало, что Кыргызстан из 190 стран занял 75 место. Рейтинг выводился на основе анализа 10 критериев, в том числе и по показателю «торговля через границу», который характеризует уровень административных барьеров при проведении экспортно-импортных операций.

В последние годы наблюдается рост китайских автомобилей, что показывает постепенную адаптацию китайских перевозчиков к условиям перевозки через кыргызско-китайскую границу.

В табл. 1 и на рис. 2 приведены данные об автомобилях, которые пересекли границу из разных регионов в процентном соотношении. 71,8 % грузовых автомобилей, пересекающих границу КР, составляют кыргызские и китайские автомобили.

Как показано на рис. 3, между КР и КНР наблюдается рост количества транспортных средств (ТС), перевозящих грузы в 2018 г. на 25,3 % по сравнению с 2014 г. [3].

На рис. 4 приведены результаты распределения объема перевозок по месяцам года за последние 5 лет. Отсюда видно, что наибольшее количество объема перевозок приходится на апрель, сентябрь, достигая максимума в августе. Минимальный показатель приходится на февраль месяц. Это объясняется закрытием таможенного поста «Торугарт», связанного с проведением новогодних праздничных мероприятий в КНР с 28 января по 11 февраля.

Международные перевозки между КР и КНР осуществляют как кыргызские, так

и китайские перевозчики. Как показывает анализ, за последние 5 лет перевезено из КР в КНР 102490 т груза, из КНР в КР 2152118 т груза (рис. 5), всего составляет 2254608 т. Из них кыргызскими перевозчиками перевезено 1778361 т, китайскими перевозчиками 1295947 т груза (рис. 6). В процентном соотношении 57,8 % грузов перевезено кыргызскими перевозчиками, соответственно 42,2 % китайскими перевозчиками.

Рис. 2. Пересечения границы КР автомобилями из разных регионов, в %

Рис. 3. Количество ТС, перевозящих грузы между КР и КНР

Рис. 4. Распределение объема перевозок по месяцам за 2014–2018 гг.

Рис. 5. Распределение грузовых потоков по направлениям (КНР – КР, КР – КНР)

Рис. 6. Объем перевозок кыргызских и китайских перевозчиков за 2014–2018 гг.

Одной из проблем, существующих в Кыргызстане, является применение автоперевозчиками тяжеловесных транспортных средств. В КР действуют нормативы, по которым максимальная общая масса автомобилей не должна превышать 48,5 т для трехосных грузовых автомобилей с четырехосным прицепом [4]. Для трехосных осей прицепов или полуприцепов с двухскатными колесами, при расстояниях между осями от 1,8 м и более, сумма осевых масс не должна превышать 25,5 т. На практике нередко перевозчики применяют тяжелевесные машины для снижения себестоимости перевозок. Современные автотранспортные средства могут перевозить грузы до 100 т с осевой нагрузкой до 18 т (рис. 7) [5].

Перегруз является одной из основных причин преждевременного разрушения дорог в КР. По данным экспертов ущерб причиненный дороге перегрузом в 4 раза превышает ущерба от транспортных средств.

Как известно, 25 % нагрузки приходится на тягач, а 75 % приходится на полуприцеп. Нагрузку на задние оси прицепа можно рассчитать по формуле [6]

$$Q_3 = G_3(u - 1) + G_2(e - 1),$$

где $u = \frac{x_2}{x_3}$; $e = \frac{x_1}{x_3}$ – соотношения расстояний от места действия силы до центра тяжести.

Рис. 7. Большегрузный транспорт на трассе Бишкек – Торугарт

Одной из первостепенных задач, решение которой позволит нам быть конкурентоспособными на международном рынке, является активное вливание в систему международных дорожных перевозок (МДП).

Исходя из возможностей, вытекающих из членства Кыргызской Республики в ЕАЭС и перспектив возможного сопряжения ЕАЭС с китайским проектом «Экономический пояс Шелкового пути», востребованность кыргызских участков транспортных коридоров ЦАРЭС будет возрастать [7].

Анализ и исследование автомобилей нашей страны показывает, что в настоящее время их техническое состояние устарело, и часто приводит к определенным трудностям, из-за несоответствия принятым правилам ЕЭК ООН и директивам ЕС, они сутками простаивают на международных границах.

Поэтому нам следует улучшить состояние парка грузовых автомобилей в соответствии с международными конвенциями и соглашениям ЕЭК ООН.

Одним из критериев увеличения объема перевозок по автомобильной дороге Бишкек – Торугарт является улучшение его инфраструктуры, при этом инфраструктура дороги должна совершенствоваться комплексно. В комплекс мероприятий должны быть включены строительство станций технического обслуживания для грузовых автомобилей, строительство охраняемых стоянок, ограждение дороги в населенных пунктах, увеличение средней скорости перевозок, качественное текущее обслуживание дороги, обеспечение транзитного движения, обеспечение безопасности движения. Каждое из данных мероприятий содержит в себе ряд задач, от решения которых напрямую зависит международная значимость данной дороги.

Одним из негативных условий движения по данной дороге является наличие «лежачих полицейских» в местах, где дорога проходит по населенным пунктам. Это влияет на скорость доставки груза, техническое состояние автомобиля, на целостность груза. Вопросы обеспечения безопасности движения на международных трассах должны обеспечиваться иными методами. Международным перевозчикам должно быть комфортно и безопасно во время поездки, либо они выберут другие маршруты для доставки грузов.

Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

– установлено, что в настоящее время между КР и КНР объем грузовых перевозок с каждым годом набирает темпы роста и за последние 5 лет составляет 22,6 %;

– наибольшее количество грузовых потоков приходится на апрель, сентябрь, достигая максимума в августе;

– от общего объема перевозок между КР и КНР 57,8 % составляет кыргызские перевозчики, 42,2 % китайские перевозчики;

– с каждым годом парк АТС республики устаревает, что снижает конкурентоспособность наших перевозчиков в международном рынке транспортных услуг;

– необходимо уделять особое внимание созданию придорожного сервиса и логистических комплексов на пути транзитных транспортных коридоров в соответствии с международными требованиями.

Список литературы

1. Молдалиев Э.Д. Исследование закономерностей изменения транспортных потоков в горных дорогах // Транспорт, транспортные сооружения, экология. Пермский нацио-

нальный исследовательский политехнический университет. 2016. № 4. С. 114–127.

2. Справочник по конвенции МДП. Одиннадцатое пересмотренное издание. ООН, Нью-Йорк и Женева. 2018. 384 с.

3. Кыргызстан в цифрах. Бишкек: Национальный статкомитет Кыргызской Республики, 2018. 344 с.

4. Постановление Правительства Кыргызской Республики от 13 июля 2015 года № 481 О внесении изменений и дополнений в постановление «Об утверждении Порядка пропуска транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования Кыргызской Республики и взимания сборов за взвешивание и измерение общей массы, осевых нагрузок, размеров и других линейных параметров транспортных средств и Порядка пропуска и взимания сборов за проезд транспортных средств со специальным и неделимым грузом по автомобильным дорогам общего пользования Кыргызской Республики» от 8 августа 2011 года № 454 [Электронный ресурс]. URL: cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/97827 (дата обращения: 05.04.2019).

5. Седюкевич В.Н., Аземша С.А. Международные автомобильные перевозки грузов. Гомель, 2012. 200 с.

6. Шатманов О.Т., Эсеналиев Т.Б., Дуйшебаев С.С. Влияние нагрузки на автомобильные дороги в Кыргызской Республике // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. 2016. № 6. С. 63–68.

7. Лу Чунься. Проблемы сотрудничества экономических отношений Кыргызстана и Китая в рамках проекта «Экономический пояс великого шелкового пути» // Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 3. С. 27–31.

СТАТЬИ

УДК 536.24

ПОВЕРХНОСТНЫЙ И ОБЪЕМНЫЙ НАГРЕВ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА С ТЕМПЕРАТУРНО-ПЛОТНОСТНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ

Горбунов А.А., Емельянов В.М., Леднев А.К.

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, e-mail: icingsugar@mail.ru

На основе полного одномерного уравнения Навье – Стокса, уравнений сохранения массы, баланса энергии и уравнения состояния Ван-дер-Ваальса исследуется процесс теплопереноса в замкнутом объеме неоднородного по температуре и плотности сверхкритического флюида (СКФ) в условиях невесомости. Расчеты проводились при различных значениях параметров среды, близких к критическим, для случая подвода или отвода тепла на границе и подвода тепла внутри объема. При подводе тепла от границы к среде со ступенчатой неоднородностью получено, что с приближением к критической точке по температуре характерное время «поршневого эффекта» $\tau_{ПЭ}$, существенно растет по сравнению с однородным случаем. При этом чем больше температурно-плотностная неоднородность и чем ближе критическая температура, тем существеннее увеличение времени «поршневого эффекта». Кроме того, подвод тепла на границе области повышенной температуры приводит к усилению, а отвод тепла – к ослаблению начальной ступенчатой температурно-плотностной неоднородности. Объемный подвод тепла в области повышенной температуры приводит к усилению температурно-плотностной неоднородности, причем эффективность нагрева увеличивается с ростом начальной неоднородности. Для выяснения механизма обнаруженных особенностей нагрева при подводе тепла с границы или объемном подводе тепла в неоднородном сверхкритическом флюиде необходимо проведение детального исследования процесса распространения и взаимодействия генерируемых при этом волн давления, температуры и плотности.

Ключевые слова: критическая термодинамическая точка, теплоперенос, «поршневой эффект», температурно-плотностная неоднородность, невесомость

BOUNDARY AND BULK HEATING OF INHOMOGENEOUS SUPERCRITICAL FLUID UNDER WEIGHTLESSNESS

Gorbunov A.A., Emelyanov V.M., Lednev A.K.

Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: icingsugar@mail.ru

The heat transfer process caused by boundary and bulk heating of temperature-density inhomogeneous supercritical fluid (SCF) under weightlessness is studied numerically. The calculations are carried out with the use of 1D equations of Navier-Stokes, mass conservation, energy balance, and van der Waals equation of state. The characteristic time of «piston effect» in inhomogeneous SCF significantly increases in comparison with the homogeneous case. The larger temperature-density inhomogeneity and the closer the critical point, the longer time of «piston effect». The heating of the fluid from the boundary causes the temperature-density inhomogeneity to be stronger, whereas the cooling leads to the weakening of the inhomogeneity. The heat supply to the domain of higher temperature enhances the temperature-density inhomogeneity and heating efficiency rises when the initial inhomogeneity is strengthened. The details of such characteristic features of heat transfer in the inhomogeneous SCF should be clarified by studying the process of propagation and interaction of pressure, temperature and density waves generated during heating.

Keywords: thermodynamic critical point, heat transfer, «piston effect», temperature-density inhomogeneity, weightlessness

Применение сверхкритических флюидов (СКФ) в ракетно-космической технике требует изучения особенностей теплопереноса в объеме СКФ с температурно-плотностными неоднородностями в условиях невесомости. Температурно-плотностная неоднородность в замкнутом объеме СКФ может возникнуть при подводе или отводе тепла со стенок и/или при объемном подводе тепла в результате лазерного нагрева и протекания химических реакций. В космических экспериментах, проведенных на околоземной орбите с помощью аппаратуры АЛИС-1 и АЛИС-2 [1–4], было обнаружено, что температурно-плотностная неоднородность в условиях невесомости является долгоживущей структурой. При достаточном приближении температуры объема СКФ к критической температуре время жизни такой неоднородности в относительно небольшом объеме (с характерным размером 1 см) может достигать нескольких суток.

В перспективных устройствах ракетно-космической техники и химических реакторах для реализации технологических процессов с использованием СКФ возникает необходимость сглаживания (выравнивания) неоднородностей в одних случаях и их усиления (принудительное температурно-плотностное расслоение) в других. Поэто-

му исследование процессов теплопереноса в замкнутом объеме СКФ при наличии температурно-плотностной неоднородности в условиях невесомости является актуальной задачей.

В настоящей работе исследуются процессы взаимного влияния теплопереноса вблизи критической точки и температурно-плотностной неоднородности при подводе или отводе тепла от границ рабочей зоны и объемного подвода тепла в замкнутом объеме СКФ.

Материалы и методы исследования

Математическая модель

Безразмерная система уравнений состояния, баланса энергии, движения и неразрывности имеет вид

$$f(p,\rho,T)=\left(\frac{1}{\rho}-\frac{1}{3}\right)\left(p+\frac{9}{8}\rho^2\right)-T=0, \quad (1)$$

$$M\,\mathrm{Pr}_0\left[\rho^2 f_p'\left(Sh\frac{\partial T}{\partial t}+(V,\nabla)T\right)+\sigma_p(\gamma_0-1)Tf_T'\left(Sh\frac{\partial\rho}{\partial t}+(V,\nabla)\rho\right)\right]=C_R\rho f_p'\nabla^2 T, \quad (2)$$

$$M^2\rho\left(Sh\frac{\partial V}{\partial t}+(V,\nabla)V\right)+\frac{\sigma_p\sigma_V}{\gamma_0}\nabla p+C_F\rho e_z=MC_R\left(\nabla^2 V+\frac{1}{3}\nabla(\nabla,V)\right), \quad (3)$$

$$Sh\frac{\partial\rho}{\partial t}+(V,\nabla)\rho+\rho(\nabla,V)=0\,. \quad (4)$$

В уравнениях (1)–(4) использованы традиционные обозначения переменных: p – давление, ρ – плотность, T – температура и V – скорость среды. Далее. Введены следующие безразмерные комплексы (курсивом обозначены размерные величины):

$Sh=\dfrac{L}{\tilde{V}\tilde{t}}$ – число Струхала, L – масштаб длины, $\tilde{V}$ – масштаб скорости и $\tilde{t}$ – масштаб времени.

$M=\dfrac{\tilde{V}}{v_{\sim}}$ – число Маха, $v_{\sim}=\sqrt{\dfrac{\tilde{T}(f_T')^2-\tilde{\rho}^2 c_v f_p' f_\rho'}{\tilde{\rho}^2 c_v (f_p')^2}}$ – скорость звука [5] при масштабных термодинамических параметрах $\tilde{p},\tilde{\rho},\tilde{T}$.

$\gamma_0=\dfrac{R+c_v}{c_v}$ – показатель адиабаты или адиабатическая постоянная.

$C_R=\dfrac{M}{\mathrm{Re}}=\dfrac{\mu}{\tilde{\rho}Lv_{\sim}}$, μ – динамическая вязкость, $\mathrm{Re}=\dfrac{\tilde{\rho}\tilde{V}L}{\mu}$ – число Рейнольдса. Параметр C_R позволяет сопоставить влияние трения при скоростях диффузионных процессов с влиянием трения, возникающего при движении со звуковыми скоростями в среде с масштабной плотностью в масштабном объеме.

$C_F=\dfrac{M^2}{Fr}=\dfrac{gL}{v_{\sim}^2}$, μ – ускорение свободного падения, $Fr=\dfrac{\tilde{V}^2}{gL}$ – число Фруда. Параметр C_F соотносит потенциальную энергию пробной массы при заданном тяготении на уровне масштабной высоты с кинетической энергией, которую приобретает эта масса, двигаясь со скоростью звука.

$\sigma_p=\dfrac{\tilde{p}}{R\tilde{\rho}\tilde{T}}$ – коэффициент, характеризующий уклонение выбранного масштаба давления от давления совершенного газа при выбранных масштабах плотности и температуры.

$\sigma_V=\dfrac{\gamma_0 R\tilde{T}}{v_{\sim}^2}$ – коэффициент, характеризующий уклонение квадрата скорости звука в совершенном газе при выбранном масштабе температуры от квадрата скорости звука исследуемого газа при масштабных термодинамических параметрах.

$\mathrm{Pr}_0=\dfrac{\mu c_v}{\lambda}$ – число Прандтля, λ – коэффициент теплопроводности, c_v – удельная теплоемкость при постоянном объеме.

Расчеты проводились для одномерной области длиной L = 1 см в условиях невесомости (g = 0). Рабочее тело – шестифтористая сера (SF_6).

Для вычисления безразмерных комплексов, входящих в уравнения (1)–(4) использовались следующие константы (для SF_6): c_v = 1000 дж/кг×град, λ = 1,2 вт/м×град, μ = 40×10^{-6} Па×с, R = 56,9 дж/кг×град, γ_0 = 1,0569 и масштабы переменных: L = 10^{-2} м, $\tilde{\rho}=\rho_{кр}$ = 744 кг/м^3, $\tilde{T}=T_{кр}$ = 45,7 °С, $\tilde{V}=\sqrt{\gamma_0 R\tilde{T}}$ = 134,8 м/с, $\tilde{t}=L/\tilde{V}$ = 7,4×10^{-5} с.

Представленная модель использовалась ранее [6] для численного исследования влияния гравитации и перегрузок на теплоперенос в ячейке СКФ.

Степень удаления от критической точки по температуре характеризуется числом $\varepsilon=T-1$. Удаление от критической точки по плотности определяется параметром $m=\rho-1$.

Постановка задачи

Начальные условия задаются следующим образом. В неподвижной среде для заданного значения ε при m = 0 из уравнения (1) определяется давление p_0. Для заданного значения m при $x\in(0,0.5)$ плотность $\rho_1=1+|m|$, при $x\in(0.5,1)$ плотность $\rho_2=1-|m|$. Температура T_1 соответствует плотности ρ_1 при давлении p_0, температура T_2 соответствует плотности ρ_2 при давлении p_0. Таким образом, в начальный момент времени

существует ступенчатое распределение температуры и плотности, а давление постоянно во всей области.

Граничные условия определяются непротеканием в точках $x = 0$ и $x = 1$. В точке $x = 0$ граница считается адиабатической, в точке $x = 1$ поддерживается температура $T_2 + \Delta T_{ст.}$, где $\Delta T_{ст.}$ температура нагрева или охлаждения стенки и $|\Delta T_{ст.}| << T_2$.

Исследуемый диапазон параметра ε составляет $3\times10^{-5} < \varepsilon < 3\times10^{-3}$. Параметр m менялся в пределах 0,01÷0,04.

В расчетах определялись зависимости температуры, плотности, скорости и давления от времени в точках $x = 0{,}25$; 0,5; 0,75, а также интеграл температуры по длине. По полученным данным определялась характерная величина времени «поршневого эффекта», $\tau_{ПЭ}$, по методике, описанной ранее [6], и строилась зависимость этой величины от степени приближения к критической точке и разности плотностей в температурно-плотностной неоднородности. Кроме того, определялась степень деформации температурно-плотностной неоднородности в случае подвода и отвода тепла от стенки и в случае объемного подвода тепла.

Результаты исследования и их обсуждение

Зависимость характерного времени «поршневого эффекта» от величины температурно-плотностной неоднородности и близости к критической точке

На рис. 1 представлена зависимость характерного времени «поршневого эффекта» от близости к критической точке (параметр ε) при различных значениях величины неоднородности плотности (параметр m).

Рис. 1. Зависимость характерного времени «поршневого эффекта» от близости к критической точке (параметр ε) при различных значениях величины неоднородности плотности (параметр m). Значками обозначены расчетные точки

Из рисунка видно, что на достаточном удалении от критической точки (параметр $\varepsilon \approx 3\times10^{-3}$) характерное время «поршневого эффекта» почти одинаково для всех значений параметра m, а величина характерного времени близка к его значению для однородной среды с критической плотностью ($m = 0$). Зависимость характерного времени «поршневого эффекта» от параметра ε для однородной среды представлена сплошной линией с наклоном 45°. По мере приближения к критической точке по температуре (уменьшения параметра ε) характерное время поршневого эффекта при наличии неоднородности начинает увеличиваться по сравнению с однородным случаем. Причем чем больше значение m, тем больше отличие. Например, при $\varepsilon \approx 3\times10^{-5}$ значения характерного времени поршневого эффекта для $m = 0{,}01$ и для $m = 0{,}03$ отличаются почти на два порядка.

Интересно сравнить полученные результаты с результатами расчетов для ячейки со сверхкритической температурой и критической плотностью, неоднородность плотности по высоте в которой вызвана наличием силы тяжести и перегрузок [6]. В этом случае температура по высоте постоянна, а плотность и давление распределены по пространству таким образом, чтобы обеспечить механическое равновесие, соответствующее заданному значению ускорения g. При этих условиях тоже наблюдается рост характерного времени «поршневого эффекта» при приближении к критической точке по сравнению с однородным случаем ($g = 0$). Очевидно, что причиной этого, как отмечалось в этой работе, является усиление неоднородности плотности по пространству. При значениях ε, достаточно близких к критическим, и больших значениях перегрузок $g = 10g_0$ распределение плотности близко к ступенчатому распределению. Вдали от критической точки значения $\tau_{ПЭ}$ для всех g очень близки и практически совпадают со значением для однородного ($g = 0$) случая, поскольку вдали от критической точки эффект сжимаемости мал и плотность практически постоянна по высоте.

В случае температурно-плотностной неоднородности при $g = 0$ вдали от критической точки, несмотря на большие перепады плотности, значения $\tau_{ПЭ}$ близки к значениям для однородного случая (m = 0). Вблизи критической точки эти значения сильно расходятся для различных значений m. Таким образом, вблизи критической точки в обоих случаях определяющим фактором, влияющим на величину $\tau_{ПЭ}$, является перепад плотности, а вдали от критической точки перепад плотности не играет существенного значения.

Рис. 2. Зависимость $\tau_{ПЭ}$ от параметра m для различных значений ε. Значками обозначены расчетные точки. Сплошными и открытыми значками показаны значения $\tau_{ПЭ}$ соответственно при наличии и отсутствии температурно-плотностной неоднородности

Чтобы убедиться в этом, мы провели сравнение полученных данных для ступеньки плотности и температуры со случаем, когда вся область заполнена менее плотным газом с температурой T_2 и плотностью ρ_2. На рис. 2 представлена зависимость $\tau_{ПЭ}$ от параметра m для различных значений ε при наличии (сплошные значки) и отсутствии (открытые значки) температурно-плотностной неоднородности.

Из рисунка видно, что вблизи критической точки по мере роста параметра m значения $\tau_{ПЭ}$ сильно растут и при больших m существенно отличаются от однородного случая. Вдали от критической точки наблюдается значительно более слабый рост $\tau_{ПЭ}$, и значения для неоднородного и однородного случая практически совпадают.

Таким образом, вблизи критической точки наличие перепада (градиента) плотности приводит к увеличению характерного времени «поршневого эффекта» вне зависимости от того, каким способом этот перепад достигнут: за счет перепада температуры при постоянном давлении в невесомости или вследствие установления гидростатического равновесия при постоянной температуре при наличии гравитации (или перегрузки). Увеличение характерного времени «поршневого эффекта» в обоих случаях по все видимости связано с тем, что в неоднородном случае силами давления совершается дополнительная работа по сравнению с однородным случаем. Поскольку «поршневой эффект» по своей природе обусловлен процессом распространения волн давления, плотности и температуры, для выяснения особенностей «поршневого эффекта» в неоднородном СКФ необходимо детальное изучение процесса взаимодействия волн с плотностной неоднородностью.

Деформация температурно-плотностной неоднородности при нагреве и охлаждении границы

На рис. 3 представлен пример временной зависимости отношения разности температур ΔT температурно-плотностной неоднородности к начальной разности температур $\Delta T_{нач.}$ при подводе и отводе тепла от границы области повышенной температуры (T_2) для различных значений параметра ε и $m = 0{,}03$. Верхние ветви кривых ($\Delta T/\Delta T_{нач.} > 1$) соответствуют случаю подвода тепла, а нижние ветви кривых ($\Delta T/\Delta T_{нач.} < 1$) соответствуют случаю отвода тепла.

Из рисунка видно, что при подводе тепла разность температур в неоднородности растет, а при отводе тепла разность температур уменьшается. При этом данный эффект усиливается по мере удаления от критической точки. Аналогичные зависимости получены и для других значений m.

Деформация температурно-плотностной неоднородности при объемном подводе тепла

Для определения влияния объемного подвода тепла на температурно-плотностную неоднородность были проведены рас-

четы для случая, когда в начальный момент испытывают разрыв все три термодинамические величины (T, ρ, и P). Как и в предыдущих расчетах, предполагается, что в начальный момент существует ступенчатое распределение температуры ($T_1 < T_2$) и плотности ($\rho_1 > \rho_2$) при одинаковом давлении ($P = P_1 = P_2$) по длине расчетной области (см. п. 2). Затем, вместо нагрева стенки, как в п. 2, в правой части области устанавливается температура $T_{нач.}$ ($T_{нач.} > T_2$) и соответствующее давление $P_{нач.}$ ($P_{нач.} > P$), а соотношение плотностей остается неизменным. Такой подъем температуры и давления при неизменной плотности характерен, например, для начального периода лазерного нагрева среды. При прохождении лазерного луча сквозь среду часть энергии лазерного луча поглощается молекулами среды [7]. После включения лазерного излучения температура и давление в облученной области повышается за время значительно меньшее характерного времени развития процессов динамики и теплопереноса, обусловленных возникновением градиентов давления и температуры.

Рис. 3. Временная зависимость отношения разности температур $\Delta T = T_2(t) - T_1(t)$ температурно-плотностной неоднородности к начальной разности температур $\Delta T_{нач.} = T_2 - T_1$ при подводе и отводе тепла от границы при различных значениях параметра ε

а) *б)*

Рис. 4. Временные зависимости ступеньки плотности (а) и температуры (б) для m = 0,02 и различных значений ε

Таким образом, считается, что в начальный момент времени правая половина области оказывается мгновенно нагретой на температуру $\Delta T_{нагр.} = T_{нач} - T_2$, а перепад давления составляет $\Delta P = P_{нач.} - P$. После распада разрыва давление во всей области снова выравнивается и устанавливается температурно-плотностная ступенька с новыми значениями перепадов плотности и температуры.

На рис. 4 представлены примеры временных зависимостей ступеньки плотности (рис. 4, а) и температуры (рис. 4, б) для $m = 0{,}02$ и трех значений ε ($3{,}13\ 10^{-5}$; $3{,}13\ 10^{-4}$; $3{,}13\ 10^{-3}$).

Чтобы охарактеризовать эффективность нагрева среды, можно ввести коэффициент эффективности нагрева $\alpha_{эф.} = (\Delta T_{кон.} - \Delta T_{ступ.})/(\Delta T_{нач.} - \Delta T_{ступ.})$. Коэффициент $\alpha_{эф.}$ характеризует отношение конечного приращения (после распада разрыва) разницы температур в ступеньке к начальному приращению разницы температур (т.е. величине начального нагрева ступеньки). Чем больше коэффициент $\alpha_{эф.}$, тем больше нагревается среда. Важным параметром является отношение величины нагрева к величине ступеньки $k = \Delta T_{нагр.}/\Delta T_{ступ.}$. При очень маленьких значениях k нагрев оказывается недостаточным для уверенного определения величины $\alpha_{эф.}$, а при очень больших значениях k в среду будет вноситься слишком большое возмущение и конечная средняя величина температуры будет существенно отличаться от начальной средней величины, по которой определяется параметр ε. Для определения оптимального соотношения были проведены расчеты для различных значений k (0,5; 1; 2). Величина $k = 1$ оказалась оптимальным значением. При $k = 1$ коэффициент нагрева имеет вид $\alpha_{эф.} = \Delta T_{кон.} / \Delta T_{ступ.} - 1$. В пределе, когда разница температур в ступеньке не увеличивается ($\Delta T_{кон.} = \Delta T_{ступ.}$), значение коэффициента эффективности равно нулю.

На рис. 5 представлена зависимость коэффициента эффективности нагрева $\alpha_{эф.}$ от параметра ε для различных значений параметра m. Из рисунка видно, что при всех значениях m эффективность нагрева в целом падает при приближении к критической точке. Причем чем больше параметр m, тем выше эффективность нагрева.

Как и в описанном выше случае подвода тепла с границы, для выяснения механизма обнаруженных особенностей нагрева при объемном подводе тепла необходимо детальное исследование взаимодействия генерируемых при этом волн давления, температуры и плотности с плотностной неоднородностью.

Заключение

В работе проведено численное исследование процесса теплопереноса при подводе или отводе тепла на границе и подводе тепла внутри объема сверхкритического флюида при наличии температурно-плотностной неоднородности в условиях невесомости. На основе одномерных уравнений Навье – Стокса, сохранения массы, баланса энергии и уравнения состояния Ван-дер-Ваальса проведены вычисления распределений температуры, плотности, скорости и давления при различном удалении от критической точки по температуре (параметр ε) и по плотности (параметр m).

Рис. 5. Эффективность нагрева для различных значений параметра m и ε

Получено, что в неоднородных условиях при приближении к критической точке по температуре, характерное время «поршневого эффекта», $\tau_{ПЭ}$, существенно растет по сравнению с однородным случаем при критической плотности ($\rho = 1$). При этом чем больше температурно-плотностная неоднородность, тем существеннее рост времени «поршневого эффекта». Сравнение с однородным случаем для разреженного газа ($\rho < 1$) показывает, что вблизи критической точки по мере роста параметра m значения $\tau_{ПЭ}$ сильно растут и при больших m существенно отличаются от однородного случая. Вдали от критической точки наблюдается значительно более слабый рост $\tau_{ПЭ}$, и значения для неоднородного и однородного случая практически совпадают. Это свидетельствует о значительном влиянии перепада плотности на величину $\tau_{ПЭ}$ вблизи критической точки и о слабом влиянии вдали от критической точки. Кроме того, получено, что подвод тепла к области повышенной температуры приводит к усилению, а отвод тепла – к ослаблению начальной температурно-плотностной неоднородности. Объемный подвод тепла в области повышенной температуры и пониженной плотности приводит к усилению температурно-плотностной неоднородности. При этом эффективность нагрева $\alpha_{эф.}$ тем больше, чем сильнее неоднородность (больше m) и в целом уменьшается при приближении к критической точке (параметр ε уменьшается).

Необходимо отметить, что для выяснения механизма обнаруженных особенностей нагрева при подводе тепла с границы или объемном подводе тепла в неоднородном сверхкритическом флюиде следует провести детальное исследование взаимодействия генерируемых при этом волн давления, температуры и плотности с плотностной неоднородностью.

Работа выполнена по теме государственного задания «Волновые, конвективные и фрагментационные процессы в сложных жидкостях»; № госрегистрации АААА-А17-117021310375-7.

Список литературы

1. Farouk B., Lin Y., Lei Z. Acoustic Wave Induced Flows and Heat Transfer in Gases and Supercritical Fluids. Advances in Heat Transfer. 2010. vol. 42. P. 1–136.

2. B. Shen B., Zhang P. An overview of heat transfer near the liquid-gas critical point under the influence of the piston effect: Phenomena and theory. Int. J. Thermal Sciences. 2013. vol. 71. P. 1–19.

3. Deng B., Kanda Y., Chen L., Okajima J., Komiya A., Maruyama S. Visualization Study of Supercritical Fluid Convection and Heat Transfer in Weightlessness by Interferometry: A Brief Review. Microgravity Sci. Technol. 2017. vol. 29. P. 275–295.

4. Zappoli B., Beysens D., Garrabos Y. Heat Transfers and Related Effects in Supercritical Fluids. Fluid Mechanics and Its Applications. Springer. 2015. vol. 108.

5. Горбунов А.А., Емельянов В.М., Леднев А.К., Алямовская В.А.. Численное исследование распространения возмущений бесконечно малой и конечной амплитуды в областях с аномальными термодинамическими свойствами. Препринт № 984. М.: ИМПех РАН, 2011. 84 с.

6. Gorbunov A., Emelyanov V., Lednev A., Soboleva E. Dynamic and Thermal Effects in Supercritical Fluids under Various Gravity Conditions. Microgravity Sci. Technol. 2018. vol. 30. Issue 1–2. P. 53–62.

7. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М.: Физматлит, 2008. 149 с.

УДК 535.41:778.38

ИСКАЖЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ САМОРЕПРОДУКЦИЙ ПРОЗРАЧНОЙ ПЛАСТИНОЙ

Тынышова Т.Д.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: tolgonay.tynyshova@mail.ru

Рассмотрен эффект саморепродуцирования для регулярного объекта типа одномерная линейная решетка. Показано, что решение задачи исследования изменения распределения саморепродукций при прохождении света сквозь прозрачную среду – это последовательный процесс перехода от простых сред, таких как плоскопараллельная пластина, к более сложным, распределение показателей преломления которых может иметь достаточно произвольный вид. В предлагаемой работе проведен теоретический анализ влияния среды типа прозрачная плоскопараллельная пластина на распределение плоскостей саморепродукции, которое формируется при освещении плоской волной одномерной линейной решетки. Проведенный анализ влияния простейшей фазовой среды, типа тонкой плоскопараллельной пластины, на картину распределения плоскостей саморепродукции, показывает, что при использовании плоскопараллельной пластины происходят сдвиги плоскостей саморепродуцирования вдоль осей нормальной плоскости решетки и параллельной этой плоскости. Причем эти сдвиги сильно зависят от толщины пластины и показателя преломления материала пластины. То есть плоскопараллельная пластина не искажает картину последовательности плоскостей саморепродуцирования, а только смещает всю картину, как целое, в направлении указанных осей. Полученный результат важен с точки зрения разработки интерферометров на основе эффекта саморепродуцирования, в том числе интерферометров голографического типа.

Ключевые слова: линейная решетка, фазовая среда, плоскопараллельная пластина, саморепродукция, интерферометр

DISTORTIONS OF THE SEQUENCE OF SELF-REPRODUCTIONS BY TRANSPARENT PLATE

Tynyshova T.D.

Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, Bishkek, e-mail: tolgonay.tynyshova@mail.ru

The article shows that analyzing the influence of phase media on the pattern of distribution of self-reproduction planes in general form is a rather complicated task. It is shown that solving the problem of studying changes in the distribution of self-products when light passes through a transparent medium is a sequential process of transition from simple media, such as a plane-parallel plate, to more complex ones, the distribution of refractive indices of which can have a rather arbitrary appearance. In the proposed work, a theoretical analysis of the influence of a transparent plane-parallel plate on the distribution of self-reproduction planes, which is formed when a plane wave passes through a one-dimensional linear grating, is carried out. The analysis of the effect of the simplest phase medium, such as a thin plane-parallel plate, on the distribution pattern of self-reproduction planes, shows that when using a plane-parallel plate, there are shifts of self-reproduction planes along the axis which is normal to grating plane and along the axis parallel to this plane. Moreover, these shifts strongly depend on the thickness of the plate and the refractive index of the material of the plate. That is, a plane-parallel plate does not distort the pattern of a sequence of self-reproduction planes, but only shifts the whole picture, as a whole, in the direction of the indicated axes. The result obtained is important from the point of view of the development of interferometers based on the effect of self-reproduction, including holographic interferometers.

Keywords: linear grating, phase medium, plane-parallel plate, self-reproduction, interferometer

Явление саморепродуцирования изучено достаточно подробно. Однако влияние на данный эффект фазовых сред различного вида рассмотрено недостаточно. Учет воздействия фазовых сред очень важен для целей практического применения саморепродуцирования, в первую очередь в интерферометрии [1–3]. Решение задачи исследования изменения распределения саморепродукций при прохождении света сквозь прозрачную среду – это последовательный процесс перехода от простых сред, таких как плоскопараллельная пластина, к более сложным, для которых распределение показателей преломления может иметь достаточно произвольный вид.

Целью данной работы является теоретический анализ влияния среды типа прозрачная плоскопараллельная пластина на распределение плоскостей саморепродукции, которое формируется при освещении плоской волной одномерной линейной решетки.

Саморепродуцирование в присутствии прозрачной плоскопараллельной пластины

Эффект саморепродуцирования проще всего рассмотреть на примере регулярного объекта типа одномерная линейная решет-

ка, имеющего пропускающий коэффициент следующего вида [4]:

$$\sigma(x_0) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp(i2\pi x_1 n/d), \qquad (1)$$

здесь d – период регулярного объекта. Регулярный объект располагают в плоскости, проходящей через начало координат. Плоскость исследуемого прозрачного объекта проходит через точку z_2 оптической оси и задается координатами (x_2, y_2) (рис. 1).

Освещаем регулярный объект волной с плоским фронтом и единичной амплитуды $V_1(x_1, y_1, z_1^-) = \exp(ikz_1^-)$.

В непосредственной близости за регулярным объектом получаем волну следующего вида:

$$V_1(x_1, y_1, z_1^+) = V_1(x_1, y_1, z_1^-)\sigma(x_1) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp(i2\pi x_1 n/d). \qquad (2)$$

Расположенная вблизи точки z_2 исследуемая прозрачная среда воздействует на исходную волну, прошедшую сквозь регулярный объект. До среды волна имеет вид

$$V_2(x_2, y_2, z_2^-) = \frac{1}{2}\exp(ikz_2)\sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp\left[i2\pi\left(x_2 n\Big/ d - \frac{n^2\lambda z_2}{2d^2}\right)\right]. \qquad (3)$$

Вид волны, подвергшейся воздействию прозрачной среды $V_1(x_2, y_2)$, описывается следующим соотношением [4]:

$$V_2(x_2, y_2, z_2^+) = \frac{1}{2}\exp(ikz_2)\sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n V_1(x_2, y_2) \exp\left[i2\pi\left(x_2 n\Big/ d - \frac{n^2\lambda z_2}{2d^2}\right)\right]. \qquad (4)$$

Если пропускающая среда не имеет амплитудной составляющей, то она задается следующим выражением

$$V_1(x_2, y_2) = \exp\left[i\theta(x_2, y_2)\right]. \qquad (5)$$

Трансформированная волна, подвергшаяся воздействию прозрачной среды, имеет следующий вид:

$$V_2(x_2, y_2, z_2^+) = \frac{1}{2}\exp(ikz_2)\sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \exp\left[i\theta(x_2, y_2)\right]\exp\left[i2\pi\left(x_2 n\Big/ d - \frac{n^2\lambda z_2}{2d^2}\right)\right]. \qquad (6)$$

Если следовать схеме, которая представлена на рис. 1, то для распределения интенсивности, измененного объектом, в соответствии с формулой (6), особенности данного распределения задаются искажениями фронта волны, вносимыми рассматриваемой средой. По сути, данное распределение представляет собой многолучевую интерференционную картину, которая формируется в результате интерференции пространственных гармоник, просвечивающих объект под разными углами.

Рис. 1. Схема интерферометра, основанного на явлении саморепродукции: Р – линейная решетка; О – прозрачный объект; Э – экран

Изменение фазы волны, прошедшей сквозь прозрачную среду, обозначим как $\theta(x_2, y_2)$ [5–7].

Вид волны непосредственно перед исследуемой прозрачной средой представим как $V_2(x_2, y_2, z_2^-)$. Волна, прошедшая прозрачную среду, представляется как произведение фазового распределения исследуемой среды на значение волны перед объектом:

$$V_2(x_2, y_2, z_2^+) = V_2(x_2, y_2, z_2^-)\exp[i\theta(x_2, y_2)]. \quad (7)$$

Модуль амплитуды волны для произвольной координаты z находим по известному значению интенсивности. Фаза волны определяется методом последовательного приближения [4].

Исходя из сказанного, результирующее поле для произвольной точки вдоль оптической оси задается соотношением

$$V_1(x_3, y_3, z) = \frac{1}{i\lambda(z - z_2)}\exp\left[ik/z - z_2(x_3^2 + y_3^2)\right]\iint_{-\infty}^{\infty} V(x_2, y_2, z_2^+)\times$$
$$\times\exp\left[i\theta_0(x_2, y_2)\right]\exp\left[ik/2(z - z_2)(x_2^2 + y_2^2)\right]\exp\left[ik/2(z - z_2)(x_2x_3 + y_2y_3)\right]dx_2dy_2. \quad (8)$$

Оставляем неизменным фазовый множитель в $V_1(x_3, z_3, z)$, а амплитудную часть заменяем на $\left|V_1(x_3, z_3, z)\right|$. После обратного преобразования Френеля получаем $V_2(x_2, y_2, z_2)\exp\left[i\theta_1(x_2, y_2)\right]$. Подставляем рассчитанный фазовый множитель $\theta_1(x_2, y_2)$ в (8). Повторяем цикл до тех пор, пока не получаем стационарное решение $\theta_m(x_2, y_2) \approx \theta_{m+1}(x_2, y_2)$, где m – номер итерации. Наибольшее значение m оценивается тем, насколько близко значение $\theta_0(x_2, y_2)$ к реальному значению $\theta(x_2, y_2)$. В случае тальбот-интерферометрии интерференционную картину формируют $2M + 1$ гармоник, здесь M – максимальный порядок дифракции. Полное число рассматриваемых точек при численных расчетах задаем исходя из общеизвестных положений теоремы отсчетов, которые определяют необходимость описания минимальных неоднородностей среды не менее чем двумя точками дискретизации. Если рассматривать среду, имеющую сложный характер изменения неоднородностей, т.е., в конечном счете, сложный характер распределения показателя преломления фазовой среды, то проблема нахождения фазы волны становится очень сложной, часто просто не имеющей решения, по крайней мере однозначного решения. При рассмотрении более простых пропускающих сред, в нашем случае – это плоскопараллельная пластина, задача нахождения амплитуды световой волны, прошедшей сквозь фазовую среду, становится вполне решаемой даже аналитическими методами [8–9].

Задача оценки влияния пропускающей плоскопараллельной пластины на распределение плоскостей саморепродукции решается с помощью рассмотрения отдельной гармоники, K-й гармоники, ее поведения при прохождении среды толщиной l и показателем преломления n. Для общности рассматриваемой задачи будем считать, что пластина составляет с оптической осью некоторый произвольный угол γ. K-я гармоника световой волны, после прохождения фазовой среды, образует с оптической осью угол θ. Значение этого угла определяется дифракционным условием $\theta = \arcsin\frac{K\lambda}{d}$, где λ – длина световой волны, а d – период регулярного объекта. На рис. 2 схематично представлены направления распространения световой волны, ее K-я гармоника, в отсутствии фазовой среды – линия AM' и в присутствии пропускающей пластины – линия ACKM. Угол падения световой волны на пластину равен $\theta + \gamma$, φ – угол, под которым свет преломляется в фазовой среде.

Рис. 2. Воздействие пропускающей плоскопараллельной пластины на К-ю гармонику световой волны

Изменение направления распространения K-й гармоники световой волны при прохождении в фазовую среду определяется соотношением

$$\sin\varphi = \frac{\sin(\theta + \gamma)}{n}. \quad (9)$$

При прохождении пропускающей среды фаза волны, ее K-й гармоники, отличается от фазы этой гармоники в случае отсутствия фазовой среды на величину, определяемую соотношением

$$\sigma_{\text{P}} = \frac{k\ell}{\cos\varphi}\left[n - \cos(\theta + \gamma - \beta)\right]. \tag{10}$$

Считая углы θ, γ, φ достаточно малыми, после ряда последовательных преобразований, учитывающих в первую очередь малые значения углов, получаем для изменения фазы световой волны под воздействием плоскопараллельной пропускающей пластины следующее соотношение:

$$\sigma_p = k\ell\left[n - 1 + \frac{1}{2}(\theta + \gamma)^2\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right]. \tag{11}$$

Изменение характера световой волны при удалении ее на произвольное расстояние z от плоскости регулярного объекта, в нашем случае плоской одномерной линейной решетки, можно рассчитать, воспользовавшись соотношением (8) для расчета светового поля:

$$V(x,y,z) = \frac{1}{i\lambda(z - z_2)}\int\int_{-\infty}^{+\infty} V_2(x_2, y_2, z_2^+)L(x_1, y_1)\exp(i\sigma_p)\times$$
$$\times\exp\left\{i\frac{\pi}{\lambda(z - z_2)}\left[(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2\right]\right\}dx_2dy_2, \tag{12}$$

здесь $L(x_1, y_1)$ – характерные размеры одномерной линейной решетки, $V_2(x_2, y_2, z_2^+)$ значение световой волны непосредственно после фазовой среды, которой в нашем случае является пропускающая плоскопараллельная пластина.

$$V(x,y,z) = \frac{1}{i\lambda(z - z_2)}\int_{-b}^{b}\int_{-b}^{b}\frac{1}{2}\exp\left[ik(z - z_2)\times\right.$$
$$\times\sum_{m=-K}^{K} b_m \exp\left\{ik\ell\left[n - 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{m\lambda}{d} + \gamma\right)^2\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right]\right\}\exp\left[i2\pi\left(\frac{x_2 m}{d} - \frac{m^2\lambda z_2}{2d^2}\right)\right]\times$$
$$\times\exp\left\{i\frac{\pi}{\lambda(z - z_2)}\left[(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2\right]\right\}dx_2dy_2. \tag{13}$$

Здесь K – наибольшее значение дифракционного порядка в спектре световой волны после прохождения одномерной линейной решетки.

Преобразование Френеля, которым, по сути, является соотношение (13), легко сводится к преобразованию Фурье.

$$V(x,y,z) = \frac{1}{2i\lambda z}\exp\left\{ik\left[z + \ell\left[(n - 1) + \frac{\gamma^2}{2}\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right]\right]\right\}\exp\left[i\frac{\pi}{\lambda z}(x^2 + y^2)\right]\times$$
$$\times\sum_{m=-K}^{K} b_m \exp\left[ik\ell\left(\frac{1}{2}\frac{m^2\lambda^2}{d^2} + \frac{1}{2}\gamma^2\right)\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right]\times$$
$$\times\int_{-b}^{b}\int_{-b}^{b}\exp\left(i2\pi x_2 m/d\right)\exp\left[i\frac{\pi}{\lambda z}(x_2^2 + y_2^2)\right]\times\exp\left[-i\frac{2\pi}{\lambda z}\left(x_2 x + y_2 y\right)\right]dx_2dy_2. \tag{14}$$

Результирующее соотношение для светового поля, которое представляет собой сформированные линейной одномерной решеткой и фазовой средой типа пропускающая плоскопараллельная пластина распределение в пространстве последовательности саморепродукций, имеет вид

$$V_p(x,y,z)=\frac{1}{2\lambda z}\exp\left\{ik\left[z+\ell\left[(n-1)+\frac{\gamma^2}{2}\left(1-\frac{1}{n}\right)\right]\right]\right\}\sum_{m=-K}^{K}b_m\exp\left\{2\pi i\left[\frac{m}{d}\left[x+\gamma\ell\times\right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\times\left(1-\frac{1}{n}\right)\right]-\frac{m^2\lambda}{2d^2}\left[z-\ell\left(1-\frac{1}{n}\right)\right]\right]\right\}\left\{Fr\left[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(b-y)\right]-Fr\left[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-b-y)\right]\right\}\times$$

$$\times\left\{Fr\left[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}\left[b-x+\frac{m\lambda z}{d}+\frac{m}{d}\gamma\ell(1-\frac{1}{n})\right]-Fr\left[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-b-x)+\frac{m\lambda z}{d}+\frac{m}{d}\gamma\ell\left(1-\frac{1}{n}\right)\right]\right]\right\},\quad(15)$$

здесь $Fr(x)=\int_0^x\exp\left(i\frac{\pi}{2}u^2\right)du$ – интеграл Френеля [10].

Выводы

Проведенный анализ влияния простейшей фазовой среды, типа тонкой плоскопараллельной пластины, на распределение светового поля, формирующего последовательность саморепродукций, установил (формула (15)), что фазовая среда, подобная пропускающей плоскопараллельной пластине, осуществляет смещение саморепродуцированных изображений решетки на расстояние $l\left(1-\frac{1}{n}\right)$ вдоль оптической оси и на $\gamma l\left(1-\frac{1}{n}\right)$ в направлениях нормальных оптической оси. То есть общий вид картины саморепродуцированных изображений решетки не изменяется, однако присутствуют смещения вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений, которые зависят от трех параметров, таких как толщина и показатель преломления пластины и угол падения световой волны на плоскость пластины. Полученный результат важен с точки зрения разработки интерферометров на основе эффекта саморепродуцирования, в том числе интерферометров голографического типа.

Список литературы

1. Lohmann A.W., Silva D.E. An interferometer based on the Talbot effect. Opt. Commun. 1971. V.2. No. 9. P. 413–415.

2. Исманов Ю.Х. Голографический эффект Тальбота в интерферометрии // Вестник КРСУ. 2015. № 5 (15). С. 101–103.

3. Ismanov Y.Kh., Tynyshova T.D., Aidaraliev Z.K. Wide-range holographic interferometer. Optical Engineering. 2018. V. 57. No. 12. 124106. DOI: 10.1117/1.OE.57.12.124106.

4. Исманов Ю.Х., Кулмурзаев Н.М., Тургумбаев Н.А. Эффект Тальбота для плоскопараллельной пластины // Вестник КГУСТА. 2011. № 2 (32). Т. 1. С. 121–125.

5. Kim M., Scharf T., Menzel C., Rockstuhl C., Herzig H.P. Talbot images of wavelength-scale amplitude gratings. Optics Express. 2012. V. 20. Issue 5. P. 4903–4920. DOI: 10.1364/OE.20.004903.

6. Jianming W., Yong Z., Min X. The Talbot effect: recent advances in classical optics, nonlinear optics, and quantum optics. Advances in Optics and Photonics. 2013. No. 5(1). P. 83–130. DOI: 10.1364/AOP.5.000083.

7. Исманов Ю. Х., Тынышова Т. Д., Алымкулов С. А. Использование приближения Френеля для расчета распределения светового поля, прошедшего свозь решетку // Вестник КГУСТА. 2017. № 3 (57). С. 171–178.

8. Iwata K., Satoh K. and Moriwaki K. Relaxation of the Talbot condition in generalized grating imaging. Applied Optics. 2012. V. 51. Issue 16. P. 3137–3144. DOI: 10.1364/AO.51.003137.

9. Chu Yen-Chang, Chen Jing-Heng and Chen Kun-Huang Curvature Measurement based on Talbot Effect and Image Moiré Interferometry. Digital Holography & 3-D Imaging Meeting (Optical Society of America, 2015), paper DTh3A.7. DOI: 10.1364/DH.2015.DTh3A.7.

10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1973. 832 с.

СТАТЬИ

УДК 615.074:665.2/.3

СРАВНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ МАСЕЛ

[1]Воловик В.Т., [1]Леонидова Т.В., [1]Коровина Л.М., [2]Блохина Н.А., [2]Касарина Н.П.

[1]ФГБНУ ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, Лобня, e-mail: vik_volovik@mail.ru;

[2]МБОУ школа № 4, Долгопрудный, e-mail: dolgoprudny04@mail.ru

Основной составной частью жиров растительного и животного происхождения являются сложные эфиры трехатомного спирта – глицерина и жирных кислот (ЖК), называемые глицеридами. В натуральных жирах содержится около 95–97% триглицеридов ЖК, которые во многом определяют биологическую ценность пищевых продуктов. Для сравнения жиров животного и растительного происхождения по содержанию в них ЖК использовались следующие: 1) животного происхождения – сливочное «Брестлитовское», 2) растительного происхождения – подсолнечное рафинированное дезодорированное «Слобода», оливковое нерафинированное Rio D Oro extra virgin, льняное Витапром «Эльфа»; соевое, рапсовое, сурепное, горчичное, рыжиковое – полученное путем отжима на микропрессе из семян в лаборатории ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»; кокосовое, какао – из Доминиканской Республики (Санто-Доминго). Было установлено, что наибольшее количество ЖК содержится в кокосовом (76,3%) и какао масле (54,64%), в сливочном масле было 44,13% насыщенных ЖК. В остальных 7 маслах растительного происхождения содержание насыщенных ЖК варьировало от 4,25% (рапсовое, сурепное) до 15,54% (соевое). Наиболее важными являются моно-, ди- и три-ненасыщенные ЖК. Высокое содержание альфа-линоленовой кислоты (группа Омега-3) наблюдалось в льняном (57,2%) и рыжиковом (33,5%) маслах. Наибольшее содержание линолевой кислоты (Омега-6) отмечено в подсолнечном (60%), соевом (48,98%), горчичном (34,54%) маслах, наименьшее – в масле какао (2,5%). Одним из основных представителей Омега-9 является олеиновая кислота. Наибольшее ее содержание отмечено в оливковом (77%), рапсовом и сурепном (58–68%), наименьшее (5%) – в кокосовом масле. Подсолнечное, соевое, масло какао содержат 26,89–27,1% олеиновой кислоты. Рыжиковое масло содержит четыре Омега-9 жирных кислот. Для достижения здорового баланса в организме человека необходимо соблюдать рекомендуемые суточные нормы потребления ЖК и употреблять в пищу разнообразные масла.

Ключевые слова: растительные и животные жиры, жирные кислоты, Омега-3, Омега-6, Омега-9

COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITION OF DIFFERENT EDIBLE OILS

[1]Volovik V.T., [1]Leonidova T.V., [1]Korovina L.M., [2]Blokhina N.A., [2]Kasarina N.P.

[1]All-Russian Scientific Research Institute of Fodder named after V.R. Williams, Lobnya, e-mail: vik_volovik@mail.ru;

[2]MBOU school № 4, Dolgoprudny, e-mail: dolgoprudny04@mail.ru

The main component of vegetable and animal fats are esters of triatomic alcohol – glycerin and fatty acids (fatty acids), called glycerides. Natural fats contains about 95-97% of triglycerides of fatty acids, which largely determine the biological value of food. For comparison the greases of animal and plant origin according to the content of LCD were used the following: 1) animal origin – butter «Brestlitovsk», 2) plant origin – refined deodorized sunflower oil «Sloboda», olive unrefined oil Rio D'oro extra virgin, flax oil Vitaprom «Elf»; soybean, canola, rapeseed, mustard, camelina oils derived by pressing on micropresses from seed in the laboratory FNTS «VIC them. V.R. Williams»; coconut, cocoa – from Dominican Republic (Santo Domingo). It was found that the largest number of LC is contained by coconut (76.3%) and cocoa (54.64%) oils, butter was 44.13% saturated LC. In the remaining 7 oils of vegetable origin, the content of saturated fatty acids ranged from 4.25% (rapeseed, severe) to 15.54% (soy). The most important are mono -, di – and tri-unsaturated LC. High content of alpha-linolenic acid (omega 3 group) was observed in linseed (57.2%) and camelina (33.5%) oils. The highest content of linoleic acid (omega-6) was observed in sunflower (60%), soy (48.98%), mustard (34.54%) oil, the lowest – in cocoa butter (2.5%). One of the main representatives of omega-9 is oleic acid. Its highest content was noted in olive (77%), rapeseed and severe (58-68%), the lowest (5%) – in coconut oil. Sunflower, soybean oils, cocoa butter contain 26,89-27,1% oleic acid. Camelina oil contains four omega-9 fatty acids. To achieve a healthy balance in the human body, it is necessary to observe the recommended daily intake of LCD and eat a variety of fats.

Keyword: vegetable and animal fats, fatty acids, omega 3, omega 6, omega 9

Сейчас уже никто не сомневается в том, что полностью убирать жиры из своего рациона нельзя ни для похудения, ни для набора мышечной массы. Благодаря высокой калорийности жиры являются прекрасным источником энергии. Основной составной частью жиров растительного и животного происхождения являются сложные эфиры трехатомного спирта – глицерина и жирных кислот, называемые глицеридами. В натуральных жирах содержится около 95–97% триглицеридов жирных кислот, которые во многом определяют биологическую ценность пищевых продуктов. Из жирных кислот формируются клеточные мембраны, а в самих жировых клетках запасается энергетический потенциал человека. Учёные уже давно обратили внимание на тот

факт, что продолжительность жизни людей может очень сильно зависеть от того, какие именно жирные кислоты преобладают в их рационе, так как они могут обладать либо полезными свойствами, либо опасными. Поэтому большой интерес представляет вопрос, какие же жиры или масла необходимо использовать человеку с пищей для того, чтобы обеспечить себя необходимыми жирными кислотами.

Цель исследования: сравнить масла растительного и животного происхождения по содержанию необходимых для организма жирных кислот.

Задачи исследования: 1) провести определение и анализ жирнокислотного состава масел растительного и животного происхождения; 2) сравнить содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в маслах.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на базе Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса. Для сравнения жиров животного и растительного происхождения по содержанию в них жирных кислот использовались следующие масла: 1) животного происхождения – сливочное «Брестлитовское», 2) растительного происхождения – подсолнечное рафинированное дезодорированное «Слобода», оливковое нерафинированное Rio D Oro extra virgin, льняное Витапром «Эльфа»; соевое, рапсовое, сурепное, горчичное, рыжиковое – полученное путем отжима на микропрессе из семян в лаборатории ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»; кокосовое, какао – из Доминиканской Республики (Санто-Доминго).

Определение жирнокислотного состава масел проводили методом газовой хроматографии на хроматографе «Кристалл 2000М. Для анализа использовались масла промышленного производства (подсолнечное, оливковое, льняное) и свежеприготовленные (рапсовое, рыжиковое, сурепное, горчичное), которые отжимались из семян растений в лаборатории рапса ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» на лабораторном прессе. Масла были подготовлены для анализа на хроматографе согласно «ГОСТ 30418-96. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава». Масла в количестве 100 мг растворяли в гексане (2 мл), добавляли 100 мкл этилирующего реагента, 1 мкл полученного раствора вводили микрошприцем в хроматограф. Обработка данных проводилась на компьютере.

При проведении исследований масел принимали участие учащиеся МБОУ школы № 4 г. Долгопрудный Московской области согласно договору о сотрудничестве между ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» и школой. Все работы школьников выполнялись под руководством сотрудников ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса».

Результаты исследования и их обсуждение

Жирные кислоты – это огромный класс органических соединений, которые делятся на насыщенные и ненасыщенные. Насыщенные жирные кислоты представляют собой углеродные цепи с числом атомов от 4 до 30 и более и имеют формулу молекул CH3(CH2)nOH. Они имеют твердую консистенцию за счет вытянутых цепей вдоль прямой линии и плотного прилегания друг к другу. Из-за такой упаковки температура плавления триглицеридов повышается. Они участвуют в строении клеток, насыщают организм энергией. Насыщенные жиры в небольшом количестве нужны организму. Содержание насыщенных жиров в ежедневной диете в зависимости от физической активности индивидуума не должно превышать 6–10 % от общей калорийности дневного рациона. Избыток насыщенных жирных кислот в организме повышает уровень холестерина в крови, способствует, развитию болезней сердца [1].

Лауриновая кислота ($C_{12:0}$) – одна из четырех наиболее распространенных насыщенных жирных кислот ($C_{14:0}$, $C_{16:0}$ и $C_{18:0}$). Лауриновая кислота доминирует в кокосовом масле (48,03 %) в виде трилаурина. Широко используется в пищевой и химической промышленности, в производстве алкидных смол, мыл и шампуней. В виде моноглицерида используется в фармакологии в качестве антимикробного агента.

Среди насыщенных жирных кислот миристиновая ($C_{14:0}$) кислота обладает самым мощным холестерин повышающим действием. В наших исследованиях (табл. 1) наибольшее количество миристиновой кислоты отмечено в кокосовом масле, наименьшее – в льняном масле.

Наибольшую опасность из насыщенных жирных кислот также представляет пальмитиновая ($C_{16:0}$) кислота, наиболее часто встречающийся компонент среди насыщенных ЖК во всех маслах и жирах природного происхождения. Масла с высоким содержанием кислоты становятся опасными для здоровья и ускоряют процессы старения человека. Таким является касторовое масло (90 %). В остальных широко распространённых маслах пальмитиновой жирной кислоты мало. В наших исследованиях наибольшее содержание кислоты отмечено в сливочном масле и составило 36,94 %, наименьшее – в сурепном масле – 3,54 %.

Стеариновая кислота ($C_{18:0}$) также относится к насыщенным жирным кислотам, содержится в различных количествах во всех маслах и жирах, включая морские жиры, и является основным компонентом гидрогенизированных жиров. Основная ее функция – это запасы организма энергией. Однако нельзя злоупотреблять продуктами с высоким ее содержанием.

По нашим данным стеариновая кислота в количестве, превышающем 30 %, содержится в масле какао. В рапсовом масле она присутствует в небольших количествах, до 1 %. В остальных жирах ее содержание колеблется от 1,31 % (в сурепном масле) до 4,66 % (в льняном масле). Больше всего насыщенных жирных кислот содержат сливочное, кокосовое масла и масло какао.

Последние три десятилетия считалось, что насыщенные жирные кислоты вредны для здоровья человека, поскольку являются виновниками развития болезней сердца, сосудов. Новые научные открытия способствовали переоценке роли соединений. Сегодня установлено, что в умеренном количестве они не представляют угрозы для здоровья, а наоборот, благоприятно влияют на работу внутренних органов: участвуют в терморегуляции организма, улучшают состояние волос и кожи.

Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», утверждённых Роспотребнадзором 18.12.2008 г. «...потребление насыщенных жирных кислот для взрослых и детей должно составлять не более 10 % от калорийности суточного рациона» [2].

Наиболее полезными для организма являются ненасыщенные (моно-, ди-, три-) жирные кислоты. В отличие от насыщенных триглицеридов, ненасыщенные имеют «жидкую» консистенцию и не застывают в холодильной камере. Данная категория триглицеридов улучшает синтез белка, состояние клеточных мембран, чувствительность к инсулину. Помимо этого, выводит плохой холестерин, защищает сердце, сосуды от жировых бляшек, увеличивает число хороших липидов [3, 4]. Организм человека не вырабатывает ненасыщенные жиры, поэтому они должны регулярно поступать с продуктами питания. Комплекс ненасыщенных жирных кислот называют витамином F или антихолестериновым витамином. В него входят кислоты, входящие в состав омега-3, омега-6 и омега-9 комплексов.

К Омега-3 относят 11 полиненасыщенных жирных кислот. Без них не могут нормально функционировать нервная и иммунная системы. Из них синтезируются гормоноподобные вещества, регулирующие течение воспалительных процессов, свертываемость крови, сокращение и расслабление стенок артерий. Достаточная обеспеченность Омега-3 ПНЖК является условием для интеллектуального развития детей [5]. Самыми ценными считаются три жирные кислоты Омега-3: альфа-линоленовая ($C_{18:3(n-3)}$), эйкозопентаеновая ($C_{20:5\ (n-3)}$) и докозогексаеновая ($C_{22:5\ (n-3)}$). Наибольшее содержание альфа-линоленовой кислоты наблюдалось в льняном (57,2 %) и рыжиковом (33,5 %) маслах (рис. 1).

Омега-6 – группа полиненасыщенных жирных кислот, стабилизирующая обменные процессы в организме. Данные соединения поддерживают целостность клеточных мембран, потенцируют синтез гормоноподобных веществ, снижают психоэмоциональное напряжение, улучшают функциональное состояние дермы. Разновидности Омега-6: линолевая кислота ($C_{18:2(n-6)}$), арахидоновая кислота ($C_{20:4(p-6)}$), гамма-линоленовая кислота ($C_{18:3(n-6)}$), эйкозадиеновая кислота ($C_{20:2(n-6)}$).

Таблица 1

Содержание насыщенных жирных кислот
в маслах животного и растительного происхождения, %

Масло	Лауриновая C_{12}	Миристиновая C_{14}	Пальмитиновая C_{16}	Стеариновая C_{18}
Сливочное	1,18	1,61	36,94	4,43
Подсолнечное	–	0,08	7,20	3,24
Оливковое	–	–	12,73	2,01
Соевое	–	0,10	10,92	4,52
Рапсовое	–	0,06	4,19	–
Какао	0,15	0,12	22,22	32,15
Кокосовое	48,03	18,01	7,42	2,84
Льняное	–	0,05	5,54	4,66
Рыжиковое	–	0,06	5,44	2,50
Сурепное	–	–	3,54	1,31
Горчичное	–	–	3,88	2,25

Рис. 1. Содержание альфа-линоленовой кислоты в маслах, %

Таблица 2

Содержание Омега-6 и Омега-9 жирных кислот, %

Масло	Омега-6 жирные кислоты, %					Омега-9 жирных кислот, %			
	Линолевая	γ линоленовая	Эйкозадиеновая	Докозадиеновая	Арахидоновая	Олеиновая	Эйкозеновая	Нервоновая	Эруковая
Сливочное	21,68	0,24	–	–	–	32,26	0,13	–	–
Подсолнечное	60,02	0,69	–	–	–	27,01	0,16	–	–
Оливковое	6,04	–	–	–	–	77,20	0,32	–	–
Соевое	48,98	0,42	–	–	–	26,93	0,25	–	–
Рапсовое	17,10	–	0,05	–	–	68,07	1,33	0,10	–
Какао	2,48	1,75	3,17	–	–	26,89	–	–	–
Кокосовое	1,04	–	–	–	–	5,33	–	–	–
Льняное	13,49	0,06	–	–	–	17,41	0,13	–	–
Рыжиковое	17,31	–	1,96	0,14	1,38	17,76	13,73	0,78	2,89
Сурепное	24,30	–	–	–	–	56,94	0,91	–	–
Горчичное	34,54	–	–	–	–	41,81	1,33	0,38	–

Рис. 2. Сумма Омега-6 жирных кислот в маслах, %

Хотя существует довольно много видов омега-6 жирных кислот, наиболее важной является линолевая кислота. Наибольшее ее содержание отмечено в подсолнечном масле (60 %), наименьшее – в масле какао (2,5 %) (табл. 2, рис. 2). Наиболее богато Омега-6 кислотами рыжиковое масло, которое содержит одновременно линолевую, эйкозадиеновую, докозадиеновую и арахидоновую кислоты.

Рис. 3. Сумма Омега-9 жирных кислот в маслах, %

Кислоты Омега-9 – группа мононенасыщенных триглицеридов, которые входят в структуру каждой клетки человеческого организма. Данные жиры служат профилактике инфарктов мозга и сердца, регулируя уровень холестерина в крови; регулируют углеводный обмен, улучшают память; имеют противовоспалительное действие [6].

Главные представители Омега-9: олеиновая ($C_{18:1(n-9)}$), эруковая ($C_{22:1(n-9)}$) (однако применяемое в пищу масло не должно содержать 5% эруковой кислоты, превышение допустимой нормы может привести к проникновению веществ в скелетную мускулатуру, нарушение работы репродуктивных органов, печени и сердечно-сосудистой системы), гондоеивая (эйкозеновая $C_{20:1(n-9)}$) кислота, элаидиновая $C_{tr18:1(n-9)}$ кислота, нервоновая (селахолевая $C_{24:1(n-9)}$) кислота. Самым главным представителем Омега-9 является олеиновая кислота. Наибольшее ее содержание отмечено в оливковом масле (77%), наименьшее – в кокосовом масле (5%). Рыжиковое масло содержит четыре Омега-9 жирных кислоты, в том числе эруковую кислоту (табл. 2, рис. 3).

Пищевые продукты, содержащие ненасыщенные жиры, считаются более здоровыми по сравнению с теми, что содержат насыщенные жирные кислоты. Ненасыщенные жирные кислоты – незаменимые питательные вещества. Согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», физиологическая потребность в полиненасыщенных жирных кислотах для взрослых составляет 6–10% от калорийности суточного рациона, а также оптимальное соотношение в суточном рационе Омега-6 к Омега-3 жирным кислотам должно составлять 5–10:1 [2].

Таким образом, во всех изучаемых образцах масел присутствуют как насыщенные, так и ненасыщенные жирные кислоты, однако содержание этих кислот в маслах зависит от природы самого масла.

Выводы

1. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты – основные поставщики энергии в организм человека. Во всех изучаемых образцах масел присутствуют как насыщенные, так и ненасыщенные жирные кислоты, однако содержание этих кислот в маслах зависит от природы самого масла.

2. Основным источником насыщенных жирных кислот – пальмитиновой и стеариновой – являются масла животного происхождения и какао бобов. Содержание их в сливочном масле составило 36,94 и 4,43%, в какао – соответственно 22,22 и 32,15%. Кокосовое масло содержало 48,03% неполезной лауриновой кислоты.

3. Основными источниками ненасыщенных жирных кислот – линоленовой, линолевой, олеиновой – являются масла растительного происхождения. Наибольшее количество линоленовой кислоты отмечено в льняном (57,2%) и рыжиковом (33,5%) масле, линолевой – подсолнечном (60%), соевом (48,98%), горчичном (34,54%), олеиновой – в оливковом (77,2%), рапсовом и сурепном (68–58%) масле.

4. Для достижения здорового баланса в организме человека необходимо соблюдать рекомендуемые суточные нормы потребления жирных кислот и делать упор на разнообразие своего рациона.

Список литературы

1. Зайцева Л.В. Роль различных жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2010. № 10. С. 60–63.

2. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 18 декабря 2008 г.) [Электронный ресурс]. URL: http://base.garant.ru/2168105/ (дата обращения: 21.04.2019).

3. Гамаюрова В.С., Ржечицкая Л.Э. Мифы и реальность в пищевой промышленности. II. Сравнение пищевой и биологической ценности растительных масел // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 18. С. 146–155.

4. Долголюк И.В., Терещук Л.В., Трубникова М.А., Старовойтова К.В. Растительные масла – функциональные продукты питания// Техника и технология пищевых производств. 2014. № 2. С. 122–128.

5. Громова О.А., Торшин И.Ю., Егорова Е.Ю. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты и когнитивное развитие детей // Вопросы современной педиатрии. 2011. № 1. Т. 10. С. 66–72.

6. Светлова С. Омега-9: польза и вред [Электронный ресурс]. URL: https://medaboutme.ru/zdorove/publikacii/stati/lechebnoe_pitanie/omega_9_polza_i_vred/ (дата обращения: 21.04.2019).

УДК 553.982

КОНТРОЛЬ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ЕЁ СОСТАВА

Савиных Ю.В., Чуйкина Д.И.

Институт химии нефти СО РАН, Томск, e-mail: yu-sav2007@yandex.ru

Проведен анализ изменения состава нефти Восточного участка Усинского месторождения после закачки композиции поверхностно-активных веществ. Для анализа были использованы методы адсорбционной и газожидкостной хроматографии, ИК-спектроскопии. Полученные результаты показали, что при закачке композиции поверхностно-активных веществ в пласт наблюдается два параллельных процесса. Первый процесс – доотмыв остаточной нефти. Этот процесс контролируется увеличением содержания в нефти смолисто-асфальтовых веществ. Второй процесс – увеличение охвата пласта и подключение в разработку ранее не задействованных участков с нефтью, сходной по составу с нефтью в начале разработки. Это происходит за счет снижения поверхностного натяжения на границе нефть – вода. Анализ образцов нефтей, отобранных в 2017–2018 гг. сравнительно с нефтью, отобранной в 2014 г. (до закачки композиции поверхностно-активных веществ), показал увеличение содержания парафино-нафтеновых углеводородов для всех скважин. Это свидетельствует о подключении в разработку нового объекта с нефтью, обогащенной парафино-нафтеновыми углеводородами и меньшим содержанием смолисто-асфальтовых веществ. Использование результатов анализа группового состава нефти для контроля разработки Усинского месторождения позволило определить фронт продвижения контура нефтеносности участка А в направлении верхнего объекта. Полученные закономерности изменения компонентного состава нефти после воздействия композицией поверхностно-активных веществ могут быть распространены и на другие месторождения.

Ключевые слова: нефть, повышение нефтеотдачи, поверхностно-активные вещества, групповой состав, адсорбционная хроматография, газожидкостная хроматография

CONTROL OF DEVELOPMENT OF OIL FIELDS TO CHANGE ITS COMPOSITION

Savinykh Yu.V., Chuykina D.I.

Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, Tomsk, e-mail: yu-sav2007@yandex.ru

The analysis of changes in the composition of oil in the Eastern section of the Usinskoye field after injection of the composition of surfactants has been carried out. For the analysis, the methods of adsorption and gas-liquid chromatography, IR spectroscopy were used. The results showed that when injecting a composition of surfactants into the formation there are two parallel processes. The first process is the removal of residual oil. This process is controlled by increasing the content of tar-asphalt substances in the oil. The second process is an increase in reservoir coverage and connection to the development of previously unused sites with oil similar in composition to oil at the beginning of development. This is due to a decrease in the surface tension at the oil-water interface. Analysis of oil samples collected in 2017-2018 compared with the oil selected in 2014 (before the injection of the composition of surfactants) showed an increase in the content of paraffin-naphthenic hydrocarbons for all wells. This indicates the connection to the development of a new facility with oil enriched in paraffin-naphthenic hydrocarbons and a lower content of tar-asphalt substances. Using the results of the analysis of the group composition of oil to control the development of the Usinsky field allowed us to determine the front of advancement of the oil-bearing contour of Section A in the direction of the upper object. The obtained patterns of changes in the composition of the oil after exposure to the composition of surfactants can be extended to other fields.

Keywords: oil, enhanced oil recovery, surfactants, group composition, adsorption chromatography, gas-liquid chromatography

Характерной особенностью современной нефтедобычи является увеличение в мировой структуре сырьевых ресурсов доли трудноизвлекаемых запасов, к которым относятся в основном тяжелые и высоковязкие нефти с вязкостью 30 мПа*с и выше. Запасы таких нефтей значительно превышают запасы легких и маловязких нефтей и, по оценкам специалистов, они составляют не менее 1 трлн т [1]. В общем объеме запасов российской нефти на долю трудноизвлекаемых запасов приходится около 55 % [2].

При добыче высоковязкой нефти, как правило, используется тепловое воздействие на нефтеносные пласты. Термические методы увеличения нефтеотдачи пластов не имеют в настоящее время альтернативы при разработке нефтяных месторождений, содержащих высоковязкую нефть [3]. Для повышения эффективности паротеплового воздействия, увеличения нефтеотдачи и интенсификации разработки особое внимание уделяют развитию и промышленному применению химических методов увеличения нефтеотдачи (МУН) [4].

Одним из таких МУН является вытеснение нефти водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ). Заводнение водными растворами ПАВ направлено на снижение поверхностного натяжения на границе «нефть – вода», увеличение подвижности нефти и улучшение вытеснения ее водой.

В процессе разработки месторождения возникает необходимость контролировать и уточнять состояние залежей с учетом новых сведений о геологическом строении, получаемых не только при их разбуривании, но и дальнейшей эксплуатации. Наряду со стационарными и импульсными методами при контроле за разработкой широкое распространение получили методы радио-, термометрии, акустического каротажа, дебитометрии, а также специальные методики интерпретации полученных данных [5]. Однако эти методы дают информацию об околоскважинном пространстве и в малой степени позволяют определять продвижения контуров нефтеносности. Эту задачу можно решить, анализируя изменение состава добываемой нефти.

Поэтому целью исследования стало определение направленности изменения компонентного и индивидуального состава тяжелых высоковязких нефтей Усинского месторождения при использовании физико-химических технологий увеличения нефтеотдачи.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта изучения влияния заводнения композицией ПАВ было выбрано Усинское месторождение (Республика Коми). Пермокарбоновая залежь Усинского месторождения является одним из наиболее сложных объектов. Она залегает на глубине 1100–1500 м и содержит нефти с аномальной вязкостью (710 мПа·с) в карбонатах трещинно-кавернозно-порового типа нижней перми, верхнего и среднего карбона. Покрышка залежи – это толща верхнепермских глин, алевролитов и аргиллитов. В разрезе залежи выделяется 13 продуктивных пачек, которые объединяются в три эксплуатационных объекта: нижний (пачки 1–5), средний (пачки 6–8), верхний (пачки 9–13) [6]. Поскольку пермокарбоновая залежь Усинского месторождения состоит из гидродинамически связанных между собой объектов (верхнего, среднего и нижнего), состав добываемой нефти позволяет фиксировать основной объект, из которого она поступает в ту или иную скважину (рис. 1). Об этом свидетельствует проведенное нами ранее исследование состава нефтей из отдельных объектов Усинского месторождения, которые показали отличительные признаки группового и индивидуального состава нефтей каждого объекта [7].

Нефть верхнего объекта характеризуется повышенным содержанием алканов, в нефтях нижнего и среднего объектов доля алканов понижена, доминируют ароматические углеводороды (АрУВ). Самым низким содержанием алканов, высокой долей ароматических и нафтеновых углеводородов («нафтеновый горб») отличаются нефти нижнего объекта.

Для детального изучения воздействия композиции ПАВ на состав добываемой нефти был выбран Восточный участок месторождения (участок А, рис. 2). На данном участке вскрыты все три объекта, но основная добыча ведется из среднего и нижнего объектов. Для мониторинга за изменением состава добываемой нефти до и после применения МУН были исследованы пробы, добытые из добывающих скважин до и после закачки композиции.

На этом участке после паротепловой обработки (ПТО) была закачана композиция НИНКА® на основе ПАВ, соли аммония и карбамида, которые в пласте под действием пластовой температуры или закачиваемого теплоносителя образуют углекислый газ CO_2 и аммиачную буферную систему [8]. Данная технология позволяет снизить вязкость добываемой нефти за счет CO_2, а также приводит к доотмыву остаточной нефти за счет ПАВ, что совместно с ПТО положительно влияет на изменение дебитов по нефти.

Рис. 1. Схематический геологический профиль II–II' по продуктивным пермокарбоновым отложениям: а –границы органогенной постройки, б – кровля пермокарбоновой толщи, в –репер IV, г –разделы между объектами разработки: нижний объект (пачки 0–5), средний объект (пачки 6–8), верхний объект (пачки 9–13)

Рис. 2. Схема расположения скважин на участке А Усинского месторождения

Для изучения состава нефти использовался комплексный подход. Анализ группового состава нефти проводили методом градиентно-вытеснительной хроматографии, определяя парафино-нафтеновые углеводороды (ПНУ), ароматические углеводороды, смолы нейтральные (СН), смолы кислые (СК) и асфальтены. Разделение в аналитическом режиме проводили на приборе «Градиент», производства БашНИИНП [9, 10].

Анализ индивидуального состава н-парафинов проводили на газовом хроматографе Хромос ГХ-1000, снабженном капиллярной колонкой длиной 25 м с фазой OV – 101, газ-носитель – гелий, температура испарителя и интерфейса 250 °С; нагрев колонки осуществлялся в режиме линейного программирования температуры; начальная температура $T_{нач}$ = 80 °С, повышение температуры происходило со скоростью 10 град/мин. Максимальная температура $T_{макс}$ = 280 °С.

ИК-спектры снимали в тонком слое на приборе «Nikolet 5700» в области 400–4000 см$^{-1}$. Для определения изменения содержания в образцах тех или иных групп и связей применяли отношения оптических плотностей.

$C_1 = D_{1610}/D_{1465}$ – соотношение суммы ароматических и алифатических структур;

$C_2 = D_{820}/D_{1610}$ – соотношение полизамещенных ароматических структур к их общему содержанию;

$C_3 = D_{1710}/D_{1610}$ – соотношение карбоксильных групп к сумме ароматических структур

$C_4 = D_{1380}/D_{1465}$ – коэффициент разветвленности, характеризует условное содержание CH_3-групп.

Результаты исследования и их обсуждение

При лабораторном моделировании процесса вытеснения Усинской нефти с карбонатной породы пласта композицией «НИНКА» было определено, что проходит последовательный отмыв компонентов нефти в порядке ПНУ – АрУВ – смолы – асфальтены [11]. Совместное применение ПТО и композиции ПАВ приводит к тому, что в пласте происходит активное перераспределение флюидов за счет капиллярных сил. Происходит вытеснение нефти с малой вязкостью горячим конденсатом из мелких пор и низкопроницаемых слоев в крупные поры, а также высокопроницаемые слои. Таким образом, происходит обмен вода – нефть – порода. При промышленной закачке данной композиции ПАВ в пласт наблюдается дополнительный процесс – увеличение охвата пласта и подключение в разработку ранее не задействованных участков с нефтью, сходной по составу с нефтью, добытой в начале разработки. Это происходит за счет снижения поверхностного натяжения на границе нефть – вода.

Как было показано в работе [7], состав нефтей Усинского месторождения меняется как по разрезу, так и по площади месторождения. Нефти из скважин, расположенных недалеко друг от друга, имеют схожие характеристики состава, поэтому за исходный образец нефти, добытый без воздействия различных композиций, была взята нефть скважины № 3441, отобранная в 2014 г.

Анализ образцов нефтей, отобранных в 2017–2018 гг., сравнительно с нефтью, отобранной в 2014 г. показал увеличение содержания ПНУ для всех скважин (табл. 1). Это свидетельствует о подключении в разработку верхнего объекта с нефтью, обогащенной ПНУ. Одновременно для нефтей скважин 3441 и 3443 наблюдается увеличение содержания асфальтенов, что свидетельствует о последней стадии доотмыва нефти.

Таблица 1

Компонентный состав и свойства нефтей Восточного участка месторождения

Скв. №	Дата отбора	Содержание, % отн.				
		ПНУ	ПЦА	НС	КС	Асфальтены
3441	11.2014	46	20	3	22	8
3441	11.2017	54	12	3	20	12
3441	04.2018	55	19	2	13	10
3443	04.2018	56	18	3	7	16
3438	12.2017	59	18	2	16	6
3508	04.2018	65	15	1	14	6
3444	04.2018	63	10	2	18	7

Рис. 3. Хроматограмма нефтей Усинского месторождения:
а – скв. № 3441, дата отбора ноябрь 2014, б – скв. № 3441, дата отбора ноябрь 2017

Методом газовой хроматографии показано, что распределение н-алканов (высокий «нафтеновый горб», практически полное отсутствие н-алканов) до закачки композиции (скв. № 3441, дата отбора ноябрь 2014) типично для нефтей нижнего объекта (рис. 3, а). Изменение молекулярно-массового распределение (ММР) в нефти, отобранной в 2017 г. (рис. 3, б), указывает на подток нефти верхнего объекта, что также подтверждается увеличением содержания ПНУ.

Нефть скважины № 3444, отобранная в апреле 2018, характеризуется повышенным содержанием н-алканов по сравнению с нефтью из скв.№ 3441 (рис. 4). Также данный образец нефти отличается повышенным содержанием ПНУ. Таким образом, можно предположить, что в разработку подключился верхний объект.

Анализ ИК-спектров показал увеличение относительного содержания насыщенных УВ (коэффициент C_1, табл. 2), снижение относительного содержания карбоновых кислот, составляющих основу кислых смол (коэффициент C_3). Это согласуется с данными по изменению группового состава и ГЖХ анализу после закачки композиции и подтверждает подключение к разработке верхнего объекта. Другие коэффициенты (C_2, C_4) менее информативны и не отражают процессов, происходящих в пласте после закачки композиции.

Рис. 4. Хроматограмма нефти Усинского месторождения скв. № 3444

Таблица 2

Изменение спектральных характеристик нефтей Восточного участка

Скв. №	Дата отбора	C_1	C_2	C_3	C_4
3441	11.2014	3.29	0.08	0.40	0.59
3441	11.2017	3.84	0.08	0.42	0.57
3443	04.2018	3.64	0.07	0.34	0.58
3438	12.2017	3.52	0.07	0.34	0.56
3508	04.2018	3.48	0.08	0.35	0.61
$C_1 = D_{1380+720}/D_{1600}$, $C_2 = D_{975}/D_{1470}$, $C_3 = D_{1710}/D_{1610}$, $C_4 = D_{1380}/D_{1463}$					

Заключение

Полученные данные по изменению группового состава нефти указывают на два процесса, проходящие в пласте после закачки композиции ПАВ в скважины. При первом процессе происходит доотмыв остаточной нефти из уже дренированных участков. При втором процессе в разработку подключаются пропластки, ранее не промытые водой и содержащие нефть, обогащенную парафино-нафтеновыми углеводородами. Использование результатов анализа группового состава для контроля разработки месторождения позволило определить фронт продвижения контура нефтеносности участка А в направлении верхнего объекта.

Список литературы

1. Антониади Д.Г., Савенок О.В. Трудноизвлекаемые запасы нефти – структура и тенденции // Инженер-нефтяник. 2012. № 3. С. 5–9.

2. Макаревич В.Н., Искрицкая Н.И., Богословский С.А. Ресурсный потенциал тяжелых нефтей Российской федерации: перспективы освоения // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 2. С. 1–13.

3. Буркова А.А. Пароциклическое воздействие на призабойную зону пласта // Булатовские чтения. 2018. Т. 2–1. С. 98–104.

4. Антониади Д.Г., Кошелев А.Т., Исламов Р.Ф., Пустовой П.А. Проблемы повышения добычи нефти в условиях месторождений России // Нефть. Газ. Новации. 2010. № 12 (143). С. 64–69.

5. Ипатов А.И., Кременецкий М.И., Каешков И.С., Буянов А.В. Стационарный мониторинг геофизических параметров при контроле разработки месторождений. Возможности, проблемы и перспективы использования // Актуальные проблемы нефти и газа. 2018. № 2 (21). С. 12–18.

6. Абдулмазитов Р.Д., Баймухаметов К.С., Викторин В.Д. Геология и разработка крупнейших уникальных нефтяных и газовых месторождений России. М.: ВНИИОЭНГ, 1996. Т. 1. 280 с.

7. Чуйкина Д.И., Серебренникова О.В., Стахина Л.Д., Алтунина Л.К. Особенности геологического строения залежи Усинского месторождения и состава добываемой нефти // Экспозиция нефть газ. 2018. № 1. С. 18–21. [Электронный ресурс]. URL: http://runeft.ru/archive/2017/1_2018.htm (дата обращения: 05.04.2019).

8. Алтунина Л.К, Кувшинов В.В, Кувшинов И.В. Композиции ПАВ для эффективного паротеплового воздействия на пласт // Oil&Gas Journal Russia. 2010. № 6. С. 68–75.

9. Соколова В.И., Колбин М.А. Жидкостная хроматография нефтепродуктов. М.: Химия, 1984. С. 41–51.

10. Инструкция по определению группового углеводородного состава тяжелых дистиллятов и остатков. М.: ВНИИНП, 1978. 11 с.

11. Chuikina D.I., Kozlov V.V., Stakhina L.D., Savinykh Yu.V. Study of the Composition of Heavy Oil during the Simulation of Oil Displacement in Porous Media. Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2018. V. 3. № 11. P. 323–332.

СТАТЬИ

УДК 338.465.2

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГИДРОПРИВОДОВ ВОРОТ И ЗАТВОРОВ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

[1]Морозов В.Н., [2]Гнеденко В.В., [3]Павлович И.Л.

[1]ООО «ТЕХТРАНССТРОЙ», Самара, e-mail: ttstroy@tts63.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», Самара, e-mail: chudaeva@inbox.ru;
[3]ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва (Самарский университет)», Самара, e-mail: i_g_o_r_ip@mail.ru

В представленной работе приводится методика оценки экономической эффективности при модернизации гидроприводов судоходных шлюзов гидротехнических сооружений с использованием прогрессивных и инновационных решений в области систем автоматизации управления, регулирования и контроля, которая определяется несколькими составляющими: пропускной способностью шлюза; надежностью модернизируемого оборудования; энергосбережением функционирования оборудования; снижением трудоемкости технического обслуживания и ремонта; снижением потребления запасных частей, инструмента, принадлежностей (ЗИП). На первом этапе по методике, приведенной в нормативных правилах, принятых в гидротехническом строительстве (СНиП), рассчитывается пропускная способность шлюза и оценивается экономический эффект за счет расширения диапазона технических характеристик, на втором оценивается надежность инновационных решений и проводятся расчеты экономической целесообразности реконструкции гидропривода. На третьем этапе оценивается показатели энергосбережения модернизированного оборудования. На четвертом этапе оцениваются снижение трудоемкости технического обслуживания и ремонта. На пятом этапе оценивается снижение запасов ЗИП. На шестом этапе рассчитывается экономическая эффективность инвестиционного проекта реконструкции гидропривода судоходных гидротехнических сооружений (СГТС). В качестве одного из вариантов, позволяющих увеличить пропускную способность судоходного шлюза, предлагается использование адаптивного электрогидравлического следящего привода с частотно-дроссельным управлением, реализующим переменные скорости при открытии/закрытии ворот.

Ключевые слова: судоходный шлюз, гидропривод, эффективность, модернизации

METHODOLOGY OF ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF MODERNIZATION OF HYDRAULIC GATES AND VALVES OF LOCKS

[1]Morozov V.N., [2]Gnedenko V.V., [3]Pavlovich I.L

[1]TEKHTRANSSTROY, OOO, Samara, e-mail: ttstroy@tts63.ru;
[2]Samara State University of Economics, Samara, e-mail: chudaeva@inbox.ru;
[3]Samara National Research University named after academician S.P. Korolev (Samara University), Samara, e-mail: i_g_o_r_ip@mail.ru

The paper presents a method of assessing the economic efficiency in the modernization of hydraulic drives of navigable locks of hydraulic structures using advanced and innovative solutions in the field of automation control, regulation and control, which is determined by several components: the capacity of the gateway; reliability of modernized equipment; energy saving operation of equipment; reducing the complexity of maintenance and repair; reducing the consumption of spare parts, tools, accessories (spare parts). At the first stage, according to the method given in the regulatory rules adopted in hydraulic engineering construction (SNiP), the capacity of the gateway is calculated and the economic effect is estimated by expanding the range of technical characteristics, the second assesses the reliability of innovative solutions and calculates the economic feasibility of the reconstruction of the hydraulic drive. At the third stage, the energy saving indicators of the upgraded equipment are estimated. At the fourth stage, the decrease in the complexity of maintenance and repair is estimated. At the fifth stage, the reduction of spare parts stocks is estimated. At the sixth stage, the economic efficiency of the investment project for the reconstruction of the hydraulic drive of navigable hydraulic structures (sgts) is calculated. As one of the options that allows to increase the capacity of the shipping gateway, it is proposed to use an adaptive electrohydraulic servo drive with frequency-throttle control, implementing variable speed when opening/closing the gate.

Keywords: shipping lock, hydraulic, efficiency, upgrading

За последние годы государством вкладываются большие инвестиции в модернизацию судоходных шлюзов, которые представляют собой сложное гидротехническое крупногабаритное сооружение, одним из составных частей которого является гидропривод ворот с автоматизированной системой управления. При проектировании, изготовлении и эксплуатации шлюза возникают технические и инвестиционные риски, которые могут привести к финансовым потерям. Безопасность судоходства и пропускная способность внутренних и внешних водных путей России – категория экономическая [1–3].

Цель исследования: разработка методики оценки экономической эффективности модернизации гидроприводов ворот и затворов судоходных шлюзов.

Экономическая эффективность модернизации гидроприводов ворот и затворов судоходных шлюзов определяется несколькими составляющими: увеличением пропускной способности шлюза; надежностью модернизируемого оборудования; энергосбережением функционирования оборудования; снижением трудоемкости технического обслуживания и ремонта; а также снижением запасов ЗИП. Например, по данным [4], в результате модернизации судоходных путей по реке Дунай может вырасти на 50% при выделении на модернизацию 59 млн евро.

Рассмотрим данные составляющие планируемых работ поэтапно.

На первом этапе оценивается возможность увеличения пропускной способности шлюза. Пропускная способность судоходного шлюза является важнейшим комплексным технико-экономическим показателем, определяющим наибольшее число шлюзований (судопропускная способность) и количество грузов в судах (грузопропускная способность), пропускаемых через шлюз за определенный промежуток времени. На стадии проектирования шлюза исходными данными для расчета пропускной способности являются объемы перевозок за навигацию, данные о расчетных судах, долевое участие судов различного типа в перевозках грузов и т.д.

Для увеличения пропускной способности эксплуатируемых судоходных шлюзов следует уменьшить время шлюзований за счет сокращения отдельных операций, в особенности времени входа и выхода судов, времени наполнения и опорожнения камер, совершенствовать конструкцию и режимы оборудования, сокращать непроизводственные простои шлюза и т.д. Оценку эффективности пропускной способности шлюза при этом целесообразно проводить по суточной пропускной способности шлюза.

Суточная пропускная способность шлюза характеризуется максимальным числом шлюзуемых судов за 23 часа работы шлюза. Для работающего шлюза эта величина зависит от характера судопропуска (одно- или двустороннее шлюзование) и полного времени (цикла) судопропуска.

Полное время одно- и двустороннего судопропуска через шлюз определяется суммированием времени выполнения времени технологических операций процесса судопропуска (согласно требованиям актуализированной версии нормативного документа СНиП 2.06.07-87) [5].

В качестве одного из вариантов, позволяющих увеличить пропускную способность судоходного шлюза, авторами предлагается адаптивный электрогидравлический следящий привод с частотно-дроссельным управлением, реализующий переменные скорости при открытии/закрытии ворот [6].

Алгоритм работы защищен патентом на изобретение [7]. Привод, созданный на его основе, прошел лабораторные и полевые испытания в составе действующего шлюза ФБУ «Администрация Волжского бассейна» в навигациях 2013–2015 гг. и был принят в 2017 г. в опытно-промышленную эксплуатацию.

Анализ материалов позволил разработать методику оценки изменения показателей пропускной способности шлюзов с головной системой питания при переходе на режимы с переменной скоростью движения подъемно-опускных ворот.

Предлагаемая методика по оценке экономической эффективности инвестиций в модернизацию гидропривода шлюза на этапе проектирования состоит из семи пунктов.

п. 1. Для шлюза выполняются расчеты по методике СНиП с определением показателей времени технологических операций при постоянной скорости движения ворот.

п. 2. Делается предположение о возможности изменения времени наполнения камеры от 0,5% до 1,5% за счет применения адаптивного следящего гидропривода, реализующего переменные режимы движения ворот при постоянном напоре.

п. 3. Определяется среднее время судопропуска.

п. 4. Определяются показатели пропускной способности.

п. 5. Определяется экономический эффект.

п. 6. Принимается допущение по изменению напора на 5–15%.

п. 7. Выполняются работы по п. 2–6.

В итоге выполняется анализ полученных результатов и делается заключение о целесообразности реконструкции системы питания шлюза.

На втором этапе определяется надежность оборудования шлюза.

На шлюзах с широкими камерами, например 30 м, для движения ворот используются два гидропривода с комбинированной частотно-дроссельной автоматизированной системой управления. Из-за неопределенности нагрузок на их штоки (ветровые и волновые нагрузки, различные триботехнические характеристики, разные

утечки рабочей жидкости по подвижным уплотнениям из-за неравномерного износа, особенности технологического процесса судопропуска и т.д.) постоянно возникают параметрические отказы, например, в виде перекоса плоских ворот, которые могут привести к заклиниванию ворот и длительной остановке шлюза. При работе гидропривода с постоянной скоростью специальная система контроля перекоса при возникновении перекоса отключает насосы привода убегающей стороны с последующим их включением под нагрузкой. Это приводит к появлению в гидросистеме гидропривода пиковых нагрузок по давлению рабочей жидкости, изменяются показатели надежности элементов гидропривода, возможно разрушение гидроагрегатов и трубопроводов, ускоряется старение гидравлического масла. Появление пиковых нагрузок по давлению приводит к возникновению переходных процессов в гидросистеме, изменению таких важных параметров, как расход и вязкость рабочей жидкости, что еще больше снижает показатели надежности. Представленные материалы позволяют классифицировать режим работы гидропривода ворот и затворов судоходного шлюза как весьма тяжелый по числу включений в единицу времени (400–800 включений в час или 5–10 включений в минуту).

По опубликованным статистическим данным [8], известно, что интенсивность отказов оборудования λ, применяемого в гидроприводах, изменяется в достаточно широком диапазоне. Так, минимальное, среднее и максимальное значения $\lambda \cdot 10^{-6}$ составляет соответственно для цилиндров 0,005–0,008–0,35, для насосов с электроприводом 2,9–13,5-27,4, для гидравлических соединений 0,012–0,03–2,01 и др. При расчетах показателей надежности по показателям интенсивности отказов в реальных условиях влияния влажности, вибрации, неравномерности нагрузки для стационарных наземных установок рекомендовано использование повышающего коэффициента с = 10.

Более точные значения показателей интенсивности отказов элементов гидроприводов ворот и затворов судоходных шлюзов из-за малой статистики могут быть получены только при проведении испытаний моделей на специальных инновационных динамических стендах типа 100-КЭ.

Расчет вероятности безотказной работы рекомендовано выполнять для 25, 250 и 1000 ч. Повышение надежности может быть достигнуто путем резервирования, например в предлагаемом гидроприводе с частотно-дроссельным управлением функции регулятора выполняет либо частотный преобразователь, либо регулятор расхода, либо они работают совместно.

В штатных гидроприводах ворот и затворов шлюза применены резервные насосы, спаренные фильтры, различные блокировки, ручное управление и др. Расчет показателей надежности гидросистемы гидропривода ворот и затворов судоходного шлюза как сложной технической системы рекомендуется проводить по экспотенциальному закону.

На втором этапе предлагается следующая методика расчета, содержащая пять пунктов:

п. 1. Разрабатывается структурная гидравлическая схема привода.

п. 2. Определяются средние и максимальные значения показателей интенсивности отказов элементов структурной гидравлической схемы с повышающим коэффициентом 10.

п. 3. Методами теории надежности определяется средний и максимальный показатели интенсивности отказов гидропривода как системы с резервированием отдельных элементов оборудования.

п. 4. С использованием экспоненциального закона для времени работы гидропривода 1000 ч (приблизительно 50% продолжительности навигации) определяются показатели надежности.

п. 5. Выполняется анализ полученных результатов, оцениваются затраты на техническое обслуживание и ремонт и делается заключение о целесообразности реконструкции гидропривода.

При этом расчеты экономической целесообразности реконструкции гидропривода должны быть проведены по нескольким сценариям. Классически это три сценария: оптимистичный, реалистичный и пессимистичный. Применительно к оценке эффективности инвестирования в реконструкцию гидропривода эти сценарии будут отличаться интенсивностью отказов оборудования λ, применяемого в гидроприводах, полученных при проведении испытаний (значения определяются в рамках п. 2 и п. 3 описываемой методики расчета). Расчеты оптимистичного сценария проводятся при минимальном значении интенсивности отказов, реалистичного – при среднем, а пессимистичного – при максимальном.

На третьем этапе оценивается показатели энергосбережения модернизированного оборудования.

Основными потребителями электроэнергии в штатном гидроприводе ворот и затворов ворот/створок ворот являются насосы подачи рабочей жидкости в поло-

сти гидроцилиндров, штоки которых через шарниры соединены с воротами. В процессе наполнения и закрытия верхних подъемно-опускных ворот на шлюзах с шириной камер 30 м, например Чебоксарские шлюзы ФБУ «Администрация Волжского бассейна», работают практически одновременно два насоса с приводом от асинхронных двигателей мощностью по 75 кВт каждый. Среднее время работы этих насосов 5–7 мин. При открытии/закрытии нижних двустворчатых ворот для перемещения каждой створки используют два насоса с приводом от асинхронного двигателя мощностью 55 кВт каждый. Перемещение ворот/створок ворот при этом происходит с постоянной скоростью. Для приближенного расчета рекомендуется принимать количество шлюзований в сутки от 20 до 22. Для гидропривода, реализующего переменную скорость движения ворот за счет уменьшения оборотов насоса/электродвигателя, потребляемая мощность уменьшается на 15–25 %.

Снижение потребляемой мощности приведет к уменьшению затрат на электроэнергию. Так, затраты Балаковского СГТС на приобретение электрической энергии определены в размере 3 120 568 руб. ежегодно на период с 2017 по 2019 гг. (при тарифе 2,87 руб. за кВт). При неизменном тарифе на электроэнергию можно говорить о том, что затраты на электроэнергию будут уменьшены примерно на 468–781 тыс. руб. Затраты на электроэнергию отражаются в текущих затратах, следовательно, величина текущих затрат будет снижена.

На четвертом этапе оценивается снижение трудоемкости технического обслуживания и ремонта.

Для технического обслуживания и ремонта судоходных шлюзов утверждены в 2014 г. нормативы финансирования, однако средств госбюджета не хватает (приблизительно 8 млрд руб.). Применение гидропривода с частотно-дроссельной системой управления позволяет улучшить режим работы и снизить объем технического обслуживания и ремонта на 20–40 %.

Затраты на техническое обслуживание инженерных систем в 2017 г. составили 120 тыс. руб. Следовательно, применение гидропривода с частотно-дроссельной системой управления позволит только на ТО на Балаковском СГТС сэкономить 24–48 тыс. руб.

Затраты на текущий ремонт СГТС на 2017–2019 гг. определены в размере 12 млн руб. ежегодно. Следовательно, применение гидропривода с частотно-дроссельной системой управления позволит только на ТО на Балаковском СГТС сэкономить 2,4–4,8 млн руб.

На пятом этапе оценивается снижение запасов ЗИП.

Экспериментальный образец адаптивного электрогидравлического следящего привода с унифицированной частотно-дроссельной системой управления 158-ГП1.00.00.000 подтвердил свою работоспособность на верхних и нижних воротах шлюзов Балаковского РГСиС ФБУ «Администрация Волжского бассейна». Опытная эксплуатация привода в составе верхних рабочих ворот производилась без выполнения ремонтных работ три навигации. Отмечено удобство и снижение трудоемкости при подготовке гидропривода к навигации. В 2017 г. модернизированный образец привода 158-ГП1.00.00.000 принят в опытно-промышленную эксплуатацию. Унификация системы управления приводом на верхних и нижних воротах шлюза позволяет снизить ЗИП по элементам системы управления в два раза.

Затраты на сменно-запасные части для Балаковского СГТС на 2017–2019 гг. определены в размере 1100 тыс. руб. ежегодно. Следовательно, за счет применения адаптивного электрогидравлического следящего привода с унифицированной частотно-дроссельной системой управления можно сэкономить до полумиллиона рублей.

Единообразие систем управления как наиболее сложного узла привода позволяет также повысить квалификацию обслуживающего персонала за счет сокращения изучаемых тем и более подробного изучения привода с частотно-дроссельным управлением в специальных научных центрах, например, Самарском университете им. С.П. Королева.

Повышение квалификации обслуживающего персонала, с одной стороны, приводит к увеличению затрат на оплату труда, так как ставка сотрудника зависит от его квалификации. С другой стороны, за счет повышения квалификации появляется возможность сократить количество обслуживающего персонала, что приведет к снижению фонда оплаты труда ФБУ.

Для экономического обоснования и оценки экономической эффективности мероприятий, направленных на реконструкцию СГТС, предлагается следующая методика расчета, содержащая пять пунктов.

п. 1. Выполняются пункты 1–8 (1 этап).

п. 2. Определяется надежность оборудования, пункты 1–5 (2 этап).

п. 3. Оценивается энергосбережение (3 этап).

п. 4. Оценивается снижение трудоемкости технического обслуживания и ремонта (4 этап).

п. 5. Оценивается снижение запасов ЗИП (5 этап).

Заключение

Полученные результаты позволяют оценить экономическую эффективность инвестиционного проекта реконструкции гидропривода СГТС по предлагаемому алгоритму:

– определяется норма дисконта;

– определяется длительность расчетного периода инвестиционного проекта, в виде которого следует представить проект реконструкции СГТС;

– формируются притоки и оттоки проекта, конструируется бюджет проекта;

– на основании данных бюджета рассчитываются показатели экономической эффективности проекта;

– интерпретируются показатели экономической эффективности.

Список литературы

1. Левачев С.Н., Малахаков В.В., Правдивец Ю.П., Шарухип Л.А. Реконструкция судоходных сооружений Рыбинского гидроузла // Вестник МГСУ Спецвыпуск № 1. 2010. С. 19–29.

2. Волго-Донской канал надежен и безопасен. Речной транспорт. Морские вести России № 2 (2018) [Электронный ресурс]. URL: http://www.morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=71654 (дата обращения: 16.04.2019).

3. Безопасность судоходства по Волго-Каспийскому судоходному каналу – категория экономическая. Морские порты № 4 (2016) [Электронный ресурс]. URL: http://morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=62541 (дата обращения: 16.04.2019).

4. Евросоюз выделил 59 млн евро на модернизацию судоходных путей по реке Дунай. Евро новости 8 августа 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://sudostroenie.info/novosti/23932.html (дата обращения: 16.04.2019).

5. СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Государственный строительный комитет СССР М.: 1989 Строительные нормы и правила РФ по состоянию на 13.04.2019 г [Электронный ресурс]. URL: http://sniprf.ru/razdel-2/2-06-07-87 (дата обращения: 16.04.2019).

6. Морозов В.Н., Краснощеков И.Л., Красинский Д.Б., Павлович Л.А., Павлович И.Л., Мельников Е.В. Гидропривод ворот судоходного шлюза с автоматизированной системой управления // Гидротехническое строительство 2017. № 6. С. 200–207.

7. Морозов В.Н., Краснощеков И.Л., Павлович И.Л., Красинский Д.Б., Клинов Р.А., Павлович Л.А., Мельников Е.В. Способ регулирования скорости объемного гидропривода с комбинированной частотно-дроссельной системой управления при пуске под нагрузкой // Патент на изобретение РФ № 2503858 11.09.2012 г. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Техтрансстрой» (ООО «Техтрансстрой») Реестр изобретений РФ [Электронный ресурс]. URL: https://patentinform.ru/inventions/reg-2503858.html (дата обращения: 16.04.2019).

8. Баржанский Е.Е. Определение надежности гидроприводов, выпускаемых в условиях единичного и мелкосерийного производства // Пневматика и гидравлика. М., 1987. Вып. 13. С. 19–28.

УДК 332.64(574)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЗАЛОГОВОГО ИМУЩЕСТВА В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННОЙ ПРОДАЖИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Сихимбаев М.Р., Тапин Д.К., Легостаева А.А., Сраилова Г.Н.

Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда,
e-mail: smurat@yandex.ru, dantapin@mail.ru, anjal@mail.ru, gulnara.srailova@mail.ru

В статье проведено исследование оценки стоимости залогового имущества в условиях вынужденной продажи, так как в настоящее время данный вид оценки является одним из немаловажных приоритетов для банков второго уровня в Республике Казахстан. Возникают случаи, когда заемщик, взяв кредит по залоговое обеспечение, не всегда имеет возможность погасить кредитную задолженность, в связи с этим, финансовое учреждение вынуждено заняться реализацией залога в целях возмещения всех затрат банка связанных с данным кредитом. Существуют огромные риски для банков, если залоговое имущество при продаже не покрывает расходы банка, поэтому для защиты интересов банка, т.е. чтобы минимизировать риски и обеспечить возвратность кредитной суммы, необходимо правильно организовать процесс осуществления оценки залогового имущества, для получения ликвидной стоимости. Правильно подобранный подход к оценке позволяет произвести корректный расчет итоговой стоимости объекта и получить обоснованное мнение о степени ликвидности залога, в зависимости от срока экспозиции. Важно помнить, что при проведении оценки залогового имущества ликвидность – одна из важных составляющих залога и дает возможность судить о том, насколько быстро можно продать данное имущество при вынужденной реализации и погасить задолженность по кредиту.

Ключевые слова: оценка, залоговое имущество, кредитование, финансовое учреждение, кредитная задолженность, ликвидная стоимость

STUDY OF VALUATION OF COLLATERALIZED ASSETS UNDER CONDITIONS OF CONSTRAINED SALE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Sikhimbaev M.R., Tapin D.K., Legostaeva A.A., Srailova G.N.

Karaganda Economic University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda,
e-mail: smurat@yandex.ru, dantapin@mail.ru, anjal@mail.ru, gulnara.srailova@mail.ru

The article explores appraisal of value of collateralized assets under conditions of constrained sale, because currently this type of valuation is one of the priorities of no small importance for the second–tier banks in the Republic of Kazakhstan. There are circumstances when a loan debtor, after taking a loan against collateral security, is not always able to repay the load debt, hence a financial institution is forced to deal with selling the collateral to offset the bank's costs related to such a load. There are significant risks for the banks if collateralized assets being sold do not cover bank's expenses, for this reason, to protect bank's interests, i.e. to minimize the risks and to ensure credit money recovery, it is necessary to set up a proper process for valuation of collateralized assets to get readily obtainable value. Appropriately chosen valuation approach enables correct calculation of bottom–line value of a facility and ensures substantiated opinion on a degree of liquidity of the collateral depending on exposure time. It is important to remember that during valuation of collateralized property liquidity is one of significant attributes of the collateral, making it possible to judge how quickly such property may be sold in case of constrained sale and loan debt repaid.

Keywords: valuation, collateralized assets, credit granting, financial institution, load debt, readily obtainable value

Оценка стоимости залогового имущества в условиях вынужденной продажи в настоящее время является одним из немаловажных приоритетов для банков второго уровня. Возникают случаи, когда заемщик, взяв кредит под залоговое обеспечение, не всегда имеет возможность погасить кредитную задолженность, в связи с этим финансовое учреждение вынуждено заняться реализацией залога в целях возмещения всех затрат банка, связанных с данным кредитом. Существуют огромные риски для банков, если залоговое имущество при продаже не покрывает расходы банка, поэтому для защиты интересов банка, т.е. чтобы минимизировать риски и обеспечить возвратность кредитной суммы, необходимо правильно организовать процесс осуществления оценки залогового имущества для получения ликвидной стоимости. При оценке залогового имущества, как и при других видах имущества, рассматриваются три подхода: сравнительный, затратный и доходный. Выбор того или другого подхода зависит от объекта оценки. Правильно подобранный подход к оценке позволяет произвести корректный расчет итоговой стоимости объекта и получить обоснованное мнение о степени ликвидности залога, в зависимости от срока экспозиции. Одним из таких подходов является сравнительный, для оценки залогового обеспечения он используется наиболее часто, при хорошо развитом рынке и наличии подобных ана-

логов оцениваемого объекта. Анализ рынка во многом определяет достоверность итогового результата оценки и тесно увязан с анализом ликвидности. Необходимо рассмотреть, каков спрос на оцениваемый объект, а также проанализировать предложения аналогичных объектов. Важно помнить, что при проведении оценки залогового имущества, ликвидность одно из важных составляющих залога и дает возможность судить о том, насколько быстро можно продать данное имущество при вынужденной реализации и погасить задолженность по кредиту [1, 2].

Рассмотрим сравнительный подход на примере оценки помещения магазина в г. Караганда, поскольку сделки с недвижимостью в Карагандинской области имеют скрытый характер, а цены продаж объектов недвижимости в договорах купли-продажи зачастую искажены, в рамках настоящей работы оценщиком использовалась информация из открытых источников о предложении и спросе на рынке недвижимости.

Таблица 1

Объекты-аналоги

Характеристики	Объект № 1	Объект № 2	Объект № 3	Объект № 4	Объект № 5
Месторасположение объекта	г. Караганда, пр. Абдирова	г. Караганда, пр. Абдирова	г. Караганда, пр. Абдирова	г. Караганда, р-н ТД «Абзал»	г. Караганда, ул. Ерубаева, 44
Источник информации	www.krisha.kz, дата обращения	www.krisha.kz, дата обращения	www.krisha.kz, дата обращения	www.krisha.kz, дата обращения	www.krisha.kz, дата обращения
Цена предложения, тенге	11 692 000	22 200 000	22 200 000	22 200 000	19 980 000
Общая площадь, кв. м	70,0	104,0	180,0	160,0	135,0
Цена предложения 1 кв. м, тенге	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Передаваемые права на земельный участок	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности
Передаваемые права на помещение	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности
Условия финансирования	типичные	типичные	типичные	типичные	типичные
Условия продажи	типичные	типичные	типичные	типичные	типичные
Расходы после покупки	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
Время продажи	предложение	предложение	предложение	предложение	предложение
Местоположение	центр	центр	центр	центр	центр
Тип помещения	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное
Наличие парковки	есть	есть	есть	есть	есть
Год постройки	60-х	1968	1975	60–х	2007
Материал стен	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич
Общее состояние	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть
Инфраструктура	развитая	развитая	развитая	развитая	развитая
Целевое использование	встроенное помещение	встроенное помещение	встроенное помещение	встроенное помещение	встроенное помещение
Отклонение от цел-го использования	нет	нет	нет	нет	нет
Наличие движимого имущества	нет	нет	нет	нет	нет

Таблица 2

Расчет стоимости объекта оценки методом рыночной информации

Характеристики	Оцениваемый объект	Объект № 1	Объект № 2	Объект № 3	Объект № 4	Объект № 5
Адрес	г. Караганда, ул. Ермекова	г. Караганда, пр. Абдирова	г. Караганда, пр. Абдирова	г. Караганда, пр. Абдирова,	г. Караганда, р-н ТД «Абзал»	г. Караганда, ул. Ерубаева
Источник информации	–	www.krisha.kz, дата обращения к ссылке	www.krisha.kz, дата обращения к ссылке	www.krisha.kz, дата обращения к ссылке	www.krisha.kz, дата обращения к ссылке	www.krisha.kz, дата обращения к ссылке
Цена предложения, тенге	–	11 692 000	22 200 000	22 200 000	22 200 000	19 980 000
Общая площадь, кв. м	114,2	70,0	104,0	180,0	160,0	135,0
Цена предложения 1 кв.м, тенге	–	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Передаваемые права на земельный участок	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Передаваемые права на помещение	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности	право собственности
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Условия финансирования	типичные	типичные	типичные	типичные	типичные	типичные
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Условия продажи	типичные	типичные	типичные	типичные	типичные	типичные
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Расходы после покупки	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	167 029	213 462	123 333	138 750	148 000
Время продажи	–	предложение	предложение	предложение	предложение	предложение
– корректировка	–	–20%	–20%	–20%	–20%	–20%
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	118 400
Местоположение	центр	центр	центр	центр	центр	центр
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	118 400
Тип помещения	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует

Окончание табл. 2

Характеристики	Оцениваемый объект	Объект № 1	Объект № 2	Объект № 3	Объект № 4	Объект № 5
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	118 400
Наличие парковки	есть	есть	есть	есть	есть	есть
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	118 400
Год постройки	1977	60–х	1968	1975	60–х	2007
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	–5%
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Материал стен	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич	кирпич
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Общая площадь, кв. м	114,2	70,0	104,0	180,0	160,0	135,0
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Общее состояние	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть	ремонт есть
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Инфраструктура	развитая	развитая	развитая	развитая	развитая	развитая
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Целевое использование	торговое помещение	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное	встроенное
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Наличие движимого имущества	нет	нет	нет	нет	нет	нет
– корректировка	–	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Скорректированная стоимость, тенге	–	133 623	170 769	98 667	111 000	112 480
Сумма корректировок по модулю, %	–	20	20	20	20	25
Обратное значение корректировки по модулю	–	0,050000	0,050000	0,050000	0,050000	0,040000
Удельный вес аналога	–	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,1667
Взвешенное значение стоимости аналога, тенге	–	27 838	35 577	20 556	23 125	18 747
Скорректированная стоимость 1 кв. м жилого дома, тенге	125 842					
Стоимость объекта оценки, тенге	14 371 184					

Для проведения расчетов сравнительным подходом, методом рыночной информации оценщиком были определены пять объектов-аналогов, выбор сопоставимых объектов проводился на основании данных сайта – www.krisha.kz. Для того чтобы проверить выравненность значений цен предложений объектов-аналогов, оценщиком был рассчитан коэффициент вариации для цен предложений объектов-аналогов и общих полезных площадей объектов-аналогов (табл. 1).

Выбор аналогов для сравнения определяется, как правило, типом недвижимости. Например, при оценке домов, квартир, в качестве единицы сравнения используется единица площади. Складские, промышленные здания в основном сравнивают на основе цены за квадратный либо за кубический метр объекта. Единицы сравнения используются для удобства сравнения оцениваемого объекта и его аналогов [3, 4].

Выше указывалось, что выбор единицы сравнения зависит от вида (типа) оцениваемого объекта. В этом случае, как показывает практика, более правильным и логичным, является привязка единицы сравнения к одному квадратному метру общей площади. 1 кв.м является наиболее распространенной единицей сравнения для условий, в частности в Карагандинской области. После выбора единицы сравнения нужно определить основные показатели (характеристики) для сравнения, далее можно смоделировать стоимость оцениваемого имущества посредством необходимых поправок или корректировок цен продажи сравнимых объектов недвижимости (табл. 2).

При согласовании полученных при расчете по каждому аналогу скорректированных цен применяется средневзвешенный метод. Весомость каждого результата определяется внесенными поправками и обоснованностью расчетов, влияющих на рыночную стоимость анализируемого элемента. Другими словами, если аналог меньше корректировался, значит, он более подходит оцениваемому объекту и тем выше должен быть его удельный вес. После определения полученных значений корректировок по каждому аналогу мы должны понимать, что чем больше было сделано поправок, тем меньше мы должны доверять данному аналогу. То есть «взвешивать» следует аналоги по величине, обратной сумме корректировок: чем более аналог был подвержен корректированию, следовательно, тем выше будет сумма его корректировок, взятых по модулю и тем ниже будет обратное значение данной суммы. Затем производится процедура взвешивания, на основе обратных величин: определяется общая сумма обратных величин и каждый аналог взвешивается путем деления его обратной величины на общую сумму [5].

Таким образом, стоимость объекта оценки, полученная в рамках сравнительного подхода, составляет округленно 14 371 184 тенге.

Термин «вынужденная продажа» применяется в том случае, когда собственник имущества в силу некоторых обстоятельств вынужден реализовать свое имущество или когда финансовое учреждение в роли залогодержателя вынуждено реализовать залоговое имущества в целях покрытия кредитной задолженности, т.е. когда маркетинговый, целесообразный срок оказывается невозможным. Стоимость реализации, возникающая при таких обстоятельствах, не совсем будет соответствовать определению адекватной рыночной стоимости. Стоимость, которая может быть получена в данном случае, будет зависеть от срока экспозиции, в силу которых надлежащий маркетинг недостижим. Стоимость также при таких обстоятельствах может отражать наступление отрицательных последствий для продавца данного имущества в случае, если ему не удастся реализовать имущество в пределах срока экспозиции, т.е. в указанный период времени [1, 6].

При определении рыночной стоимости в условиях вынужденной продажи объекта, оценщик решил использовать методические рекомендации по оценке объекта и имущественных прав в условиях вынужденной продажи и короткого срока экспозиции (на базе метода Галасюков – GMLV). Основной концепцией оценки имущества в условиях вынужденной продажи и короткого срока экспозиции является концепция вынужденности и ограниченности периода реализации объекта. Концепция вынужденности и ограниченности периода реализации объекта состоит в том, что продажа объекта носит экономически вынужденный характер, который указывает на необходимость сокращения срока экспозиции. Ограниченность периода или ускоренность реализации объекта может быть обусловлена, также внутренней и внешней экономической вынужденностью продажи имущества. Ускоренность продажи объекта означает необходимость установления фиксированного срока экспозиции объекта, при выполнении оценки, который короче разумного периода экспозиции такого объекта. При таких обстоятельствах оценка имущества осуществляется исходя из продолжительности фиксированного периода экспозиции этого объекта. Рыночная стоимость в этих условиях (1), т.е. в усло-

виях вынужденной продажи объекта, определяется на основе [6]:

$$V_L = V_m \cdot k_L,$$

где V_L – рыночная стоимость в условиях вынужденной продажи объекта оценки, соответствующая фиксированному сроку его экспозиции, который короче разумного периода экспозиции;
V_m – рыночная стоимость объекта оценки;
k_L – коэффициент соотношения рыночной стоимости в условиях вынужденной продажи и рыночной стоимости объекта оценки разумного периода экспозиции.

Расчет рыночной стоимости в условиях вынужденной продажи объекта проведен ниже в табл. 3.

Таблица 3

Расчет стоимости
в условиях вынужденной продажи

Показатель	Величина
Рыночная стоимость объекта, тенге	14 371 184
Коэффициент, учитывающий влияние эластичности спроса по цене на рыночную стоимость в условиях вынужденной продажи	0,85
Разумно долгий период экспозиции объекта оценки, лет	1
Фиксированный период экспозиции объекта оценки, лет	0,5
Период дисконтирования, лет	0,5
Количество периодов начисления процентов в течение года	12
Коэффициент годовой ставки дисконта	0,18
Рыночная стоимость в условиях вынужденной продажи, тенге	11 171 596

Рыночная стоимость в условиях вынужденной продажи объекта определенная в соответствии с методическими рекомендациями по оценке объекта и имущественных прав в условиях вынужденной продажи и короткого срока экспозиции (на базе метода Галасюков – GMLV), составляет округленно: 11 172 000 тенге.

Таким образом, стоимость в условиях вынужденной продажи объекта, составила примерно на 20% ниже рыночной стоимости полученной сравнительным подходом при разумном периоде экспозиции [6, 7].

Список литературы

1. Сихимбаев М.Р., Байкенова Г.Г., Тапин Д.К. Исследование особенностей оценки стоимости залогового имущества в Республике Казахстан // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 1. С. 172–176.

2. Сихимбаев М.Р., Бабыкина И.С. Анализ методов оценки рынка недвижимости на примере инвестиционного проекта строительства жилого комплекса в Казахстане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 2–1. С. 82–87.

3. Оценка стоимости недвижимости: учеб. пособие / Под ред. С.В. Грибовского. М.: «Маросейка», 2009. 432 с.

4. Оценка недвижимости: учебник / Под ред. А.Г. Грязновой, М.А. Федотовой. М.: «Финансы и статистика», 2012. 322 с.

5. Методические рекомендации «Оценка имущественных активов для целей залога». 2008. 13 с.

6. Галасюк В.В. Методические рекомендации по оценке имущества и имущественных прав в условиях вынужденной реализации и сокращенного периода экспозиции. [Электронный ресурс]. URL: http:// galasyuk.com/ publikatsii/ (дата обращения: 07.03.2019).

7. Требования к форме и содержанию отчета об оценке, утвержденные приказом Министра юстиции РК от 03 мая 2018 года № 501. [Электронный ресурс]. URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1800016900 (дата обращения: 07.03.2019).