

**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

№ 1 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)

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.

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 28.01.2019

Дата выхода номера 28.02.2019

Формат 60х90 1/8

Типография

НИЦ «Академия Естествознания»

410035, г. Саратов,

ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 20,63

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2019/1

© НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

СТЕПЕНЬ МЕТАЛЛИЗАЦИИ МЕДНО-СВИНЦОВЫХ ШТЕЙНОВ <i>Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е.</i>	9
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОТОВОГО ПРОДУКТА <i>Мишурина О.А., Муллина Э.Р., Турлина А.А., Расторгуев А.Е., Варнавский Д.А., Кузжугалдинова З.Б., Глазкова Я.В.</i>	17
ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАР ТРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ СХЕМАМИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОЛЬЦА <i>Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Мартыненко О.В., Огар Р.Н.</i>	23
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОДА НА ПОЛУЧЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА <i>Пастухова Г.В., Перетрутов А.А., Просвирин С.В., Чубенко М.Н., Волкова И.С.</i>	28
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ <i>Шатманов О.Т., Дуйшеебаев С.С., Исаков К.</i>	33
ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ НЕКОТОРЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ <i>Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А.</i>	38

Физико-математические науки

БИКВАДРАТИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ТУННЕЛЕЙ <i>Байдабеков А.К., Кемельбекова Э.А.</i>	43
К ПЛАНИРОВАНИЮ НАБЛЮДЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СТАРЕЮЩЕЙ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ КОМЕТЫ А/2018 V3 В 2019 ГОДУ <i>Новичонок А.О., Аглетдинов В.В., Романов В.В.</i>	47

Химические науки

СИНТЕЗ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ СЕРЕБРА И МЕДИ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ <i>Жаснакунов Ж.К., Сатывалдиев А.С.</i>	53
ФОТОЛИЗ АМИНОПРОИЗВОДНЫХ ФЕНИЛБЕНЗИМИДАЗОЛА <i>Некрасова Л.П.</i>	60

Медицинские науки

ОСОБЕННОСТИ САНАЦИИ ПОЛОСТИ РТА У ПОДРОСТКОВ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ <i>Атежанов Д.О., Супиев Т.К., Бакиев Б.А.</i>	66
ЭПИДЕМИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРВИЧНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПОДРОСТКОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Мыльникова И.В., Ефимова Н.В.</i>	72
ЭФФЕКТИВНАЯ КЛЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ АНТИГЕНОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ МЕЛИОИДОЗА <i>Пименова Е.В., Храпова Н.П.</i>	78

КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРОВОГО КОМПОНЕНТА ТЕЛА ДЕВУШЕК И ЖЕНЩИН ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА

Сакибаев К.Ш., Белов Г.В., Джаналиев Б.Р.,
Нуруев М.К., Козуев К.Б., Пирматова А.К., Таиматова Н.М. 82

НЕВЫНАШИВАНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ: ЧАСТОТА И ТЕНДЕНЦИИ

Самигуллина А.Э., Бообокова А.А., Кушубекова А.К. 87

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ РАБОТНИКОВ МЕДИЦИНСКОГО ПРОФИЛЯ

Семенова Н.В., Вьяльцин А.С., Ашвиц И.В., Корнякова В.В., Белан А.И. 93

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ И СТУДЕНТОВ-СПОРТСМЕНОВ

Хуснаризанова Р.Ф., Гайнуллин Р.А., Вильданов Т.Р.,
Шагаров Р.Т., Мышляков В.С., Аминов Х.И. 99

КЛИНИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МОНИТОРИНГ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ИНЦИДЕНТА В ВИДЕ КРИТИЧЕСКОЙ ПРОСВЕТНОЙ КРОВОПОТЕРИ

Чынгышова Ж.А., Чапыев М.Б., Эраалиев Б.А., Мамажусупов Н.А. 103

Биологические науки

ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ

Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. 108

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО ПРИИССЫККУЛЬЯ

Кенжебаева А.В. 115

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ИНГИБИРОВАНИИ HCN-КАНАЛОВ У КЛЕТОК ПРАВОГО ПРЕДСЕРДИЯ 13-ДНЕВНЫХ ЭМБРИОНОВ КУРИЦЫ И МЫШИ

Лебедева Е.А., Гонотков М.А., Головкин В.А. 120

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВ

Ложкин Л.Д., Воронной А.А., Анкина К.П., Балыкина Т.Г., Кузьменко А.А. 125

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОГЕНЕЗА В ЦНС ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА: ОТ ТЕОРИИ К ЭКСПЕРИМЕНТУ

Обухов Д.К., Пуцина Е.В., Вараксин А.А., Стуканева М.Е., Цехмистренко Т.А. 130

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ЗВЕНА АДАПТИВНОЙ РЕАКЦИИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (BETULA PENDULA) НА ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННУЮ СРЕДУ ОБИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВЛАДИКАВКАЗА, РСО-АЛАНΙΑ)

Саркисянц Л.О. 135

Сельскохозяйственные науки

СЕЛЕКЦИОННОЕ СЕМЕНОВОДСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В СУХОЙ СТЕПИ

Иозус А.П., Завьялов А.А., Крючков С.Н. 141

Науки о Земле

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРИДОРОЖНОЙ ЗОНЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАСС

Леонидова Т.В., Сидоренкова Н.К., Блохина Н.А., Харитонов И.Д. 146

Психологические науки

СМЫСЛОЖИЗНЕННЫЕ ОРИЕНТАЦИИ КАК ДЕТЕРМИНАНТА ПРОЦЕССА САМООПРЕДЕЛЕНИЯ В СТАРШЕМ ПОДРОСТКОВОМ ВОЗРАСТЕ

Федосеева Т.Е., Иванова И.А., Емельянова А.М., Сулимова И.Д., Сульдина В.В. 150

Научный обзор

Медицинские науки

ВЛИЯНИЕ ФЕТОФЕТАЛЬНОГО ТРАНСФУЗИОННОГО СИНДРОМА НА РАЗВИТИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Петров Ю.А., Арндт И.Г., Купина А.Д., Березовская К.Е. 155

Экономические науки

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И ХАРАКТЕРИСТИКА РОЖДАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Денисов А.П., Кун О.А., Денисова О.А., Дробышев В.В., Филиппова Е.Д. 161

CONTENTS

Technical sciences

DEGREE OF METALIZATION OF COPPER AND LEAD STEINS <i>Dosmukhamedov N.K., Zholdasbay E.E.</i>	9
STUDY OF THE EFFECT OF REFINING SECONDARY CELLULOSE RAW MATERIALS ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE FINISHED PRODUCT <i>Mishurina O.A., Mullina E.R., Turlina A.A., Rastorguev A.E., Varnavskiy D.A., Kuzzhugaldinova Z.B., Glazkova Ya.V.</i>	17
INCREASE IN OPERABILITY OF CYLINDRICAL COUPLES OF SLIDING FRICTION BY VARIOUS SCHEMES OF DEFORMATION OF THE INTERMEDIATE RING <i>Oteniy Ya.N., Nikiforov N.I., Martynenko O.V., Ogar R.N.</i>	23
THE INFLUENCE OF THE QUALITY OF MALT FOR OBTAINING BEER WORT <i>Pastukhova G.V., Peretrutov A.A., Prosvirin S.V., Chubenko M.N., Volkova I.S.</i>	28
THE CONDITION AND PERSPECTIVES OF IMPROVED SAFETY OF ROAD TRAFFIC IN THE KYRGYZ REPUBLIC <i>Shatmanov O.T., Duyshebaev S.S., Isakov K.</i>	33
EVALUATION OF THE TEMPERATURE OF MELTING OF NANOPARTICLES OF SOME METAL OXIDES <i>Yurov V.M., Laurinas V.Ch., Guchenko S.A.</i>	38

Physical and mathematical sciences

BIQUADRATIC TRANSFORMATIONS AND CONSTRUCTION OF TUNNELS <i>Baydabekov A.K., Kemelbekova E.A.</i>	43
PLANNING OF OBSERVATION POSSIBLE AGING LONG-PERIOD COMET A/2018 V3 IN 2019 YEAR <i>Novichonok A.O., Agletdinov V.V., Romanov V.V.</i>	47

Chemical sciences

SYNTHESIS OF STABILIZED AG AND CU NANOCOMPOSITES BY CHEMICAL REDUCTION METHOD <i>Zhasnakunov Zh.K., Satyvaldiev A.S.</i>	53
PHOTOLYSIS OF AMINO DERIVATIVES PHENILBENZIMIDAZOLE <i>Nekrasova L.P.</i>	60

Medical sciences

SANITATION ORAL CAVITY IN ADOLESCENTS WITH ORGANOLEPTIC CEREBRAL PALSY <i>Atezhanov D.O., Supiev T.K., Bakiev B.A.</i>	66
EPIDEMIOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF PRIMARY MORBIDITY OF ADOLESCENTS OF THE IRKUTSK REGION <i>Mylnikova I.V., Efimova N.V.</i>	72
EFFECTIVE CELL MODEL FOR CYTOTOXICITY EVALUATION OF MELIOIDOSIS ANTIGENS <i>Pimenova E.V., Khrapova N.P.</i>	78

CONSTITUTIONAL AND AGE FEATURES OF THE CONTENT OF THE FAT COMPONENT
OF THE BODY OF GIRLS AND WOMEN OF MATURE AGE

*Sakibaev K.Sh., Belov G.V., Dzhanaliev B.R., Nuruev M.K.,
Kozuev K.B., Pirmatova A.K., Tashmatova N.M.* 82

NON-CARE OF PREGNANCY: FREQUENCY AND TRENDS

Samigullina A.E., Boobokova A.A., Kushubekova A.K. 87

PROFESSIONAL BURNING OUT OF WORKERS OF THE MEDICAL PROFILE

Semenova N.V., Vyaltzin A.S., Ashvits I.V., Kornyakova V.V., Belan A.I. 93

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF NONSPECIFIC RESISTANCE
OF THE ORGANISM OF STUDENTS AND STUDENT-ATHLETES

*Khusnarizanova R.F., Gaynullin R.A., Vildanov T.R.,
Shagarov R.T., Myshlyakov V.S., Aminov Kh.I.* 99

CLINICAL AND PROBABILITY MONITORING OF INTRAOPERATIVE
INCIDENT IN THE FORM OF CRITICAL CLEAR BLOOD LOSS

Chyngyshova Zh.A., Chapyev M.B., Eraaliev B.A., Mamazhusupov N.A. 103

Biological sciences

CHANGES IN THE THICKNESS OF CORTEX AREA 7 OF SUPERIOR PARIETAL REGION
OF MEN'S AND WOMEN'S BRAIN IN AGING

Agapov P.A., Bogolepova I.N., Malofeeva L.I. 108

THE CONTENT OF HEAVY METALS OF THE COASTAL ZONE
OF THE EASTERN ISSYK-KUL REGION

Kenzhebaeva A.V. 115

PECULIARITIES OF SPONTANEOUS ACTIVITY GENERATION
AT HCN-CHANNELS INHIBITION IN RIGHT ATRIUM CELLS
OF 13-DAY-OLD EMBRYONIC CHICK AND MOUSE

Lebedeva E.A., Gonotkov M.A., Golovko V.A. 120

VISUALIZATION VISUAL IMAGES

Lozhkin L.D., Voronnoy A.A., Ankina K.P., Balykina T.G., Kuzmenko A.A. 125

FEATURES OF NEUROGENESIS IN THE CNS OF VERTEBRATES AND HUMANS:
FROM THEORY TO EXPERIMENT

Obukhov D.K., Puschina E.V., Varaksin A.A., Stukaneva M.E., Tsekhmistrenko T.A. 130

MORPHOLOGICAL STUDY OF LINK ADAPTATION RESPONSES SILVER
BIRCH BETULA PENDULA IN ANTHROPOGENIC ALTERED HABITAT
(FOR EXAMPLE, THE CITY OF VLADIKAVKAZ, NORTH OSSETIA-ALANIA)

Sarkisyants L.O. 135

Agricultural sciences

BREEDING SEEDING PERSPECTIVE INTRODUCED IN DRY STEPPE

Iozus A.P., Zavyalov A.A., Kryuchkov S.N. 141

Earth sciences

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN A ROADSIDE AREA OF THE HIGHWAYS

Leonidova T.V., Sidorenkova N.K., Blokhina N.A., Kharitonov I.D. 146

Psychological sciences

MEANINGFUL ORIENTATION AS A DETERMINANT OF THE SELF-DETERMINATION
PROCESS IN SENIOR ADOLESCENCE

Fedoseeva T.E., Ivanova I.A., Sulimova I.D., Emelyanova A.M., Suldina V.V. 150

Scientific review
Medical sciences

INFLUENCE OF FETOFETAL TRANSFUSION SYNDROME ON THE DEVELOPMENT
OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

Petrov Yu.A., Arndt I.G., Kupina A.D., Berezovskaya K.E. 155

Economical sciences

DEMOGRAPHIC POLICY AND CHARACTERISTICS THE BIRTH RATE OF THE POPULATION

Denisov A.P., Kun O.A., Denisova O.A., Drobyshev V.V., Filippova E.D. 161

УДК 669.3

СТЕПЕНЬ МЕТАЛЛИЗАЦИИ МЕДНО-СВИНЦОВЫХ ШТЕЙНОВ**Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е.***Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева», Алматы, e-mail: nurdos@bk.ru*

В работе представлены результаты расчета степени металлизации медно-свинцовых штейнов шахтной сократительной плавки, получаемых при переработке полупродуктов и оборотных материалов свинцового производства. Предложенная методика расчета позволяет определять степень металлизации исходя из результатов форм нахождения металлов в штейне. Установлено, что степень металлизации медно-свинцовых штейнов усиливается с ростом содержания мышьяка и сурьмы в штейне. Повышенное содержание мышьяка в штейне ведет к образованию интерметаллидов меди (Cu_3As) и железа (Fe_3As). Наличие новой металлической фазы в штейне, хотя и не влияет на характер роста кривой зависимости степени металлизации меди и железа от содержания мышьяка, тем не менее оказывает большое влияние на перераспределение форм нахождения меди и железа между продуктами плавки. В результате математической обработки составов реальных штейнов построены уравнения парной корреляции, подтверждающие тесную связь содержания металлической меди с мышьяком и содержания металлического железа с мышьяком и сурьмой. Показано, что образование интерметаллида меди с мышьяком носит первоочередной характер, затем происходит его взаимодействие с металлическим железом с выделением меди. Полученные в работе результаты имеют принципиальное значение для раскрытия механизма распределения цветных металлов, мышьяка, сурьмы и железа между продуктами шахтной сократительной плавки и выявления факторов, влияющих на извлечение меди и свинца в целевые продукты.

Ключевые слова: штейн, формы нахождения, степень металлизации, медь, мышьяк, железо, сурьма**DEGREE OF METALIZATION OF COPPER AND LEAD STEINS****Dosmukhamedov N.K., Zholdasbay E.E.***The non-commercial joint-stock company «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev», Almaty, e-mail: nurdos@bk.ru*

The paper presents the results of calculating the degree of metallization of copper-lead mattes of mine contractile smelting, obtained during the processing of intermediate products and recycled materials of lead production. The proposed method of calculation allows to determine the degree of metallization based on the results of the forms of the presence of metals in the matte. It has been established that the degree of metallization of copper-lead mattes increases with an increase in the content of arsenic and antimony in matte. The increased arsenic content in the matte leads to the formation of intermetallic compounds of copper (Cu_3As) and iron (Fe_3As). The presence of a new metallic phase in the matte, although it does not affect the growth pattern of the dependence of the degree of metallization of copper and iron on the arsenic content, nevertheless, has a great influence on the redistribution of the forms of copper and iron between the products of smelting. As a result of mathematical processing of compositions of real mattes, the pair-correlation equations were constructed, confirming the close relationship between the content of metallic copper and arsenic and the content of metallic iron with arsenic and antimony. It is shown that the formation of intermetallic copper with arsenic is of primary importance, then, it interacts with metallic iron with the release of copper. The results obtained in this work are of fundamental importance for uncovering the mechanism of distribution of non-ferrous metals, arsenic, antimony and iron between the products of mine contractile smelting and identifying factors that influence the extraction of copper and lead into the target products.

Keywords: matte, forms of location, degree of metallization, copper, arsenic, iron, antimony

Приближение физико-химических процессов, протекающих в металлургических агрегатах, к состоянию химического равновесия позволило расширить применение методов математического моделирования для прогнозирования распределения металлов между фазами для большинства медных плавов [1–3]. Построение аналогичных моделей для свинцовых плавов имеет ограниченный характер [4] ввиду усложнения состава штейновых расплавов, получаемых при плавке.

При переработке полупродуктов и оборотных материалов свинцового производства в условиях шахтной сократительной плавки составы получаемых продуктов и температу-

ра оказывают существенное влияние на механизм перехода цветных металлов в шлак и определяют распределение меди, свинца и сопутствующих металлов-примесей между продуктами плавки. Механизм растворения цветных металлов в шлак еще больше усложняется ввиду возможного влияния и других факторов: парциального давления кислорода, процесса формирования фаз, скорости разделения и других факторов [4–6]. Количественно описать влияние этих факторов, исходя из заводской практики, не представляется возможным ввиду отсутствия ряда данных, связанных с изменением физико-химических свойств и структуры штейнов в сторону их металлизации [7, 8].

Несмотря на то, что определению степени металлизации штейнов в литературе посвящен ряд работ [9, 10], среди исследователей нет единого мнения по данному вопросу. Различные подходы и методики решения данной задачи не позволяют однозначно использовать их результаты для проведения анализа степени металлизации медно-свинцовых штейнов. Это вызывает необходимость изыскания более точных методик определения степени металлизации, которые могут быть использованы для раскрытия сущности распределения металлов между продуктами плавки, особенно в сложных металлургических процессах, характерных для термодинамических систем штейн – шлак – черновой свинец.

Данный вопрос имеет принципиальное значение для шахтной сократительной плавки свинцовых полупродуктов и оборотных материалов в условиях ТОО «Казцинк», где при плавке образуются металлизированные медно-свинцовые штейны.

Цель исследования: определение степени металлизации медно-свинцовых штейнов, получаемых при переработке свинцовых полупродуктов и оборотных материалов с использованием элементного анализа промышленных составов штейнов и результатов форм нахождения цветных металлов, железа, мышьяка и сурьмы в них.

Материалы и методы исследования

Решение поставленной задачи проводили на основании комплексного изучения форм нахождения металлов в твердых пробах промышленных штейнов и шлаков шахтной сократительной плавки с использованием рентгеноструктурного метода анализа, минералогических исследований и математической обработки промышленных данных.

К обработке были отобраны однородные массивы данных, которые отображали средние условия

работы процесса. Нетипичные результаты составов штейнов и шлаков, явно отличающиеся от общей выборки, были отброшены и обработке не подвергались. Количество исходных данных составило 85 парных проб составов шлаков и штейнов, которых было достаточно для проведения математической обработки с целью выявления значимых зависимостей и построения количественных математических моделей.

Элементный анализ проб штейнов проводили с использованием масс-спектрометра Agilent 7700 Series ICP-MS с индуктивно-связанной плазмой.

Изучение форм нахождения металлов проводили с использованием автоматизированного рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 с $Cu_{K\alpha}$ – излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U = 35$ кВ; $I = 20$ мА; съемка θ -2 θ ; детектор 2 град/мин. Рентгенофазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб шлаков и штейнов с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограмм чистых от примесей минералов. Для основных фаз проводился расчет содержания.

С целью воспроизводимости полученных результатов отдельные парные порошковые пробы шлаков и штейнов были подвергнуты дополнительной обработке на дифрактометре D8 Advance (Bruker) с излучением α -Cu, с напряжением на трубке 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровка проб и поиск фаз проводились по программе Search/match с использованием Базы данных карточек ASTM.

Минералогические исследования, направленные на изучение структуры поверхности твердых проб штейнов и шлаков, проведены с использованием микроскопа Neofot (Carl Zeiss AG, Germany).

Микро- и морфологический анализ поверхности отдельных проб шлаков проведены с использованием электронного растрового микроскопа JEOL EDS System (USA).

Таблица 1

Усредненные среднемесячные составы промышленных штейнов

№ пробы	Состав штейна, % (мас.)						
	[Cu]	[Pb]	[Zn]	[S]	[Fe]	[As]	[Sb]
1	38,66	26,33	4,2	11,43	7,63	4,38	1,56
2	42,55	29,34	4,24	8,59	8,94	4,77	1,57
3	44,25	24,36	4,73	10,48	9,49	4,39	1,52
4	37,19	26,16	4,33	10,41	8,29	4,19	1,49
5	40,52	28,74	3,24	10,13	5,96	4,98	1,6
6	42,41	29,66	2,96	5,94	5,62	5,94	1,62
7	39,92	26,42	4,13	11,31	8,88	3,91	1,55
8	39,28	25,11	4,76	12,22	12,93	3,29	1,44
9	37,51	25,47	5,25	14,13	13,17	2,88	1,51
10	38,76	23,29	6,07	10,07	12,43	3,06	1,5
11	40,53	24,09	4,95	12,07	9,96	3,22	1,45
12	35,8	28,76	4,24	12,2	7,87	4,02	1,58

Результаты исследования и их обсуждение

Для анализа и исследований были выбраны результаты выборочного массива среднемесячных промышленных составов штейна (табл. 1), которые были получены при переработке усредненного состава шихты шахтной сократительной плавки постоянного состава, % мас.: Cu – 10–17; Pb – 17–22; As – 0,5–1,5.

Содержание меди в штейнах варьирует в пределах от 25 до 42 % (мас.), свинца – от 23 до 30 % (мас.) в диапазоне концентраций серы 6–14 %.

Широкий диапазон варьирования меди и свинца в получаемых штейнах при низком содержании серы указывает на смещение их состава в сторону металлизации, что оказывает большое влияние на распределение металлов между продуктами плавки в условиях шахтной сократительной плавки.

В табл. 2 приведены составы сульфидной и металлической фазы штейнов, полученные в результате комплексных исследований – химического, рентгеноструктурного методов анализа и минералогических исследований твердых проб промышленных медно-свинцовых штейнов.

Из приведенных в табл. 2 данных нетрудно видеть наличие различных форм меди, свинца и железа, что указывает на сложный механизм формирования штейновой фазы и его состав, смещенный, в отличие от медных штейнов, в сторону металлизации.

Для оценки степени металлизации медно-свинцового штейна (ξ_{Me}) использована методика, предложенная в работе [11], где искомым показателем определяли исходя из отношения содержания металла (M_{Me}), находящегося в металлической фазе, к общему его содержанию в штейне ($M_{шт.}$), выраженному в процентах:

$$\xi_{Me} = (M_{Me} / M_{шт.}) \cdot 100 \%. \quad (1)$$

Зависимости степени металлизации меди и железа (ξ_{Me}), определенные предложенным методом, от содержания серы в штейне, представлены на рис. 1.

Видно, что степени металлизации меди и железа монотонно снижаются с ростом содержания серы в штейне. Это указывает на то, что ряд, в который можно расставить железо и медь по убыванию их степени металлизации, не является постоянным, а зависит от состава штейна. По-видимому, в случае медно-свинцовых штейнов шахтной сократительной плавки на формирование металлической фазы и конечную структуру в нем во многом будет влиять содержание мышьяка и сурьмы в штейне. И действительно, как показали результаты минералогических

исследований и рентгенофазового метода анализа твердых проб штейнов, мышьяк и сурьма в штейнах находятся в ассоциации с медью и железом в виде ярко выраженных кристаллизованных сплавов, которые в своей основе представлены интерметаллидами меди, железа с мышьяком и сурьмой (рис. 2). Наряду с этим сурьма в незначительном количестве в штейне обнаружена и в виде свободного металла [12].

Механизм образования интерметаллидов меди и железа можно интерпретировать исходя из следующих соображений. Мышьяк, согласно диаграмме состояния Cu – As [13], хорошо растворяется в меди и образует устойчивый интерметаллид меди с мышьяком – Cu_3As . В присутствии в штейне растворенного металлического железа не исключается возможность образования интерметаллида железа с мышьяком по реакции



Согласно расчетам, для образования интерметаллида железа по стехиометрии реакции (2), расходует не полное количество металлического железа, присутствующего в штейне. Оставшаяся после увязывания с мышьяком часть металлического железа, связываясь с сурьмой, образует интерметаллид железа с сурьмой – Fe_3Sb . При этом отметим, что оставшегося количества металлического железа для полного связывания сурьмы в интерметаллид по стехиометрии Fe_3Sb недостаточно. Следовательно, в штейне будет оставаться избыточное количество сурьмы в виде растворенного металла, что и установлено в результате исследований форм нахождения металлов в штейне.

Данное положение о механизме образования интерметаллидов меди и железа с мышьяком и сурьмой подтверждается результатами математической обработки составов промышленных штейнов (общее количество массива, принятого к обработке – 57 среднемесячных анализов). Образование интерметаллидов меди и железа должно предусматривать прямую зависимость между содержанием металлической части меди и железа в штейне и содержанием мышьяка и сурьмы в нем. И действительно, в результате математической обработки установлена тесная связь между содержанием металлической меди ($r = 0,69$) и металлического железа ($r = 0,86$) и содержанием мышьяка в штейнах. Полученные уравнения имеют вид

$$Cu_{мет} = 2,58 + 0,75 \cdot [As], r = 0,69, \quad (3)$$

$$Fe_{мет} = 0,18 - 0,02 \cdot [As], r = 0,86. \quad (4)$$

Таблица 2

Результаты составов сульфидной и металлической фазы промышленных штейнов

№ пробы	Состав штейна, % (мас.)											
	[Cu] общ	Cu ₂ S	[Cu] мет	[Cu] ост*	[Pb] общ	PbS	[Pb] мет	ZnS	[Fe] общ	FeS	[Fe] мет	[Fe] ост*
1	38,66	39,20	5,10	2,24	26,33	15,22	17,58	6,26	7,63	2,28	2,24	3,94
2	42,55	40,48	6,51	3,70	24,57	12,34	13,90	6,32	8,94	4,04	2,86	3,51
3	44,25	42,10	6,68	3,94	21,06	12,52	10,24	7,05	9,49	5,72	2,94	2,92
4	37,19	38,31	4,76	1,82	30,76	16,29	16,68	6,45	8,29	4,71	2,09	3,20
5	40,52	40,07	6,60	1,90	31,53	15,47	18,16	4,83	5,96	1,16	2,90	2,32
6	42,41	41,89	7,42	1,53	28,71	18,28	12,91	4,41	5,62	1,07	3,26	1,68
7	39,92	40,73	5,43	1,96	27,73	14,11	15,53	6,15	8,88	4,81	2,39	3,44
8	39,28	39,88	5,62	1,81	21,97	13,30	10,47	7,09	12,93	11,46	2,47	3,18
9	37,51	38,83	4,61	1,88	22,94	13,73	11,07	7,82	13,17	12,34	2,03	3,30
10	38,76	40,22	4,69	1,94	21,78	9,95	13,18	9,04	12,43	10,95	2,06	3,41
11	40,53	40,23	6,20	2,19	25,25	16,07	11,36	7,37	9,96	5,33	2,72	3,85
12	35,8	37,20	4,51	1,58	32,56	19,09	16,06	6,32	7,87	4,91	1,98	2,77

Примечание. * [Cu] ост = [Cu] общ – (Cu_{Cu₂S} + [Cu] мет); * [Fe] ост = [Fe] общ – (Fe_{FeS} + [Fe] мет).

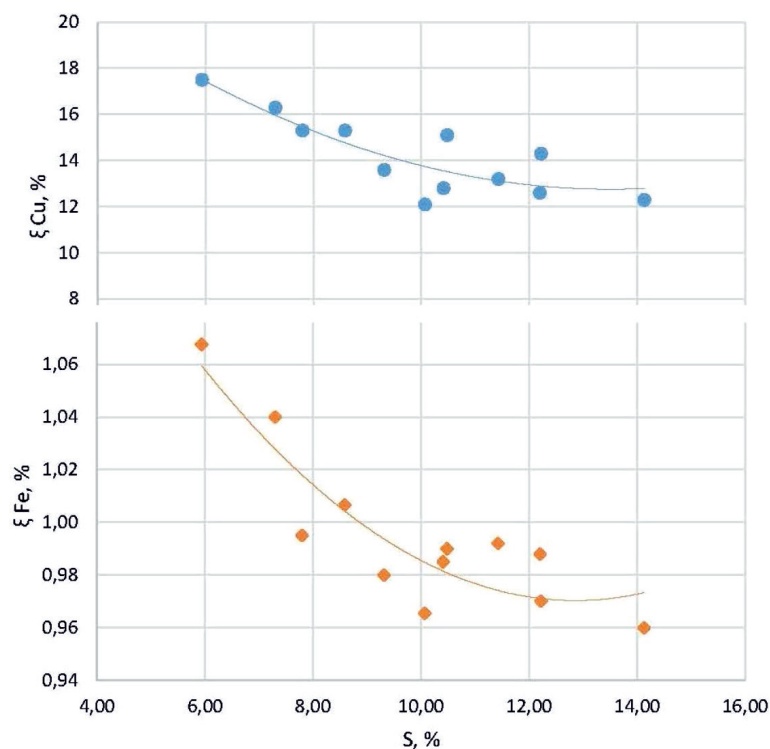


Рис. 1. Зависимость степени металлизации (ξ_{Me}) меди и железа от содержания серы в штейне

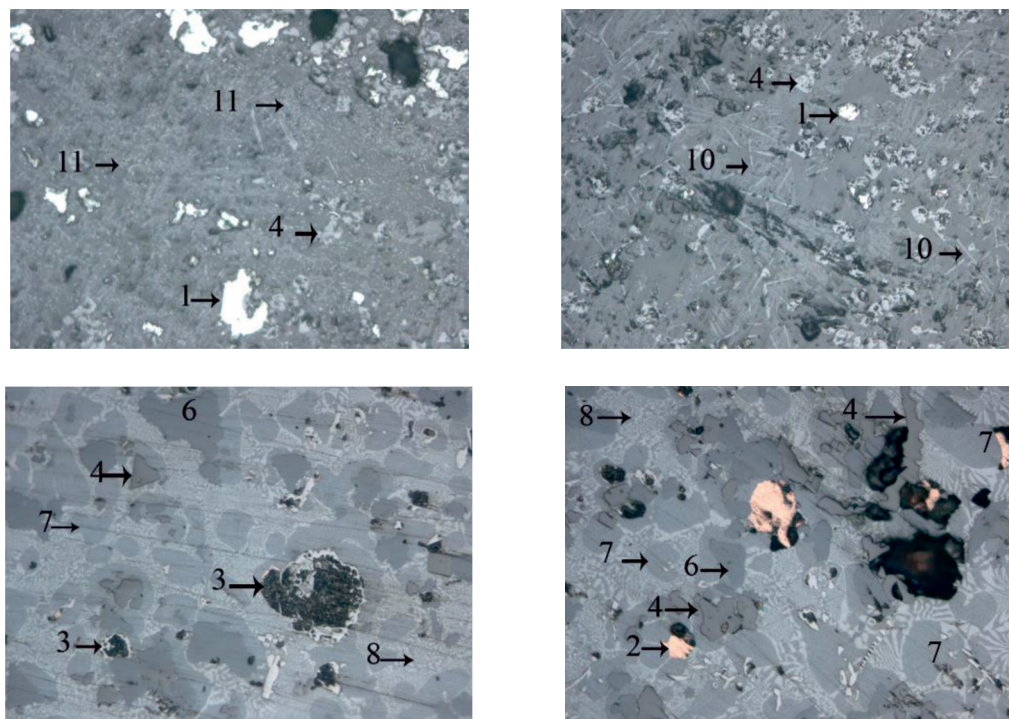


Рис. 2. Фрагменты микрошлифов твердых проб штейнов. х 300
 1 – Сплав меди, железа с мышьяком и сурьмой; 2 – Металлическая медь;
 3 – Металлический свинец; 4 – Магнетит (Fe_3O_4); 6 – Сфалерит (ZnS); 7 – Платтнерит (PbO_2);
 8 – Галенит (PbS); 10 – Делафоссит ($CuFeO_2$); 11 – Вюстит (FeO)

Из анализа уравнений (3), (4) видно, что с увеличением содержания мышьяка в штейне содержание меди в форме металла растет, а содержание металлического железа снижается (рис. 3).

Несмотря на установленную более тесную связь железа с мышьяком (4), высокие значения коэффициентов уравнения (3), с одной стороны, и повышенное содержание металлической меди в штейне, с другой, указывают на предпочтительность вначале образования интерметаллида меди с мышьяком и лишь затем – на его взаимодействие с металлическим железом по реакции (2). Об этом свидетельствует и более резкий характер изменения зависимости металлического железа от содержания мышьяка в штейне, чем для меди (рис. 3). Это объясняется тем, что взаимодействие интерметаллида меди с железом сопровождается выделением теплоты, которая замедляет падение температуры расплава. Дальнейшее снижение температуры ведет к образованию эвтектического состава расплава, где начинается выпадение твердой эвтектики – смеси кристаллов интерметаллида меди, железа с мышьяком. При этом, независимо от установленного механизма образо-

вания интерметаллидов меди и железа, степени металлизации меди и железа от содержания мышьяка в штейне должны расти, что и наблюдается на рис. 4.

В случае поведения сурьмы, согласно диаграмме состояния системы Pb – Sb [14], необходимо учитывать ее растворимость в металлическом свинце, присутствующем в штейне. Однако общий анализ зависимости содержания сурьмы в штейне от других его компонентов позволил установить лишь одну ярко выраженную зависимость – от содержания металлического железа, которая показана на рис. 5.

В результате математической обработки построено уравнение парной корреляции содержания металлического железа в штейне от содержания сурьмы в нем:

$$\text{Fe}_{\text{мет}} = 0,55 - 0,3 * [\text{Sb}], r = 0,76. \quad (5)$$

Высокое значение коэффициента корреляции $r = 0,76$ указывает на сильную связь металлического железа с сурьмой. Предполагаемых зависимостей сурьмы с медью и свинцом установить не удалось: зависимости содержания сурьмы в штейне от содержания металлической меди и свинца показали слабую ($r = 0,39$) и среднюю связь ($r = 0,5$) между ними.

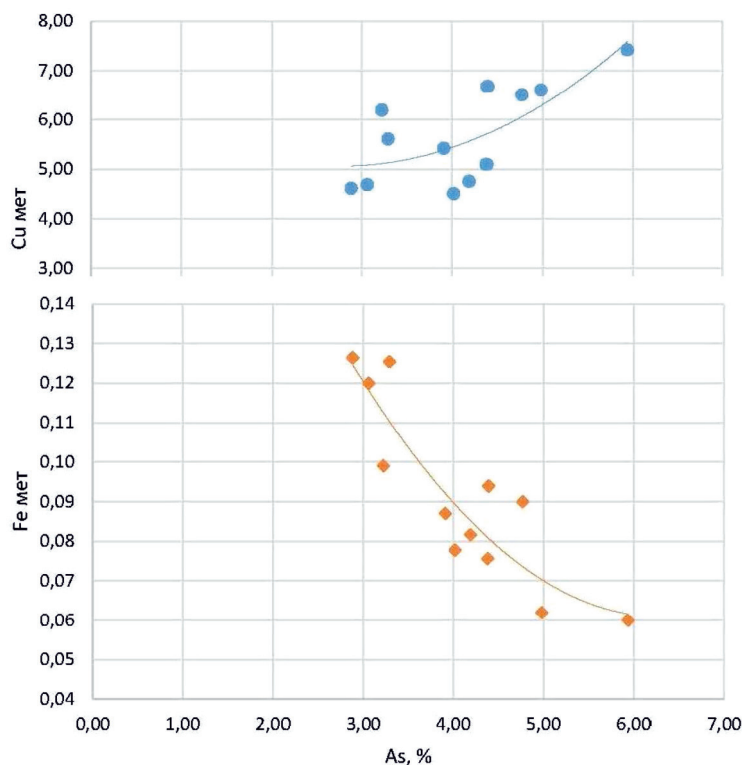


Рис. 3. Зависимость содержания меди в форме металла и металлического железа от содержания мышьяка в штейне

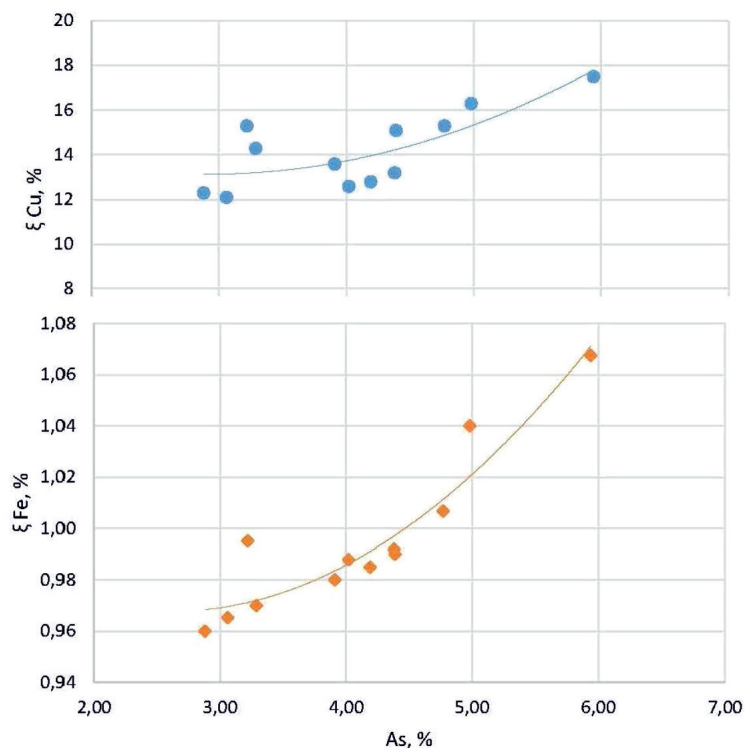


Рис. 4. Зависимость степени металлизации меди и железа от содержания мышьяка в штейне

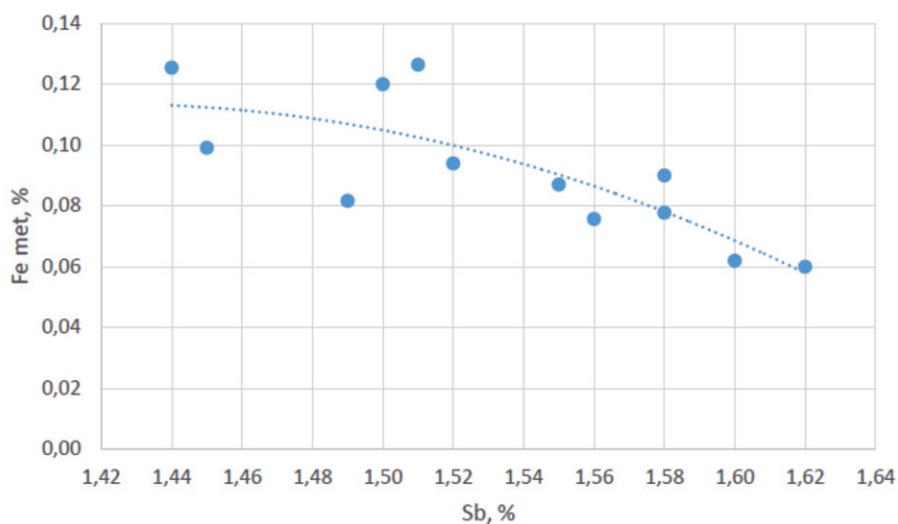


Рис. 5. Зависимость содержания металлического железа в штейне от содержания сурьмы

Таким образом, полученные результаты показывают, что степень металлизации медно-свинцовых штейнов можно рассчитывать на основании данных по формам нахождения металлов в штейнах. При этом большое значение имеет закалка штейновых расплавов, так как структура медлен-

но закаленных проб будет значительно отличаться от исходного состава реальных штейнов, полученных при заданной температуре плавки.

Повышенное содержание мышьяка в штейне ведет к образованию интерметаллида меди (Cu_3As) и железа (Fe_3As). Наличие

новой металлической фазы в штейне не влияет на характер роста кривой зависимости степени металлизации меди и железа от содержания мышьяка. С практической точки зрения образование интерметаллидов нежелательно ввиду перераспределения форм нахождения цветных металлов и железа между продуктами плавки, что существенно влияет на извлечение меди и свинца в штейн и черновой свинец соответственно.

Выводы

1. С использованием современных методов минералогических исследований, элементного и рентгенофазового анализа установлены формы нахождения металлов в штейнах шахтной сократительной плавки.
2. На основании математической обработки массива составов промышленных штейнов установлены зависимости содержания меди и железа в штейне от содержания мышьяка и сурьмы.
3. Показано, что увеличение содержания мышьяка в штейне оказывает существенное влияние на формирование конечного состава штейна: с ростом содержания мышьяка в штейне образуются интерметаллиды меди и железа с мышьяком. Образование интерметаллидов в штейне ведет к росту степени металлизации штейна, что окажет значительное влияние на конечное распределение цветных металлов, мышьяка и сурьмы между продуктами плавки.

Список литературы

1. Coursol P., Valencia N.C., Mackey P., Bell S., Davis B. Minimization of Copper Losses in Copper Smelting Slag During Electric Furnace Treatment. JOM. 2012. Vol. 64. No. 11. P. 1305–1313.
2. Jak E. Modelling Metallurgical Furnaces – Making the Most of Modern Research and Development Techniques // Extraction 2018. Part B-1: 7th International Symposium on Advances in Sulfide Smelting (Ottawa, August 26–29, 2018). Ottawa, 2018. P. 103–127. DOI: 10.1007/978-3-319-95022-8_8.
3. Chen Ch., Zhang L., Jahanshahi Sh. Thermodynamic Modeling of Arsenic in Copper Smelting Processes. Metallurgical and Materials transactions. 2010. Vol. 41B. P. 1175–1185. DOI: 10.1007/s11663-010-9431-z.
4. Shishin D., Jak E., Decterov S.A. Thermodynamic assessment of slag–matte–metal equilibria in the Cu-Fe-O-S-Si system. Journal of Phase Equilibria and Diffusion. 2018. P. 456–475. DOI: 10.1007/s11669-018-0661-0.
5. Schlesinger M.E., King M.J., Sole K.C., Davenport W.G. Extractive Metallurgy of Copper. 2011. 411 p. DOI: 10.1016/C2010-0-64841-3.
6. Matousek J.W. Oxidation Potentials in Lead and Zinc Smelting. JOM. 2010. Vol. 62. No 3. P. 63–67.
7. Dosmukhamedov N., Kaplan V. Efficient Removal of Arsenic and Antimony During Blast Furnace Smelting of Lead-Containing Materials. JOM. 2017. Vol. 69. No 2. P. 381–387.
8. Dosmukhamedov N., Egizekov M., Zholdasbay E., Kaplan V. Metal Recovery from Converter Slags Using a Sulfiding Agent. JOM. 2018. Vol. 70. No 10. P. 2400–2406. DOI: 10.1007/s11837-018-3093-8.
9. Люмкис С.М. Распределение Ni, Co, Fe между штейном и шлаком // Цветные металлы. 1991. № 3. С. 15–17.
10. Зайцев В.Я., Малевский А.А., Кириллин И.И. Растворимость никеля и кобальта в железосиликатных расплавах // Цветные металлы. 1989. № 5. С. 43–46.
11. Старых Р.В., Цымбулов Л.Б., Ерцева Л.Н. О степени металлизации штейнов // Цветные металлы. 2001. № 4. С. 33–35.
12. Жолдасбай Е.Е., Кабылбеков Ж., Федоров А.Н., Досмухамедов Н.К. Особенности перехода меди, мышьяка и сурьмы из медно-свинцового штейна в черновой свинец // Цветные металлы. 2015. № 3. С. 48–52.
13. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996. Т. 1. 992 с.
14. Kholkina A.S., Arhipov P.A., Zaikov Yu.P. Lead Activity in Pb-Sb-Bi Alloys. Chimika Techno Acta. 2014. № 1. С. 33–37.

УДК 676.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОТОВОГО ПРОДУКТА

**Мишурина О.А., Муллина Э.Р., Турлина А.А., Расторгуев А.Е.,
Варнавский Д.А., Кузжугалдинова З.Б., Глазкова Я.В.**

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск,
e-mail: olegro74@mail.ru*

В работе представлены результаты исследования влияния процесса облагораживания, включающего отбеливание макулатурного сырья, на прочностные свойства готового продукта. В работе процессы облагораживания с отбеливанием целлюлозы проводили в условиях частичной и полной делигнификации волокна. В качестве отбеливающих реагентов рассматривались растворы пероксида водорода и гипохлорита натрия. Практические исследования указывают на то, что процесс отбеливания волокна оказывает существенное влияние на прочностные характеристики готовой продукции. При этом одним из определяющих факторов является химический состав смеси. Исходя из условий проведения процесса облагораживания макулатурной массы, учитывая химическую природу, в работе экспериментальным путем проводили моделирование химических составов отбеливающих реагентов. Полученные результаты позволили установить влияние химической природы отбеливающих реагентов на химизм протекания процесса отбеливания целлюлозного волокна. По результатам проведенных исследований установлено, что при прочих равных условиях проведения процесса облагораживания макулатурной массы максимальные прочностные характеристики достигаются при использовании в качестве основного отбеливающего реагента пероксида водорода. Так же проанализировано влияние вспомогательных компонентов (стабилизаторов, нейтрализаторов и pH модификаторов) на полноту и эффективность облагораживания макулатурной массы. Установлено что процесс результативно протекает в щелочной среде с использованием в качестве стабилизатора раствора силиката натрия. Отмечено, что добавку сульфат магния целесообразно вводить в реагентный состав только в случае получения бумаг для гофрирования. На основании полученных результатов установлено влияние pH исследуемых дисперсных систем на химизм и полноту протекания как процессов делигнификации, так и процесса отбеливания волокна. Сделан вывод, что химическое моделирование облагораживающих составов и технологических параметров процесса позволяет получать высококачественное вторичное целлюлозное волокно, использование которого в композиционном составе может достигать 100%.

Ключевые слова: макулатурное сырье, прочностные свойства, отбеливатели, химический состав, параметры процесса

STUDY OF THE EFFECT OF REFINING SECONDARY CELLULOSE RAW MATERIALS ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE FINISHED PRODUCT

**Mishurina O.A., Mullina E.R., Turlina A.A., Rastorguev A.E., Varnavskiy D.A.,
Kuzhugaldinova Z.B., Glazkova Ya.V.**

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: olegro74@mail.ru

The paper presents the results of the study of the influence of the process of ennobling, including bleaching of waste paper raw materials, on the strength properties of the finished product. In the work, the processes of refining with bleaching of cellulose were carried out in conditions of partial and complete delignification of the fiber. Solutions of hydrogen peroxide and sodium hypochlorite were considered as bleaching reagents. Practical studies indicate that the process of fiber bleaching has a significant impact on the strength characteristics of the finished product. In this case, one of the determining factors is the chemical composition of the mixture. Based on the conditions of the process of refining the waste mass, chemical modeling of bleaching compounds was carried out experimentally, taking into account the nature of the reagents. The results of the study allowed to establish the influence of the chemical nature of bleaching reagents on the chemistry of the process of bleaching cellulose fiber. According to the results of the studies, it was found that, other things being equal, the oxidation process is carried out, the maximum strength properties are achieved by using hydrogen peroxide as the main bleaching reagent. The process effectively takes place in an alkaline environment using a stabilizer-sodium silicate solution. The influence of auxiliary components (stabilizers, neutralizers and pH modifiers) on the completeness and efficiency of the refinement of the waste mass is analyzed. It is established that the use of magnesium sulfate additives is most appropriate in the case of obtaining papers for corrugation. On the basis of the obtained results, the influence of the pH of the investigated disperse systems on the chemistry and completeness of the processes of delignification and the process of fiber bleaching was established. Consequently, chemical modeling of refining compositions and technological parameters of the process allow to obtain high-quality secondary cellulose fiber, the use of which in the composition can reach 100%.

Keywords: waste paper raw materials, mechanical properties, bleach, chemical composition, process parameter

В настоящее время инвестиционные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности России в основном направлены на разработку и внедрение ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий по переработке вторичного цел-

люлозного сырья. Актуальность данного направления обусловлена все возрастающими потребностями в объемах вторичного волокна, широко используемого в композиции бумаги и картона [1–3]. Объемы потребления макулатурного сырья в технологии производства бумаги и картона постоянно возрастают, и их доля может достигать 100 % в зависимости от вида вырабатываемой продукции [4].

Технологический процесс переработки макулатуры является сложным, многоэтапным и вариативным. В общем случае технологический процесс представляет собой ряд последовательных стадий (от 4 до 12): сортировка макулатурной массы, ее роспуск, очистка от посторонних включений, восстановление бумагообразующих свойств. Количество операций и технологическое оборудование подбирается в зависимости от вида перерабатываемого макулатурного сырья, его качества, содержания загрязняющих включений и назначения получаемого волокна [5]. Во всех случаях основной целью технологии переработки вторичного целлюлозного сырья является получение качественной волокнистой массы, которую можно эффективно применять в композиции бумаги и картона, максимально заменяя первичные волокнистые полуфабрикаты [6].

Современные технологии позволяют значительно расширить области использования макулатурной массы. Так, применение процессов облагораживания, включающих процессы отбеливания целлюлозного волокна, позволяют использовать макулатурное сырье не только для выработки низкокачественной продукции (темные сорта упаковочной бумаги и картон), но и высококачественных изделий и полиграфических видов бумаг.

Отбеливающий состав обычно состоит из нескольких компонентов: отбеливающие химические вещества (перекись водорода, активные формы хлорсодержащих соединений и др.) и активирующие и/или стабилизирующие химические вещества (раствор едкого натра, силикаты натрия и др.).

Выбор вида (химической природы) отбеливателя зависит от качества и состава перерабатываемого вторичного волокнистого сырья, особенностей технологии его переработки, а также требований к качеству макулатурной массы. Процесс отбелики может осуществляться как с предварительной делигнификацией волокна (в качестве отбеливателя целесообразно использовать: гипохлорит натрия, диоксид хлора, кислород, озон), так и без делигнификации волокна (в качестве отбеливателя целесообразно использовать: пероксид водорода, дитионит натрия и др.).

Лигнифицирующие составляющие целлюлозного волокна придают волокнам макулатурной массы желтый или темно-коричневый оттенок. При осуществлении эффективной технологии отбелики волокна без предварительной делигнификации максимальные показатели белизны макулатурной массы могут достигать значений не более 84 %. Дальнейшее повышение белизны макулатурной массы затруднительно даже при увеличении расхода отбеливающих реагентов, поскольку их воздействию подвергаются только те хромофорные структуры, которые окрашивают волокна. В этом случае целесообразно использование отбеливателей с одновременным проведением процесса делигнификации волокна, однако следует учитывать тот факт, что при удалении лигнина резко снижаются прочностные показатели готового продукта. Целесообразность применения делигнификаторов в процессах отбелики целлюлозного волокна напрямую связана с его исходным химическим составом, структурой, а также с видом получаемой готовой продукции.

Цель исследования: проведение экспериментальных исследований по установлению влияния отбеливающих реагентов различной химической природы на прочностные свойства готового продукта, полученного с использованием волокон вторичной целлюлозы.

Материалы и методы исследования

В качестве целлюлозного сырья в работе использовали волокна вторичной целлюлозы, полученные путем переработки образцов тарного картона и гофрокартона. В качестве отбеливающих реагентов рассматривались растворы пероксида водорода и гипохлорита натрия. В качестве стабилизатора отбеливающего реагента использовали водную дисперсию силиката натрия. Кроме того, силикат натрия также выполнял функцию реагента-собиравателя частиц типографской краски. В случае использования пероксида натрия в отбеливающую систему вводили дополнительно раствор сульфата магния в качестве нейтрализующего реагента, подавляющего каталитическое действие катионов металлов (Fe, Cu, Mn и др.).

Технологический процесс облагораживания макулатурной массы состоял из двух основных этапов: 1 этап – роспуск волокнистой массы; 2 этап – облагораживание макулатурной массы. На этапе облагораживания изначально проводили процесс флотации с использованием в качестве основного флотационного реагента олеиновой кислоты и далее в очищенную макулатурную массу вводили отбеливающие реагенты различного химического состава. Процесс отбеливания целлюлозного волокна (во всех случаях) проводили при 30 %-ной концентрации растворов отбеливающих реагентов. В дальнейшем волокна облагороженной макулатурной массы подавали в композицию бумажной массы и на стадию формования готового продукта.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессах отбелики макулатурной массы, состоящей преимущественно из волокон целлюлозы, допускается использование делигнифицирующих химических реагентов, которые в процессе отбелики волокна незначительно снижают его прочностные свойства. Однако процесс отбеливания макулатуры, содержащей большое количество волокон древесной массы, нецелесообразно проводить с предварительной делигнификацией волокна, так как это может значительно ухудшить деформационно-прочностные свойства готового продукта.

Проведенные в работе предварительные исследования композиционного состава перерабатываемых образцов картона представлены в таблице.

Полученные результаты композиционного состава используемого в работе макулатурного сырья указывают на то, что перерабатываемая макулатурная масса неоднородна по своему составу. Кроме того, она характеризуется высоким содержанием и древесной массы, и целлюлозы. На основании чего в работе рассматривали возможность проведения облагораживания волокна как с предварительной делигнификацией, так и без.

При использовании делигнифицирующих отбеливающих реагентов, для перевода лигнина в раствор необходимо на начальной стадии процесса провести разрушение связи гемицеллюлоз и других химических составляющих древесины. Это возможно при проведении глубокого щелочного гидролиза трехмерных молекул самого лигнина, т.е. ввести в его состав гидрофильные группы, облегчающие растворение фрагментов лигнина [7].

При проведении процесса отбелики целлюлозной массы раствором пероксида водорода в щелочной среде будет происходить деполимеризация лигнина и образование промежуточных структур, растворимых в щелочи (рис. 1).

Процесс отбеливания целлюлозного волокна в щелочной среде будет протекать с разрушением связующих веществ типографской краски, вследствие чего снизится

ее вяжущая способность, что в итоге приведет к эффективному количественному переводу частицы типографской краски в волокнистую суспензию [5].

В процессе отбелики с использованием раствора H_2O_2 на промежуточном этапе будут образовываться этерифицированные структурные фрагменты лигнина, устойчивые к действию пероксида водорода в щелочной среде. Исключение могут составить структуры коричневого альдегида и других карбонилсодержащих структур. Следовательно, процесс разрушения лигнина при делигнификации с использованием пероксида водорода будет протекать не в полном объеме. В этом случае основное количество пероксида водорода будет расходоваться на разрушение ароматических колец со свободными фенольными гидроксильными группами, а незначительная часть реагента-отбеливателя будет идти на разрушение хромофорных групп.

Процесс окисления с участием раствора гипохлорита натрия в щелочной среде протекает с постепенной деструкцией лигнина, сопровождающейся отщеплением структурных фрагментов лигнина, содержащих свободные фенольные гидроксильные группы, и последующим образованием органических кислот и укороченной молекулы с новым фенольным гидроксильным группом по схеме (рис. 2).

Практические исследования указывают на то, что процесс отбелики волокна оказывает существенное влияние на прочностные характеристики готовой продукции. При этом отмечено, что длина волокна в процессе отбеливания существенных изменений не претерпевает, но ввиду потерь в выходе линейная плотность волокна будет уменьшаться. Кроме того, благодаря удалению лигнина волокно будет легче набухать, что приведет к усилению его пластичности и гибкости. Все это в итоге будет способствовать усилению межволоконных связей при формировании готового листа [7]. С другой стороны, слишком высокие потери гемицеллюлоз, возможно, приведут к снижению адгезии в точках контакта, что в итоге снизит деформационно-прочностные показатели готового продукта. Данные процессы возможны в результате разрушения целлюлозных цепей.

Композиционный состав по волокну исследуемых образцов картона

Образец картона	Производитель	Композиционный состав по волокну	
		Древесная масса, %	Целлюлоза, %
1	ООО «Енисейский ЦБК», г. Красноярск	22–25	19–22
2	ОАО «Марийский ЦБК», г. Волжск	50–53	15–18
3	Филиал ОАО «Группа «Илим», г. Коряжма	33–35	21–23

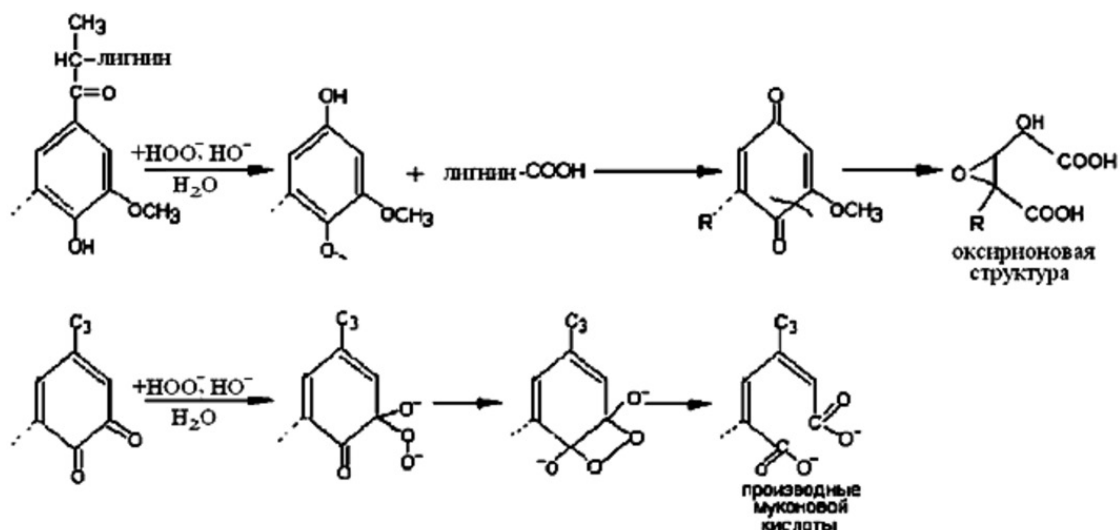


Рис. 1. Схема процесса деполимеризации лигнина под действием щелочного раствора пероксида водорода

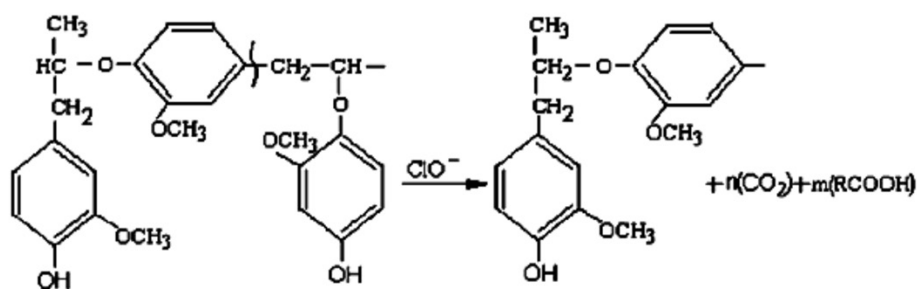


Рис. 2. Схема процесса окисления лигнина с участием гипохлоритов в щелочной среде

Результаты исследования влияния процессов отбелики вторичного целлюлозного волокна, с использованием различных химических составов, на прочностные свойства готового продукта (разрушающее усилие, удлинение перед разрывом, прочность при растяжении, разрывная длина) представлены на рис. 3.

Согласно полученным значениям (рис. 3) можно констатировать следующие факты:

- использование чистых растворов отбеливателя, как в случае пероксида водорода, так и в случае раствора гипохлорита натрия, значительно снижает прочностные свойства готового продукта (разрушающее усилие и прочность при растяжении – поз. 2, 7 в сравнении с поз. 1). Данный факт может объясняться быстрой деструкцией целлюлозного волокна;

- проведение процесса отбелики в щелочной среде неоднозначно влияет на прочность и удлинение целлюлозного волокна;

в этом случае существенную роль играет природа отбеливателя. Так, при использовании пероксида водорода прочностные показатели достигают максимальных значений, тогда как в случае использования гипохлорита натрия данные показатели достигают минимальных значений (разрушающее усилие и прочность при растяжении – поз. 3, 8 в сравнении с поз. 1). Полученные зависимости указывают на то, что в случае использования гипохлоритов (в щелочной среде) происходит практически полная делигнификация волокна, приводящая к существенному падению прочностных характеристик готового продукта. Тогда как использование пероксида водорода приводит лишь к частичной делигнификации волокна, вследствие образования промежуточных этерифицированных структурных фрагментов лигнина, устойчивых к действию пероксида водорода в щелочной среде;

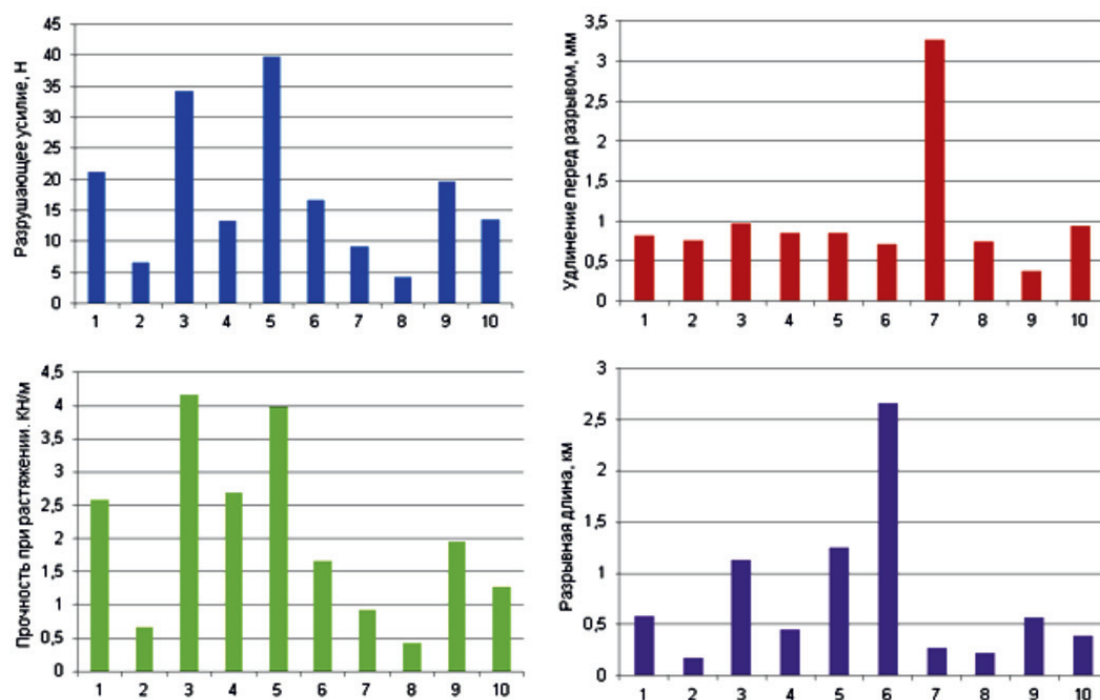


Рис. 3. Физико-механические показатели образцов после отбели: 1 – без отбеливающего реагента; 2 – H_2O_2 ; 3 – H_2O_2 ; NaOH; 4 – H_2O_2 ; Na_2SiO_3 ; 5 – H_2O_2 ; NaOH; Na_2SiO_3 ; 6 – H_2O_2 ; NaOH; Na_2SiO_3 ; $MgSO_4$; 7 – NaClO; 8 – NaClO; NaOH; 9 – NaClO; Na_2SiO_3 ; 10 – NaClO; NaOH; Na_2SiO_3

– введение стабилизатора окислителя и одновременно выполняющего роль собирателя во флотационном процессе (Na_2SiO_3) способствует усилению прочностных свойств целлюлозы в случае использования в качестве окислителя пероксида водорода (разрушающее усилие и прочность при растяжении – поз. 5 в сравнении с поз. 1, 3). И к незначительному усилению прочностных показателей в случае использования гипохлоритов (разрушающее усилие и прочность при растяжении – поз. 10 в сравнении с поз. 8);

– введение раствора сульфата магния – нейтрализующего реагента, подавляющего каталитическое действие ионов тяжелых металлов при проведении процесса окисления с использованием пероксида водорода оказывает отрицательное действие на прочность целлюлозного волокна (разрушающее усилие и прочность при растяжении – поз. 5 в сравнении с поз. 1, 6). Однако значительно увеличивает показатели разрывной длины (поз. 6 в сравнении с поз. 1, 5). Данный факт может указывать на то, что возрастает пластичность и гибкость волокна, однако происходит потеря гемицеллюлоз в волокне, что в итоге снижает прочность волокна.

Выводы

Практические исследования указывают на то, что процесс отбели волокна оказывает существенное влияние на прочностные характеристики готовой продукции. При этом одним из определяющих факторов является химический состав смеси. По результатам проведенных исследований установлено, что при прочих равных условиях проведения процесса окисления максимальные прочностные свойства достигаются при использовании пероксида водорода в качестве основного отбеливающего реагента. Процесс эффективно протекает в щелочной среде с использованием стабилизатора – раствора силиката натрия (H_2O_2 ; NaOH; Na_2SiO_3). Использование добавки сульфата магния целесообразно в случае получения бумаг для гофрирования.

Таким образом, полученные результаты исследований позволяют утверждать, что возрастающие потребности вторичного волокна, широко используемого в композиции бумаги и картона, технологически обоснованы. Подбор соответствующих химических составов и технологических параметров процесса позволяют получать высококачественное целлюлозное волокно, использование которого в композиционном составе может достигать ста процентов.

Список литературы

1. Воробьева В. Второй шанс старой бумаги: инструкция по созданию бизнеса по переработке макулатуры // Экопресс. 2012. № 9. С. 13–15.
2. Mishurina O.A., Mullina E.R., Chuprova L.V., Ershova O.V., Chernyshova E.P., Permyakov M.B., Krishan A.L. Chemical aspects of hydrophobization technology for secondary cellulose fibers at the obtaining of packaging papers and cardboards // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 24. P. 44812–44814.
3. Хакимова Ф.Х., Ковтун Т.Н. Влияние циклов переработки на свойства газетной макулатурной массы // Лесной журнал. 2010. № 4. С. 120–126.
4. Ковалева О. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры. Ч. 12. Отбелка макулатурной массы: основные положения // Леспротинформ. 2008. № 3 (52). С. 126–132.
5. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры. СПб., 2011. С. 43–45.
6. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Технологические решения по производству упаковочного картона с улучшенными влагонепроницаемыми свойствами // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–19. С. 4166–4170.
7. Кожевников С.Ю., Коверинский И.Н. Межволоконные электростатические связи в бумаге // Химия растительного сырья. 2012. № 3. С. 197–202.

УДК 621

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАР ТРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ СХЕМАМИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОЛЬЦА

Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Мартыненко О.В., Огар Р.Н.

Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ktm@kti.ru

В статье рассмотрена задача повышения работоспособности подшипников скольжения, при сохранении конструктивных параметров и заданных нагрузок. Контактные напряжения, возникающие между поверхностями цапфы и обоймы подшипника, зависят от площади их контакта, а его увеличение за счет уменьшения зазора технологическими методами механической обработки является экономически нецелесообразным, трудоемким и требующим применения пригоночных или регулировочных работ. Для увеличения площади контакта необходимо уменьшить диаметр контактной поверхности обоймы на определенном угле дуги окружности до значений диаметра цапфы. При этом одновременно будут меняться зазоры и на остальной, свободной от контакта дуги сопряжения, а за счет этого будут меняться условия возникновения и поддержания заданных характеристик масляного клина. Очевидно, достижение требуемого результата зависит от выбора правильной схемы нагружения. Предлагается для увеличения площади контакта уменьшить диаметр контактной поверхности обоймы на определенном угле дуги окружности до значений диаметра цапфы за счет различных конструктивных решений. Среди таких решений рассмотрено применение разрезных колец с различной деформацией, обеспечивающей равенство радиусов вала и кольца на участке обратном нагнетанию смазки в клиновидную щель в условиях жидкостного трения или обеспечения максимального угла охвата вала кольцом почти до полного совпадения контактирующих поверхностей в условиях сухого и полусухого трения. На основе рассмотрения разработанных схем получены математические зависимости, пригодные для расчета геометрических параметров предлагаемых конструктивных решений.

Ключевые слова: подшипник скольжения, контактные напряжения

INCREASE IN OPERABILITY OF CYLINDRICAL COUPLES OF SLIDING FRICTION BY VARIOUS SCHEMES OF DEFORMATION OF THE INTERMEDIATE RING

Oteniy Ya.N., Nikiforov N.I., Martynenko O.V., Ogar R.N.

*Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University,
Kamyshin, e-mail: ktm@kti.ru*

In article the problem of increase in operability of slideways is considered, at preservation of design data and the given loadings. The contact stresses arising between surfaces of a pin and a holder of the bearing depend on the area of their contact, and its increase due to decrease of a gap by technological methods of machining is economically inexpedient, laborious and demanding application of fitting or adjusting works. For increase in a contacting area it is necessary to reduce diameter of a contact surface of a holder on particular coal of an arch of a circle to values of diameter of a pin. At the same time gaps and on other, the free from contact of an arch of interface will change at the same time, and at the expense of it conditions of emergence and maintaining of the given characteristics of an oil wedge will change. Apparently, achievement of the required result depends on the choice of the correct scheme of a loading. It is offered to reduce for increase in a contacting area diameter of a contact surface of a holder on particular coal of an arch of a circle to values of diameter of a pin at the expense of various constructive decisions. Among such decisions application of cutting rings with various deformation providing equality of radiuses of a shaft and ring on the site inverse to forcing of lubricant in a clinoid crack in the conditions of liquid friction or providing the maximum angle of contact of a shaft with a ring is considered honor before the complete coincidence of the contacting surfaces in the conditions of a dry and moist friction. On the basis of consideration of the developed schemes mathematical dependences suitable for calculation of geometrical parameters of the proposed constructive solutions are received.

Keywords: slideway, contact stresses

Возможность решения задачи повышения работоспособности подшипников скольжения, при сохранении конструктивных параметров и заданных нагрузок, базируется на положении, что цапфа установлена в опорной обойме с гарантированным зазором и, следовательно, не соприкасается с обоймой по полной поверхности. Поэтому контактные напряжения будут определяться нагрузкой, приложенной к валу, деленной на фактическую площадь контакта.

Применение износостойких покрытий, позволяющих получать рациональное сочетание высокой твердости поверхности и конструкционной прочности опоры в целом [1, 2] не в полной мере решает проблему. За счет зазора контакт вала с обоймой осуществляется только по части полной поверхности вала или втулки. Обеспечить беззазорное соединение технологическими методами механической обработки не представляется экономически целесообразным.

ным и является трудоемким, требующим применения пригоночных работ. В подобных случаях применяется метод регулирования. Для этого в обойму необходимо запрессовать промежуточное кольцо, которое затем перед началом эксплуатации подвергают принудительному деформированию радиально приложенными нагрузками. Точки приложения и величина нагрузки будут определяться обеспечением необходимого закона изменения зазора по дуге контакта и его минимального значения. Другим перспективным способом повышения износостойкости пары трения предлагается коррекция коаксиального положения вала с помощью применения постоянных линейных магнитов [3].

Для увеличения площади контакта необходимо уменьшить диаметр контактной поверхности обоймы на определенном угле дуги окружности до значений диаметра цапфы. При этом одновременно будут меняться зазоры и на остальной, свободной от контакта дуге сопряжения, а за счет этого будут меняться условия возникновения и поддержания заданных характеристик масляного клина. Очевидно, достижение требуемого результата зависит от выбора правильной схемы нагружения.

Цель работы: изучение различных схем деформирования промежуточного кольца радиальными нагрузками для увеличения площади фактического контакта в подшипнике скольжения и повышения его работоспособности.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены возможные схемы нагружения кольца радиальными силами.

На схеме, представленной на рис. 1, а, показана стандартная схема нагружения вала в подшипнике. Вал установлен с зазором и под действием постоянной нагрузки занимает эксцентричное положение относительно оси отверстия обоймы. Максимальное сближение кольца с цапфой смещено на угол β . По обе стороны от точки наибольшего сближения вала с обоймой зазор принимает клиновидную форму. Вращаясь, вал увлекает за собой смазку, действуя как насос. Поступая в суживающийся по направлению вала зазор, масло, являющееся практически несжимаемой жидкостью, за счет сил давления приподнимет вал, одновременно сдвигая в направлении вращения. За точкой максимального сближения вала с обоймой расположена аналогичная расширяющаяся щель. За счет этого смазка приобретает ускоренное вытекание. Геометрические параметры этой щели определяют устойчивость и жесткость масляного

клина. Когда в подшипнике цапфа установлена в обойме с гарантированным зазором, геометрические параметры входной и выходной щелей имеют конкретные значения. Возможно, что для большей устойчивости положения вала подшипника выходная щель должна быть не сужающейся, а равномерной по ширине, или даже сужающейся в направлении обратном вытеканию смазки, или иметь другую форму и размеры. Предельным положением поверхности кольца обоймы будет случай, когда под воздействием приложенной радиальной силы внутренний диаметр кольца примет значение радиуса цапфы. Деформация кольца может производиться по разным схемам. Каждая из схем отражает либо конструктивные особенности подшипника, либо преследует цель обеспечения заданного зазора и закона его изменения по углу охвата вала.

Первая из предложенных схем (рис. 1, б) позволяет обеспечить равенство радиусов вала и кольца на участке, обратном нагнетанию смазки в клиновидную щель. При отсутствии смазки, в неустановившиеся периоды, при пуске и остановке работы подшипника, когда наступает полусухое трение скольжения, вал будет полностью прилегать к поверхности кольца на угле φ , большем, чем при общепринятой схеме контакта.

За счет этого будут снижены напряжения в контакте, что приведет к уменьшению износа контактирующих поверхностей. В процессе установившегося процесса работы равномерная щель будет препятствовать быстрому вытеканию масла, что приведет к более устойчивой работе подшипника при изменяющемся температурном режиме.

Следующая схема (рис. 1, в) предназначена для обеспечения максимального угла охвата вала кольцом почти до полного совпадения контактирующих поверхностей. Эта схема предназначена для обеспечения минимальных напряжений в условиях сухого и полусухого трения. При жидкостном трении необходимо, чтобы вал приподнимался на некоторую величину. Охват кольцом вала в верхней части не позволит ему смещаться в этом направлении.

Схема (г) позволяет при решении тех же задач, что и схема (б), обеспечить изменение клинового зазора, в который увлекается масло. Схема (д) обеспечивает увеличение контактной поверхности за счет деформации полого вала. Последняя схема может быть использована, когда кольцо, по каким либо причинам, нецелесообразно выполнять разрезным. Наиболее оптимальный вариант, выбранный из представленных схем, может быть найден только после всестороннего исследования вопроса. Для это-

го необходимо определить геометрические параметры образующихся зазоров по длине угла охвата для разных схем нагружения кольца, характер течения смазки и ее подъемную силу.

Для того чтобы определить, какая из представленных схем является наиболее технологичной, необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования данного вопроса.

В литературе [4, с. 99] рассмотрен вопрос деформирования стержня, выполненного в форме дуги круга, который закреплен на нижнем конце и изгибается силой P , приложенной в радиальном направлении к верхнему концу (рис. 2, а).

В литературе [4, с. 99] рассмотрен вопрос деформирования стержня, выполненного в форме дуги круга, который закреплен на нижнем конце и изгибается силой P , приложенной в радиальном направлении к верхнему концу (рис. 2, а).

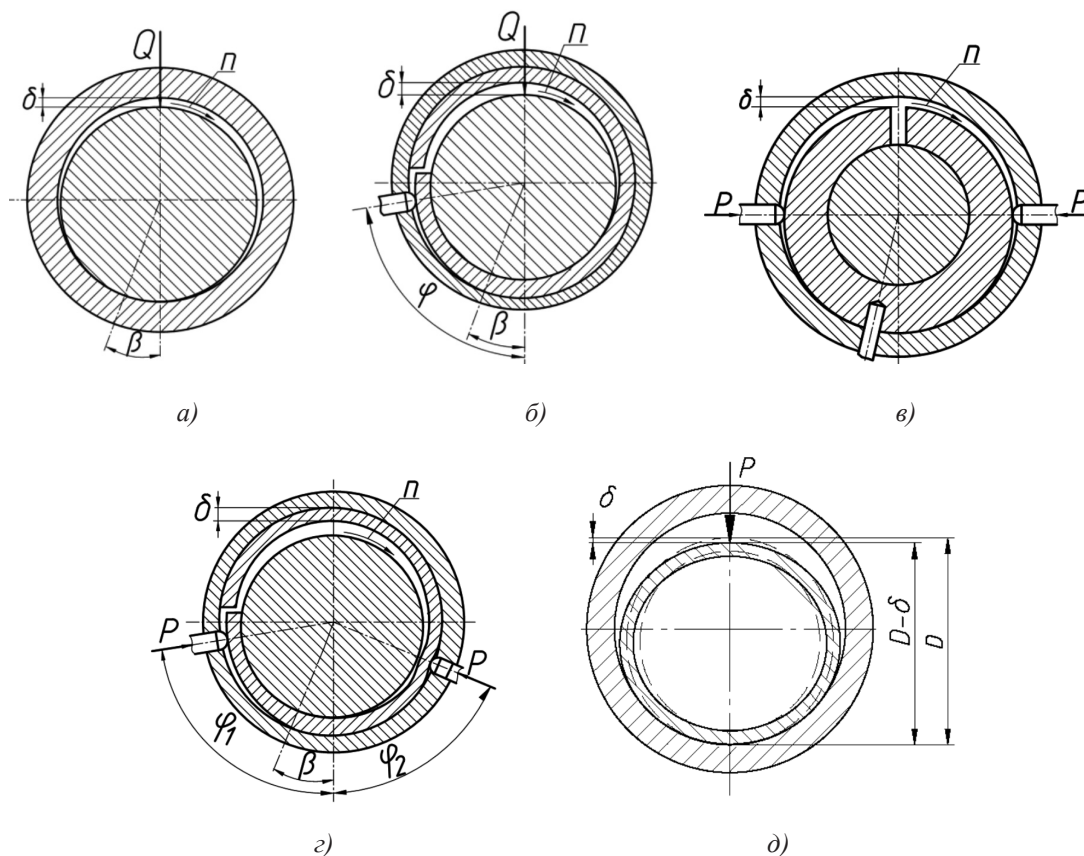


Рис. 1. Изменение зазора между цапфой и кольцом в зависимости от полярного угла:
а – стандартная схема нагружения; б – односторонняя схема нагружения;
в, г – двухсторонние деформации разрезного кольца; д – деформация полый цапфы

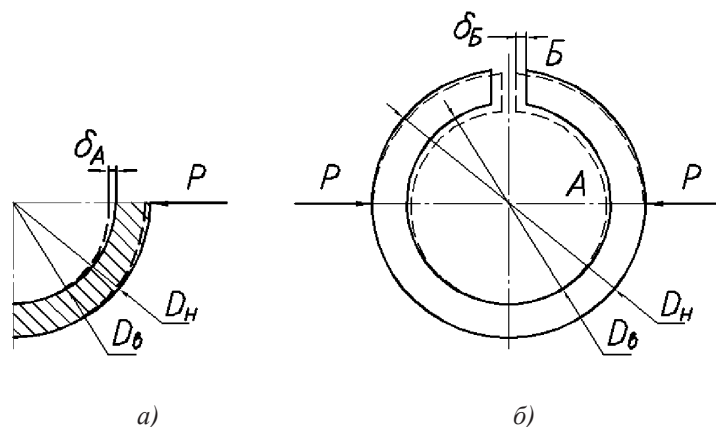


Рис. 2. Схема нагружения: а – стержня по [4]; б – разрезного кольца

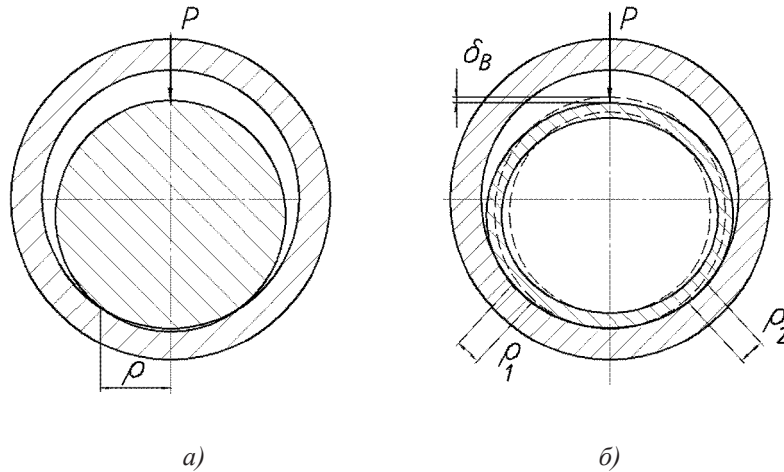


Рис. 3. Схема сближения: а – при сплошном сечении цапфы; б – при применении цапфы в виде деформируемого кольца

Прогиб в точке приложения нагрузки (А) определяется формулой [4, 5]:

$$\delta_A = - \frac{P \cdot \pi \cdot (D_B^2 + D_H^2)}{E \cdot \left[(D_B^2 - D_H^2) + (D_B^2 + D_H^2) \cdot \ln \left(\frac{D_H}{D_B} \right) \right]}, \quad (1)$$

где P – нагрузка приложенная к цапфе; D_B , D_H – внутренний и наружный диаметры опорного кольца; E – модуль упругости.

Для практических целей упрощенное решение формулы (1) дает выражение для определения силы, необходимой для деформации разрезного кольца цапфы на величину устранения зазора (δ_A):

$$P = \frac{\delta_A E}{3\pi} \left(1 - \frac{D_H}{D_B} \right)^3. \quad (2)$$

При этом разрезное кольцо должно иметь вырез, ширина которого должна быть не меньше, чем определяется выражением

$$\delta_B = \frac{3\pi P}{E} \left(\frac{D_B}{D_H - D_B} \right)^3. \quad (3)$$

Другие варианты приложения сил достаточно подробно рассмотрены в литературе [6, с. 126], где приводятся схемы и формулы для расчета изменения диаметра колец. Например для схемы б (рис. 2) деформация точки А определяется выражением

$$\delta_A = \frac{0,149 P \cdot r^3}{EJ}, \quad (4)$$

где r – радиус кривизны нейтрального слоя; J – момент инерции сечения кольца.

С учетом того, что сечение кольца прямоугольное, определяемое его диаметрами, а ширина b , получено выражение

$$\delta_A = \frac{14,304 P}{E \cdot b \left(\ln \frac{D_H}{D_B} \right)^3}. \quad (5)$$

Или, для определения силы, необходимой для расчетной деформации:

$$P = 0,0699 \delta_A E \cdot b \left(\ln \frac{D_H}{D_B} \right)^3. \quad (6)$$

Для расчетного определения деформаций и сил в схеме (рис. 1, д) может использоваться зависимость из источника [6, с. 180]. Она дает зависимость деформации длинной цилиндрической оболочки от радиальной нагрузки, приложенной сосредоточенно на малой площади:

$$\delta_B = \frac{0,27 P D_H^2}{E (D_H - D_B)^3}. \quad (7)$$

Половина длины контакта по окружности, учитывая что это упругий контакт двух цилиндров с параллельными осями, определяется по формуле [7, с. 14] (рис. 3, а):

$$\rho = 1,128 \sqrt{\Theta_\Sigma r \frac{P}{l}}, \quad (8)$$

где l – длина контакта по ширине колец подшипника; $\Theta_\Sigma = \Theta_1 + \Theta_2$ – упругая постоянная для случая контакта двух деформи-

руемых тел; r – главная кривизна в центре контакта:

$$r = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2},$$

где r_1 и r_2 – радиусы цапфы и наружного кольца в точке контакта.

Тогда принимая во внимание, что кольцо деформируется и приобретает форму эллипса, контакт переходит в двухточечный (рис. 3, б) с полудлинами контакта ρ_1 и ρ_2 , а фактическая площадь контакта увеличивается.

Заключение

Повышение работоспособности подшипников скольжения при сохранении конструктивных параметров и заданных нагрузок возможно путем увеличения фактической площади контакта между валом и обоймой за счет направленного деформирования обоймы по различным схемам. Математическое описание предлагаемых схем позволяет прогнозировать изменение контакта в подшипнике, а полученные математические зависимости пригодны для расчета геометрических параметров фактического контакта [8, 9] в подшипниках скольжения с предлагаемыми конструктивными решениями повышения несущей способности.

Список литературы

1. Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Клименко А.А., Коломейченко А.А. Износостойкие твердосплавные подшипники скольжения на основе антифрикционных наноструктурированных покрытий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5–2. С. 24–27.
2. Усиков А.В. Применение в узлах трения лесообрабатывающего оборудования композиционного полимернометаллического материала // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5057> (дата обращения: 11.01.2019).
3. Перекрестов А.П., Мамбетов Э.М., Саидов М.А. Модернизация подшипникового узла скольжения // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. 2017. № 4. С. 88–91.
4. Тимошенко С. П., Гудьер Дж., Теория упругости / Перев. с англ. М.И. Рейтмана. Под ред Г.С. Шапиро. М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. 576 с.
5. Колесников И.В., Коровина Е.Ю. Определение величины зазора в подшипниках скольжения в зависимости от приложенных радиальных сил // Россия молодая: сборник материалов VI Всероссийской, 59-й научно-практической конференции молодых ученых с международным участием / Отв. ред.: В.Ю. Блюменштейн. 2014. С. 192.
6. Справочник машиностроителя. В 6 т. Т. 3 / Под ред. С.В. Серенсена 3-е изд., исправл. и доп. М.: Машиностроение, 1962. 651 с.
7. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. В 2-х кн. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1978. 400 с.
8. Казак В.Ф., Вершинин А.Ю., Отений Я.Н. Анализ методик определения контактных напряжений между цапфой и обоймой в цилиндрических парах трения // Известия ВолгГТУ. Сер. Прогрессивные технологии в машиностроении. 2017. № 9 (204). С. 54–58.
9. Вирт А.Э., Отений Я.Н. Особенности расчета контактных напряжений в цилиндрических парах трения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9–4. С. 573–576.

УДК 663.443:663.452:543.32

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОДА НА ПОЛУЧЕНИЕ ПИВНОГО СУСЛА**¹Пастухова Г.В., ¹Перетрутов А.А., ²Просвирин С.В., ¹Чубенко М.Н., ¹Волкова И.С.***¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru;**²ООО «Дзержинский пивоваренный завод», Дзержинск, e-mail: sv_prosvirin@mail.ru*

Проведена оценка изменения обсемененности сухого солода при хранении в условиях высокой относительной влажности воздуха и исследовано влияние качества выдержанного в неблагоприятных условиях солода на приготовление пивного сусла. Неблагоприятные условия хранения трех образцов светлого ячменного солода имитировали выдержкой дробленого солода в открытых банках, помещенных в эксикаторы над слоем воды, при температуре в лаборатории 18–25 °С. Продолжительность выдержки составляла до 24 суток. Для затирания использовали воду с оптимальным для перехода экстрактивных веществ солода в сусло содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} (общая жесткость воды 2,9 мг-экв/л, 2,5 мг-экв/л Ca^{2+} и 0,4 мг-экв/л Mg^{2+}). После проведения затирания пикнометрически определена плотность сусла, полученного фильтрованием затора, рассчитана экстрактивность на воздушно-сухое и сухое вещество солода; оценен pH сусла, содержание общего и восстанавливающих сахаров, микробиологическую обсемененность сусла. Полученные экспериментальные данные показали, что хранение солода при неблагоприятных условиях (в условиях повышенной влажности и умеренных температурах) негативно сказывается на процессе переработки солода и качестве готового продукта. Чем продолжительнее срок хранения солода, тем существеннее снижение экстрактивности и содержания сахаров в сусле и выше бактериальная обсемененность сусла, в том числе и вероятность развития микрофлоры, опасной для здоровья человека. Приведены графики зависимости влияния времени выдерживания солода в неблагоприятных условиях на его бактериальную обсемененность, плотность и pH сусла.

Ключевые слова: солод, сусло, экстрактивность солода, содержание общего и восстанавливающих сахаров, микробиологическая обсемененность

THE INFLUENCE OF THE QUALITY OF MALT FOR OBTAINING BEER WORT**¹Pastukhova G.V., ¹Peretrutov A.A., ²Prosvirin S.V., ¹Chubenko M.N., ¹Volkova I.S.***¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru;**²ООО «Dzerzhinsky brewery», Dzerzhinsk, e-mail: sv_prosvirin@mail.ru*

The assessment of changes in the dry malt contamination during storage in conditions of high relative humidity was carried out and the influence of the quality of malt aged in adverse conditions on the preparation of beer wort was investigated. Unfavorable storage conditions of three samples of light barley malt were simulated by exposure of crushed malt in open cans placed in desiccators over a layer of water at a temperature in the laboratory of 18–25 °C. The duration of exposure was up to 24 days. For mashing, water with the optimal content of Ca^{2+} and MD^{2+} (total water hardness 2,9 mg-equiv/l, 2,5 mg-equiv/l Ca^{2+} and 0,4 mg-equiv/l Mg^{2+}) for the transition of malt extractives into wort. After mashing, the density of the wort obtained by filtering the mash was determined pycnometrically, the extractivity for air-dry and dry matter of malt was calculated; the pH of the wort, the content of total and reducing sugars, the microbiological contamination of the wort was estimated. The obtained experimental data showed that the storage of malt under adverse conditions (in conditions of high humidity and moderate temperatures) has a negative impact on the processing of malt and the quality of the finished product. The longer the storage life of the malt, the stronger the reduction of the extract content and the content of sugars in the wort and higher bacterial contamination of the wort, including the likelihood of microorganisms, dangerous for human health. The graphs of the influence of malt aging time under adverse conditions on its bacterial contamination, density and pH-wort are presented.

Keywords: malt, wort, malt extractivity, content of total and reducing sugars, microbiological contamination

Основным сырьем для производства пива является солод, который может быть источником и благоприятной питательной средой для развития микроорганизмов [1]. Солод обсеменяется бактериями, дрожжами и плесневыми грибами. Основная часть микроорганизмов в нормальных условиях не способна развиваться в пиве. Развитие большинства бактерий и грибов подавляется одним или несколькими факторами: антимикробными свойствами хмеля; снижением pH во время брожения с 5,5–5,2 в сусле до 3,8–4,0 в пиве; образованием CO_2 и анаэробными условиями; увеличением

содержания этанола. Отсутствие защитных факторов приводит к предрасположенности сусла к порче. Пиво, обладающее антимикробными свойствами и низким содержанием несброженных сахаров, является относительно стабильной средой, но в анаэробных условиях некоторые микроорганизмы (молочнокислые, уксуснокислые микроорганизмы, энтеробактерии) способны развиваться на полисахаридах и других органических соединениях, оставшихся после брожения. Сильное инфицирование возможно в неохмеленном или слабоалкогольном пиве, где отсутствует один из за-

щитных факторов, следовательно, высокая обсемененность исходного солода может быть фактором риска для готового пива.

Зерно ячменя перед проращиванием обсеменено природной микрофлорой, в ходе замачивания и проращивания зерна наблюдается рост и размножение микрофлоры, находящейся на поверхности зерна. Споры плесневых грибов прорастают, дрожжи и бактерии начинают размножаться, контаминация по сравнению с сухим ячменем может возрастать по отдельным микроорганизмам более чем в 1000 раз [2].

Развитие плесневых грибов рода *Fusarium* в ходе проращивания связывают с эффектом гашинга готового пива, кроме того, накопление микотоксинов, продуцируемых плесневыми грибами (зеараленона, 4-дезоксиниваленола, афлатоксинов и других), негативно влияет на здоровье человека. Реальная оценка действия микотоксинов пива на организм человека сложна, так как в процессе брожения дрожжи могут метаболизировать их в другие соединения.

Последующая сушка свежепросоженного солода приводит к снижению бактериальной обсемененности солода; так при сушке в токовой солодовне продуктами сгорания антрацита количество аэробных и грамотрицательных бактерий может быть снижено по сравнению с исходным ячменем. Более высоким, чем в ячмене до соложения, является лишь содержание молочнокислых бактерий.

Чем выше общая микробная обсемененность солода, тем больше вероятность присутствия патогенных микроорганизмов и мицелиальных грибов, продуцирующих микотоксины.

Длительное хранение сухого солода в неблагоприятных условиях (при повышенной относительной влажности воздуха и умеренных температурах) также может влиять на содержание микроорганизмов и качество готового пива.

Затирание солода является важной стадией в производстве пива [3]. При затирании следует обеспечить возможно более полное извлечение составных веществ солода и несоложенных материалов [4], обеспечивающих нормальное протекание последующих технологических этапов и необходимые органолептические свойства готового пива. На процесс затирания влияет множество факторов: степень измельчения солода, температурный режим, pH и продолжительность процесса, минеральный состав воды, используемой для затирания, и, конечно, качество используемого солода, регламентируемого для первого класса по ГОСТ 29294-2014 «Солод пивоваренный ячменный. Технические условия». Таким образом, задачей солодоращения явля-

ется получение богатого ферментами солода, относительно чистого микробиологически, с хорошим растворением содержимого зерна, а для пивоваренного солода – с минимальными потерями крахмала [5].

В данной работе провели оценку изменения обсемененности сухого солода при хранении в условиях высокой относительной влажности воздуха и влияния качества выдержанного в неблагоприятных условиях солода на приготовление сусла.

Материалы и методы исследования

Основными показателями качества солода являются влажность, экстрактивность, длительность осаживания, которые влияют на такие характеристики сусла, как плотность, содержание экстракта, pH. Кроме того, характеристикой солода можно считать и бактериальную обсемененность, которая по литературным данным достаточно высока и находится в пределах $(0,7-7,7) \times 10^6$ клеток/г [2].

Неблагоприятные условия хранения трех образцов светлого ячменного солода имитировали выдержкой дробленого солода в открытых банках, помещенных в эксикаторы над слоем воды, при температуре в лаборатории 18–25 °С. Продолжительность выдержки составляла до 24 суток. Пробы солода отбирали на 3, 5, 10, 15, 20 и 24 сутки хранения, проверяли их влажность и микробную обсемененность и проводили затирание солодов конгрессным методом. Для затирания использовали воду с оптимальным для перехода экстрактивных веществ солода в сусло содержанием Ca^{2+} и Mg^{2+} . Для этого смешивали водопроводную и дистиллированную воду так, чтобы общая жесткость воды составляла 2,9 мг-экв/л, кальциевая – 2,5 мг-экв/л, магниевая – 0,4 мг-экв/л [6]. После проведения затирания определяли пикнометрически плотность сусла, полученного фильтрованием затора, и рассчитывали экстрактивность на воздушно-сухое и сухое вещество солода; также оценивали pH, содержание общего и восстанавливающих сахаров, микробиологическую обсемененность сусла.

Оценку микробиологической обсемененности солода и сусла выполняли прямым подсчетом микробных клеток с помощью камеры Горяева. Из пробы солода готовили водную вытяжку, охлажденное фильтрованное сусло разбавляли водой и проводили подсчет микробных клеток с помощью микроскопа МИКМЕД-5.

Кроме того, для установления родовой принадлежности и общего числа остаточных микроорганизмов сусла, полученного из солода с выдержкой 10 суток при высокой влажности воздуха, проводили посев на плотную среду МПА и термостатирование в течение 72 ч с последующим подсчетом колоний.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание влаги в образцах ячменного солода при продолжительном хранении в условиях высокой относительной влажности воздуха (близкой к 100%) возрастало в 3–4 раза: с 3,92–4,73 % до 14,10–17,73 %. Бактериальная обсемененность исходных образцов находилась в преде-

лах $(4,75-5,00) \times 10^6$ клеток/г, в ходе хранения на 16–20 суток она достигала $(8,00-19,12) \times 10^6$ клеток/г, то есть увеличивалась до 4-х раз (рис. 1).

Как следует из рис. 1, на рост обсемененности солода влияют как начальная, так и конечная влажность. Образец с меньшей влажностью содержит меньше микробов. Набор влаги объясняется гигроскопичностью образца, которая характеризуется в свою очередь гигроскопической точкой, то есть такой температурой, при которой не происходит поглощения и испарения влаги. Для образца 1 гигроскопическая точка явно ниже, чем у остальных.

Показатели качества фильтрованного сусла, приготовленного на солодах с разным сроком хранения, приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Рис. 2 наглядно доказывает, что увлажнение солода при хранении помимо образования микрофлоры вызывает уменьшение плотности сусла и, как следствие, уменьшение экстрактивности солода, что безусловно скажется на эффективности последующих стадий брожения и дображивания, а также повышает остаточное количество микроорганизмов и повышает pH сусла до 6, что в итоге может повлиять на направление брожения.

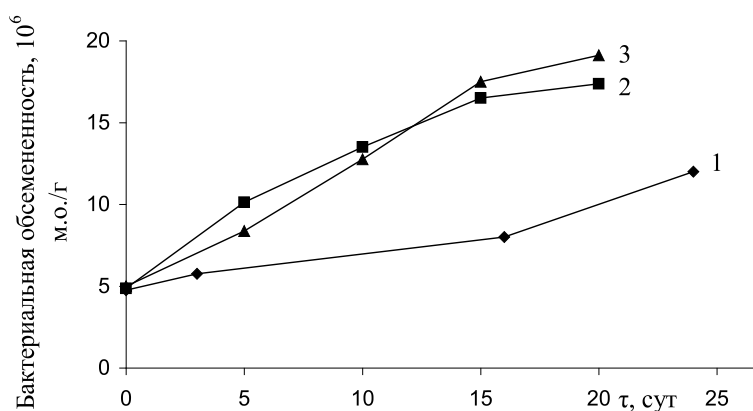


Рис. 1. Влияние времени выдерживания в неблагоприятных условиях солода на его бактериальную обсемененность: 1 – образец I, 2 – образец II, 3 – образец III

Таблица 1

Характеристики пивного сусла

Продолжитель- ность выдержки солода, сут	Влажность солода, %	Содержание в сусле, %			Экстрактивность солода, %	
		экстракта	общего сахара	восстанавливаю- щих сахаров	на воздушно-су- хое вещество	на сухое вещество
I образец						
0	4,53	6,498	4,72	4,48	55,91	58,56
3	7,10	6,424	4,79	3,70	55,41	57,97
16	14,10	5,754	4,77	3,99	49,70	57,86
24	14,71	5,561	4,86	4,42	47,97	56,25
II образец						
0	3,92	7,748	5,01	4,93	67,52	70,27
5	9,19	7,072	4,90	4,32	61,58	67,81
10	12,91	7,011	4,86	4,20	61,29	70,37
15	14,47	6,998	4,20	3,50	61,28	71,65
20	17,73	6,572	4,79	4,48	57,52	69,92
III образец						
0	4,73	8,305	4,49	3,87	72,89	76,50
5	10,00	7,895	4,65	4,03	69,43	77,15
10	11,27	6,887	3,60	3,41	60,00	67,63
15	13,46	6,739	3,58	3,19	58,78	67,92
20	16,27	6,015	3,28	3,09	52,24	62,39

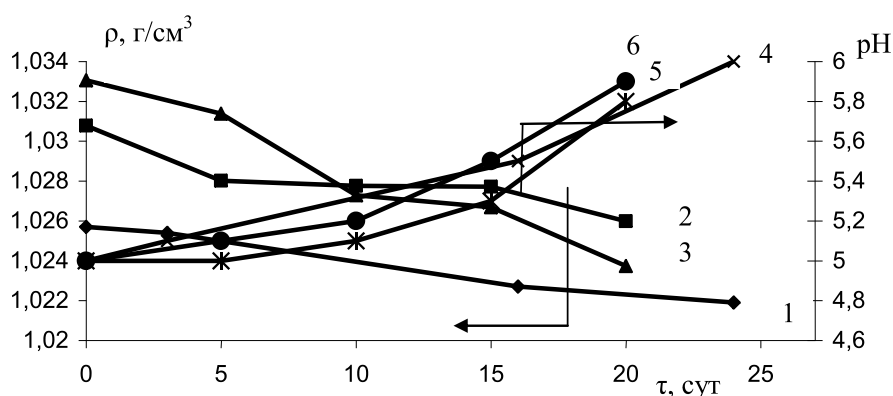


Рис. 2. Зависимость плотности (1–3) и pH сусла (4–6), полученного фильтрованием затора от продолжительности выдержки солода в неблагоприятных условиях:
1, 4 – образец I, 2, 5 – образец II, 3, 6 – образец III

Переход растворимых веществ в сусло, полученное из солодов с разным сроком выдержки при высокой влажности воздуха, в пересчете на воздушно-сухое вещество уменьшается, так как экстрактивных веществ в солоде становится меньше за счет того, что при затирации одинаковой массы солода с возрастающей влажностью уменьшается содержание сухих веществ солода. Экстрактивность солода в пересчете на сухое вещество также снижается, для первого и второго образцов незначительно, а для третьего – существенно, с 76,5 до 62,39%. Возможно, это связано с ростом бактериальной обсемененности и использованием микроорганизмами сухих веществ солода, преимущественно переходящих в экстракт, в качестве питательной среды. Чем длительнее выдержка солода при неблагоприятных условиях, тем значительнее снижение экстрактивности в пересчете на сухое вещество. Высокая относительная влажность воздуха (практически 100%) и температура 18–25 °С достаточно благоприятны при хранении солода для развития микроорганизмов, особенно плесневых грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*), потребляющих в качестве питательных веществ прежде всего сахара и аминокислоты.

Количество общего сахара и восстанавливающих сахаров (глюкозы, мальтозы, мальтотриозы) в сусле при затирации первого образца солода практически не зависит от условий его хранения, а для второго и третьего образцов отмечается снижение как общего содержания сахаров (в том числе крахмала и декстринов), так и снижение содержания восстанавливающих сахаров. Содержание восстанавливающих сахаров составляет в среднем 90% общего сахара.

Обсемененность образцов солода увеличивалась при хранении в 3–4 раза, последующие затираание и фильтрование затора, включающее нагрев перед фильтрованием до 78 °С, вызывают гибель части микробных клеток. В табл. 2 приведены результаты определения бактериальной обсемененности (число микроорганизмов) исходного солода и сусла после фильтрования затора.

Таблица 2
Бактериальная обсемененность солода и сусла после фильтрования

Время выдержки солода, сут.	Число микроорганизмов, млн клеток/г		Доля погибших микроорганизмов, %
	в навеске солода	в сусле после фильтрования	
0	250	50	80
5	420	70	83
10	630	73	88
15	870	75	91
20	950	83	91

Как видно из табл. 2, общее число микроорганизмов в сусле с ростом начальной обсемененности солода также возрастает (до полутора раз относительно исходной пробы солода), а доля погибших микроорганизмов увеличивается от 80 (для исходного образца) до 91%. Содержание микроорганизмов в сусле после фильтрования значительно и пропорционально зависит от начальной обсемененности солода. Посев пробы сусла на плотную питательную среду МПА показал, что остаточная микрофлора сусла образует округлые белые блестящие колонии с гладкой поверхностью, родовая принадлежность колоний предположительно микрококки.

Выводы

Таким образом, хранение солода при неблагоприятных условиях (в условиях повышенной влажности и умеренных температур) негативно сказывается на процессе переработки солода и качестве готового продукта. Чем продолжительнее срок хранения солода, тем существеннее снижение экстрактивности и содержания сахаров в сусле и выше бактериальная обсемененность сусла, в том числе и вероятность развития микрофлоры, опасной для здоровья человека.

Список литературы

1. Хоконова М.Б., Терентьев С.Е. Влияние биологических особенностей сортов ярового ячменя на урожайность

и пивоваренные качества зерна и солода // Пиво и напитки. 2016. № 3. С. 10–13.

2. Микробиология пива / Под ред. Ф.Дж. Прист, Й. Кемпбелл; пер. с англ. под общ. ред. Т.В. Мелединой и Тыну Сойдла. СПб.: Профессия, 2005. 368 с.

3. Алябьев Б.А., Ростовская М.Ф., Приходько Ю.В. Зависимость экстрактивности и содержания редуцирующих веществ сусла от параметров затирания и состава засыпи // Пиво и напитки. 2016. № 1. С. 40–43.

4. Хоконова М.Б., Кагермазова А.Ч. Выход экстракта в зависимости от доли несоложенного ячменя в заторе // Пиво и напитки. 2016. № 1. С. 36–38.

5. Хоконова М.Б., Кагермазова А.Ч. Критерии оптимального температурного режима соложения // Пиво и напитки. 2018. № 3. С. 40–42.

Перетрутов А.А., Пастухова Г.В., Просвирин С.В., Чубенко М.Н., Авдонина А.В., Ануфриева А.И., Иванов А.И. Влияние солей жесткости воды на затирание солода и промывку солодовой дробины в производстве пива // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–2. С. 224–228.

УДК 629.067:656.11(575.2)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Шатманов О.Т., Дуйшебаев С.С., Исаков К.

*Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры
им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: intrancom@gmail.com, sultanss@mail.ru, kuttubek.isakov.59@mail.ru*

В настоящее время вопросы обеспечения безопасности дорожного движения при планировании и осуществлении перевозки требуют повышенного внимания, так как дорожно-транспортные происшествия, помимо значительного материального ущерба могут сопровождаться более серьезными последствиями (человеческие жизни, инвалидность, полученная в результате дорожно-транспортных происшествий). Расчеты показывают, что ущерб от дорожно-транспортных происшествий в несколько раз превышает эффект, полученный от перевозочного процесса, если же дорожно-транспортное происшествие сопровождается смертельным исходом для его участников, то величину ущерба рассчитать весьма сложно. Анализы показали, что одним из путей повышения безопасности дорожного движения является ликвидация так называемых стихийных процессов, которые с точки зрения дорожно-транспортных происшествий представляют собой предаварийное состояние сложной системы ВАДС – водитель, автомобиль, дорога и среда, то есть возникновение дорожно-транспортных происшествий характеризуется нарушениями этой системы. В данной статье даны методики обоснования факторов, влияющие на возникновение дорожно-транспортных происшествий с использованием теории вероятностей. Приведены примеры получения эмпирических зависимостей и оценка значимости факторов. В результате можно сказать, что эффективность разных перевозочных процессов зависит от безопасности дорожного движения по правильно предпринятым мерам по уменьшению количества дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: дорожно-транспортные происшествия, полиномы, аппроксимация, метод наименьших квадратов, автомобили

THE CONDITION AND PERSPECTIVES OF IMPROVED SAFETY OF ROAD TRAFFIC IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Shatmanov O.T., Duyshebaev S.S., Isakov K.

*Kyrgyz State University of Construction, Transportation and Architecture n.a. N. Isanov, Bishkek,
e-mail: intrancom@gmail.com, sultanss@mail.ru, kuttubek.isakov.59@mail.ru*

Currently, issues of road safety in the planning and implementation of transportation require increased attention, since the process of traffic accidents, in addition to significant material damage may be accompanied by more serious consequences (human life, disability resulting from road traffic accidents). Calculations show that the damage from road accidents is several times greater than the effect obtained from the transportation process, but if a road accident is accompanied by the death of its participants, then the amount of damage is very difficult to calculate. Analyses have shown that one of the ways to improve road safety is the elimination of the so-called spontaneous processes, which from the point of view of road accidents represent a pre-emergency condition of a complex system of VATS – driver, car, road and environment, that is, violations of this system. This article provides methods for the justification of factors affecting the occurrence of road accidents using probability theory. Examples of obtaining empirical dependencies and assessment of the significance of factors are given. As a result, it can be said that the efficiency of different transportation processes depends on road safety in properly taken measures to reduce the number of traffic accidents.

Keywords: freight transport, road transport, forecasting, trucks, transit

В перевозочном процессе, где используются автомобильные транспортные средства, своевременная и безопасная доставка пассажиров к месту пребывания или грузов к месту назначения является одним из главных показателей деятельности автотранспортных предприятий и организаций.

Вопросы обеспечения безопасности движения при планировании и осуществлении перевозки требуют повышенного внимания, так как процесс ДТП, помимо значительного материального ущерба, может сопровождаться более серьезными последствиями, такими как человеческие жизни, либо инвалидность, полученная в результате ранений. Расчеты показывают, что ущерб

от ДТП в несколько раз превышает эффект, полученный от перевозочного процесса, если же ДТП сопровождается смертельным исходом для его участников, то величину ущерба рассчитать весьма сложно.

Одним из путей повышения безопасности дорожного движения является ликвидация так называемых стихийных процессов, которые с точки зрения ДТП представляют собой предаварийное состояние системы ВАДС – водитель, автомобиль, дорога и среда, то есть возникновение ДТП характеризуется нарушениями этой системы [1].

Практика показывает, что нарушения указанной системы происходят на различных участках дороги в зависимости от из-

менения дорожных и погодных-климатических условий, от технического состояния транспортных средств и состояния водителя. При этом, как известно, каждый из указанных факторов состоит из нескольких составляющих. Например, влияние дорожных условий на безопасность движения транспортных средств характеризуется эпюрой коэффициентов безопасности $K_{\text{без}}$, физический смысл которой заключается в величине и количестве перепадов скорости движения на рассматриваемом участке из-за степени сложности дорожных условий, к которым относятся:

- резкое изменение элементов дороги;
- наличие кривых с малыми радиусами;
- резкое уменьшение ширины проезжей части дороги;
- наличие крутых подъемов и спусков;
- наличие пересечений в одном уровне, переходно-скоростных полос движения;
- наличие необорудованных участков дорог, где возможно неожиданное появление пешеходов, велосипедистов, животных и т.п.;
- низкая видимость, когда обзорность дороги ограничена неподвижными препятствиями, и другие.

Все вышеперечисленные подфакторы, влияющие на возникновение ДТП на дорогах, являются составляющими одного основного фактора «дорожные условия».

Таким же образом каждый из вышеперечисленных основных факторов, входящих в систему ВАДС, имеет свои составляющие.

Анализ характера возникновения ДТП – задача актуальная, потому что рассматриваемый процесс относится к причинно-следственным явлениям и носит стохастический характер.

Цель исследования: повышение эффективности мероприятий по снижению количества ДТП с усилением работы по определению причин ДТП, с выявлением конкретных виновников ДТП.

Материалы и методы исследования

Практика показывает, что установление причин ДТП весьма сложная задача, кроме тех случаев, когда причина возникновения ДТП носит явный характер, такой как отказ тормозных систем, рулевых механизмов, скользкая дорога и другие [2]. Для установления причины ДТП существует множество методов, причем эти методы различны для каждого из вышеперечисленных факторов по отдельности, например такие, как использование статистических данных по ДТП за определенные периоды времени с последующим получением эмпирических зависимостей, или ДТП рассматриваются как случайные явления, происходящие под влиянием нескольких факторов, конечные результаты в этом случае выводятся с применением методов теории вероятности и математической статистики. В некоторых частных случаях используют детерминированный метод. Например, для установления

влияния дорожных условий на возникновение ДТП применяют специальный показатель – коэффициент происшествий U , который в свою очередь получен по результатам вероятностного метода.

$$U = \frac{Z \times 10^6}{NL \times 365}, \quad (1)$$

где z – количество ДТП за год; $N \times 365$ – среднегодовая интенсивность движения в одном направлении, принимается по данным учета движения; авт/год; L – длина участка дороги, км; N – среднесуточная интенсивность движения в обоих направлениях, авт/сут.

Коэффициент происшествий U устанавливается по результатам обработки статистических данных на рассматриваемом участке. Физический смысл установления величины коэффициента происшествий U заключается в определении степени опасности определенных участков дороги, на которых часто происходят ДТП, из-за влияния дорожных условий в течение определенного времени, например одного года, при определенной интенсивности в обоих направлениях движения. Например, через отдельный участок с конкретными дорожными условиями, проезжает фиксированное количество транспортных средств (ТС), при этом происходит определенное количество ДТП. Полученные в результате наблюдений и расчетов данные подставляют в уравнение (1) и вычисляют значение U . Или же эти данные используются для сопоставления с другими результатами, полученными на других участках дороги или с другими причинами ДТП.

Обычно коэффициент происшествий U вычисляется на 1 млн авт/км. Например, если на участке дороги длиной $L = 100$ км объем движения в течение одного года по результатам расчета составил 5 млн авт/км пробега, то интенсивность движения N на рассматриваемом участке дороги составляет 135–150 авт/сут. Или при вышеуказанных данных через определенный отмеченный участок проезжает 135–150 авт/сутки.

Соответственно, при известных статистических данных, используя уравнение (1), можно определить влияние не только дорожных условий на количество ДТП, но и других факторов, достаточно в указанной формуле вместо количества ДТП $= z$ указать конкретные причины ДТП (дорожные условия, нарушение скоростного режима, состояние транспортных средств и другие).

Ниже приведены статистические данные ДТП, зарегистрированных в Кыргызской Республике в 2010–2017 гг. (табл. 1) [3]. Но нигде не отражены научно обоснованные причины произошедших ДТП, что не дает возможности в полной мере предпринимать меры по их ликвидации.

Как выше отмечено, одним из основных показателей, необходимых для принятия мер по сокращению количества ДТП, является точное установление причин ДТП [4], а также проведение объективного расследования данного события с определением виновника и подтверждения ранее установленных причин.

Для установления причин ДТП в основном, как нам известно, существуют два метода: вероятностный (стохастический) и детерминированный [5]. С помощью первого метода определяют возможности оценки совокупности всех причин ДТП, условия их возникновения и их последствия. Вероятностный (стохастический) метод позволяет предсказать число и характер ДТП, которые, возможно, произойдут в предстоящий период на определенном участке.

Тем самым у сотрудников безопасности дорожного движения и других ответственных лиц появится возможность уменьшить количество ДТП посредством проведения рейдов различного рода, реконструкции опасных участков дорог, путем ведения строгого контроля движения ТС (обеспечением видеонаблюдения и других ограничительных мер).

Детерминированным методом изучают не аварийность по республике или по регионам в целом, а каждое ДТП в отдельности, путем решения научно-технических задач с исследованием всех аспектов каждого происшествия. Каждое ДТП, хотя имеет общие черты, характерные для определенного вида, является следствием конкретных совершенно определенных факторов. Эти факторы могут быть как общими для целой группы ДТП, так и сугубо индивидуальными.

Следует учесть, что существующие методы взаимодополняют друг друга. В связи с этим предлагается методика решения вероятностных задач по предотвращению или уменьшению количества ДТП, суть которой заключается в использовании результатов решенных задач детерминированным способом, в которых при выводе четко будет указан фактор, под влиянием которого произошло данное ДТП.

Например, ДТП в основном могут произойти под влиянием следующих основных факторов [6]:

- состояние водителя;
- нарушения скоростного режима;
- влияние дорожных условий;
- техническое состояние и др.

Для принятия мер по уменьшению количества ДТП необходимо выявить значимость определяющих факторов, используя результаты работ экспертов-автотехников. Предлагаемый метод экспертной оценки можно использовать в ситуациях, когда достоверность исходной информации невелика. Данный метод является вероятностным. Незвестная количественная характеристика, определяющая процессы возникновения ДТП, рассматривается как случайная

величина, отражение закона распределения, которая является индивидуальной оценкой достоверности или зависимости того или иного события. Когда такие оценки получены от группы экспертов, предполагается, что «истинное» значение факторов находится внутри диапазона оценок.

Предлагаемая методика по выявлению значимых факторов приводится на простом примере, на котором использованы некоторые данные, полученные в результате решений детерминированных задач по ДТП, с несколькими экспертами. Они получены при расследовании множеств ДТП, произошедших, допустим, на извилистых горных дорогах, на рассматриваемом участке за определенные промежутки времени [7].

При этом каждое ДТП расследуется опытными экспертами. Наименование факторов и их значения, с точки зрения экспертов, приведены в табл. 2. По оценке экспертов, каждый фактор может иметь значения от 0 до 10 единиц. Для установления закономерности влияния отдельных факторов на возникновение ДТП построим статический ряд двух величин, т.е. представить зависимость

$$y = f(x), \quad (2)$$

где y – дорожные условия; x – скорость автомобиля.

На основе полученных эмпирических данных экспертов можно подобрать алгебраические выражения, то есть установить закономерность влияния дорожных условий на скоростные режимы движения автомобилей или закономерность влияния скоростных режимов на количество роста ДТП в целом на рассматриваемом участке.

После обработки статистических данных полученное математическое выражение называют эмпирической формулой, оно является приближенными выражениями аналитических формул. Процесс замены аналитических выражений эмпирическим выражением называют аппроксимацией [8].

Таблица 1

Дорожно-транспортные происшествия в КР с 2010 по 2017 г.

Год	Всего ДТП	%	Всего погубло	%	Всего ранено	%	числ. населения	Кол. трансп. средств
2010	4402	+3,6	985	–2,0	6192	+9,0	5,448 млн	444 094 ед.
2011	4813	+9,3	1018	+3,4	6697	+8,2	5,515 млн	762 218 ед.
2012	5803	+20,6	1069	+5,0	8509	+27,1	5,607 млн	888 572 ед.
2013	7497	+29,2	1220	+14,1	10728	+26,1	5,720 млн	991 888 ед.
2014	7119	–5,0	1022	–16,2	10510	–2,0	5,836 млн	1 105 606 ед.
2015	7066	–0,7	1060	+3,7	10402	–1,0	5,957 млн	1 015 352 ед.
2016	5868	–17,0	938	–11,5	8892	–14,5	6,019 млн	1 146 780 ед.
2017	6346	+8,1	907	–3,3	9568	+7,6	6,128 млн	1 156 804 ед.

Таблица 2

Факторы, влияющие на возникновение ДТП

Фактор	Эксперты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скорость автомобиля	6,4	7,0	5,5	7,2	4,4	6,0	4,0	8,0	5,0	6,5
Дорожные условия	2,0	4,2	6,0	8,0	5,2	3,0	3,6	7,4	4,2	8,4

Таблица 3

Вспомогательные величины

№ п/п	y	x	x ²	xy	lgy	xlgy	x ² y	x ³	x ⁴
1	2,0	6,4	40,36	12,8	0,301	1,9264	81,92	162,144	1677,7216
2	4,2	7,0	49,0	29,4	0,623	4,361	205,8	343,0	2401,0
3	6,0	5,5	30,25	33	0,778	4,279	181,5	166,375	915,0625
4	8,0	7,2	51,84	57,6	0,903	6,5016	414,72	373,248	2687,3856
5	5,2	4,4	19,36	22,88	0,716	3,1504	100,672	85,184	374,3096
6	3,0	6,0	36	18,0	0,477	2,862	108	216	1296
7	3,6	4,0	16	14,4	0,556	2,224	57,6	64	256
8	7,4	8,0	64	59,2	0,869	6,952	473,6	512	4096
9	4,2	5,0	25	21,0	0,623	3,115	105	125	625
10	8,4	6,5	42,25	54,6	0,924	6,006	354,9	274,625	1785,0625
11	52	60	374,66	322,88	6,77	41,3774	2083,712	2421,576	16114,043

Как известно, эмпирические зависимости получают путем аппроксимации графических данных, методом выравнивания, то есть когда графическое изображение имеет определенный вид и способствует применению определенной формулы.

Результаты исследования и их обсуждение

Для двух факторных явлений (табл. 2) оценивается параметр полиномов по известной формуле

$$\left. \begin{aligned} an + b \sum x &= \sum y \\ a \sum x + b \sum x^2 &= \sum xy \end{aligned} \right\},$$

где n – количество экспертов, $n = 10$; a , b – параметры многочленов (полинома).

Для определения $\sum x$, $\sum y$, $\sum x^2$ и $\sum xy$ составляем дополнительную таблицу (табл. 3).

Значения из табл. 2 и табл. 3 подставляем в системы нормальных уравнений, имеем

$$\begin{cases} 10a + 60b = 52 \\ 60a + 374,66b = 322,8 \end{cases} \quad (3)$$

Решая системы уравнений, получим

$$\begin{cases} a = -0,74 \\ b = 0,99 \end{cases}.$$

Тогда эмпирическая зависимость примет вид

$$y = -0,74 + 0,99x.$$

Метод средних квадратов может быть применен для различных кривых после их выравнивания:

$$\begin{cases} n \lg a + \sum x \lg b = \sum \lg y \\ \sum x \lg a + \sum x^2 \lg b = \sum x \lg y \end{cases},$$

$\lg y$, $x \lg y$ – данные относятся к табл. 3.

Подставляя значения из табл. 2 и табл. 3, имеем

$$\begin{cases} 10 \lg a + 60 \lg b = 6,77 \\ 60 \lg a + 374,66 \lg b = 41,3774 \end{cases} \quad (4)$$

Решая, имеем

$$\begin{cases} \lg a = 0,365 \\ \lg b = 0,052 \end{cases} \begin{cases} a = 10^{0,365} \\ b = 10^{0,052} \end{cases}.$$

Эмпирическая зависимость:

$$y = 0,0365 + b^{0,052x}.$$

Выводы

Приведенные методики решения задач с использованием вероятностного метода, расширяют возможность установления истинной причины возникновения ДТП, тем самым является основой для принятия мер по обеспечению безопасности дорожного движения. Особенности данного подхода – это раскрытие влияния факторов на возникновение ДТП, которых можно условно разделить на основные и дополнительные. Как показывает практика, ДТП характеризуется непредсказуемостью и скрытостью в плане влияния факторов, т.е. при установлении основного, дополнительного факторов. Согласно методике, из полученных результатов можно определить основной фактор возникновения ДТП, исходя из значимости коэффициента, простым сравнением числовых значений.

Согласно вышеизложенному, эффективность перевозочных процессов (грузовые, пассажирские) зависит от безопасности дорожного движения, залогом которого являются правильно предпринятые меры по уменьшению количества ДТП.

Список литературы

1. Корчагин В.А., Кадасев Д.А. Повышение системной безопасности транспортных потоков. Липецк, 2010. 124 с.
2. Бурков В.Н., Кондратьев В.Д., Щепкин А.В. Механизмы повышения безопасности дорожного движения. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 208 с.
3. Официальный сайт Национального статистического комитета Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. URL: <http://stat.kg/kg/publications/sbornik-kyrgyzstan-v-cifrah/> (дата обращения: 24.10.2018).
4. Карева В.В., Володькин П.П., Карев В.Ф. Управление в сфере безопасности дорожного движения: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2013. 102 с.
5. Крутов В.И., Грушко И.М. и др. Основы научных исследований: учеб. для техн. вузов. М.: Высш.шк., 1989. 400 с.
6. Алоян С.М., Карушев М.А. Организация и безопасность движения. Иваново: ИВГПУ, 2016. 134 с.
7. Пугачёв И.Н., Горев А.Э., Олещенко Е.М. Организация и безопасность дорожного движения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.
8. Бордовский Г.А., Кондратьев А.С., Чоудери А.Д.Р. Физические основы математического моделирования: учеб. для вузов. М.: Академия, 2005. 320 с.

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ НЕКОТОРЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А.

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

В работе предложен метод определения поверхностного натяжения оксидов металлов по размерной зависимости интенсивности люминесценции от размера зерна люминофора. Способ апробирован при определении поверхностного натяжения диэлектрических кристаллов KCl с примесью ионов таллия в качестве люминесцирующего зонда. По величине поверхностного натяжения предложен метод определения температуры плавления наночастицы при различных ее размерах. Для наночастиц оксидов металлов определены температуры плавления при 10, 25 и 50 нм. Показано, что с уменьшением размера частицы до 10 нм температура плавления уменьшается до 1000 К. Это необходимо учитывать при многих технологических процессах. В работе показано, что размерный параметр d определяется только фундаментальной величиной – атомным объемом вещества v , который изменяется периодически в соответствии с таблицей Д.И. Менделеева. Предложенный метод определения поверхностного натяжения может быть использовано также для оценки энергии диспергирования оксидов металлов, которые входят в состав большого количества минералов и руд. Это важно, поскольку самая затратная операция в горной промышленности – это измельчение руд. Полученная в работе связь между температурой плавления и поверхностной энергией может быть использована для определения ее величины. Это важно, поскольку определение поверхностной энергии твердых тел – очень непростая задача.

Ключевые слова: температура плавления, поверхностное натяжение, размерный эффект

EVALUATION OF THE TEMPERATURE OF MELTING OF NANOPARTICLES OF SOME METAL OXIDES

Yurov V.M., Laurinas V.Ch., Guchenko S.A.

Karaganda State University of E.A. Buketov, Karaganda, e-mail: exciton@list.ru

In this paper, a method is proposed for determining the surface tension of metal oxides from the size dependence of the luminescence intensity on the grain size of the phosphor. The method was tested when determining the surface tension of dielectric KCl crystals with an admixture of thallium ions as a luminescent probe. According to the magnitude of the surface tension, a method is proposed for determining the melting point of a nanoparticle at its different sizes. For nanoparticles of metal oxides, melting points at 10, 25, and 50 nm were determined. It is shown that with decreasing particle size to 10 nm, the melting point decreases to 1000 K. This must be taken into account in many technological processes. The paper shows that the dimensional parameter d is determined only by the fundamental value – the atomic volume of the substance v , which changes periodically in accordance with the D. Mendeleev table. The proposed method for determining the surface tension can also be used to estimate the energy of dispersion of metal oxides, which are part of a large amount of minerals and ores. This is important because the most expensive operation in the mining industry is the grinding of ores. The relationship between the melting point and the surface energy obtained in the work can be used to determine its value. This is important because determining the surface energy of solids is a very difficult task.

Keywords: melting point, surface tension, size effect

Наночастицы оксидов многих металлов находят широкое применение в различных областях науки и техники, медицине: в качестве керамики, катализатора химических реакций, очистителя органических загрязнений, активного элемента солнечных батарей, газовых сенсоров, фармакологии и др. (например, [1–3] и библиография в них).

Важнейшая характеристика наночастиц – это температура плавления. Первой экспериментальной работой по этой проблеме является, пожалуй, работа [4], а вот первая теоретическая работа появилась еще в 1909 г. [5]. В последние годы интерес к этой проблеме не ослабевает [6–9].

В настоящей работе экспериментально определена температура плавления некото-

рых наночастиц оксидов металлов по методике [10–12] и предложена универсальная эмпирическая зависимость, справедливая и для более сложных наноструктур.

Материалы и методы исследования

В основе нашего подхода [11, 12] лежит размерная зависимость некоторого физического свойства [10]. В рассматриваемом случае – это размерная зависимость рентгенолюминесценции оксидов некоторых металлов [11]:

$$I(r) = I_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{r}\right), \quad r \gg d,$$

$$I(r) = I_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{d+r}\right), \quad r \leq d. \quad (1)$$

Здесь I_0 – начальная интенсивность рентгенолюминесценции, $I(r)$ – интенсивность свечения частицы радиусом r , d – параметр, который равен [11]:

$$d = \frac{2\sigma v}{RT}, \quad (2)$$

где σ – поверхностное натяжение оксида, v – молярный объем оксида, R – газовая постоянная, T – температура.

Способ применяли для определения поверхностного натяжения диэлектрических кристаллов KCl , с примесью ионов таллия в качестве люминесцирующего зонда. Интенсивность рентгенолюминесценции определялась стандартным фотоэлектрическим методом. Размер зерна диэлектрика определялся с помощью металлографического микроскопа Эпиквант. Результаты показаны на рис. 1. В координатах $I \sim 1/r$ экспериментальная кривая спрямляется в соответствии с (1), давая значение $d = 0,02$ мкм. Для $KCl \vartheta = 37,63$ см³/моль и из (2) для поверхностного натяжения получено: $\sigma = 0,221 \cdot \text{Дж/м}^2$. Температура плавления оксида определялась по формуле [13]:

$$\sigma = 0,7 \cdot 10^{-3} T_m, \quad (\text{Дж/м}^2), \quad (3)$$

T_m – температура плавления.

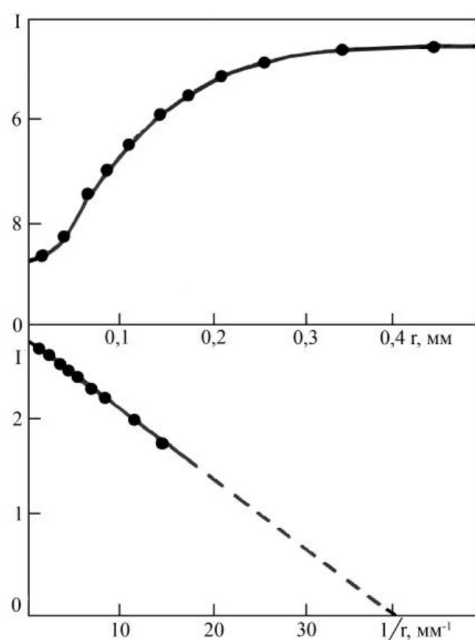


Рис. 1. Зависимость интенсивности рентгенолюминесценции $KCl-Tl$ от размера зерна люминофора

Результаты исследования и их обсуждение

По методике, описанной выше, были исследованы размерные зависимости оксидов некоторых металлов. Пример такой зависимости показан на рис. 2.

В табл. 1 приведены значения температуры плавления массивных образцов оксидов некоторых металлов и образцов размером $r = 10, 25$ и 50 нм.

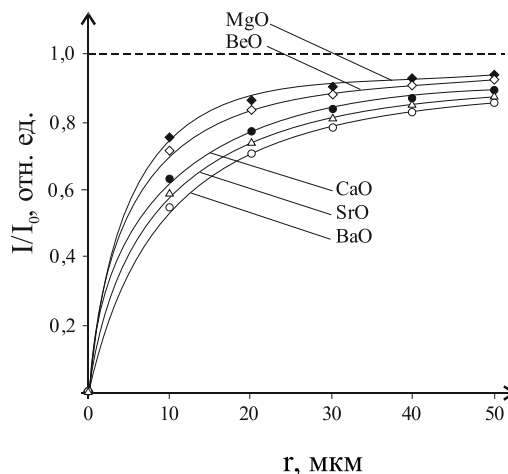


Рис. 2. Размерная зависимость относительной рентгенолюминесценции от размера зерна люминофора

Оксиды Cs_2O , Tl_2O_3 , Ag_2O , Au_2O_3 , MnO_2 , ReO_2 , как следует из табл. 1, оказываются при комнатной температуре нестабильны – $T_m < 0^\circ C = 273,15$ К. Оксид цезия Cs_2O – оранжево-красные гексагональные кристаллы. В виде минерального сырья в природе эти оксиды не встречаются, а получают искусственным путем. Оксид таллия Tl_2O_3 – темно-коричневые кристаллы. Не растворяется в воде, щелочах. Реагирует с кислотами. Оксид серебра Ag_2O – порошок коричнево-черного цвета. Ag_2O практически нерастворим в большинстве известных растворителей, исключая те, с которыми он взаимодействует химически. Оксид золота Au_2O_3 – аморфен. Имеет красный или красно-бурый цвет. Оксид марганца MnO_2 – порошок темно-коричневого цвета, нерастворимый в воде. Наиболее устойчивое соединение марганца, широко распространенное в земной коре – минерал пиролюзит. Оксид рения ReO_2 – светло-желтые диамагнитные кристаллы ромбической сингонии.

Из табл. 1 также следует, что температура большей части оксидов уменьшается на тысячу градусов и более при уменьшении размеров наночастиц менее 10 нм. Это необходимо учитывать при многих технологических процессах.

Если теперь уравнение (3) подставить в (2) при $T = T_m$, то получим

$$d = 1,7 \cdot 10^{-4} \cdot v. \quad (4)$$

Уравнение (4) показывает, что размерный параметр d определяется только фундаментальной величиной – атомным объемом вещества v , который изменяется периодически в соответствии с таблицей Д.И. Менделеева (рис. 3).

Таблица 1

Температура плавления наночастиц оксидов металлов

Соединение	d, нм	T ₀ , K	T(r), K r = 10 нм	T(r), K r = 25 нм	T(r), K r = 50 нм
Li ₂ O	2,059	1873	1498	1723	1798
Na ₂ O	3,131	1405	984	1236	1321
K ₂ O	4,210	1013	608	851	932
Rb ₂ O	4,876	778	389	622	700
Cs ₂ O	6,115	633	253	481	557
BeO	4,011	2803	1682	2355	2579
MgO	3,241	3098	2169	2726	2912
CaO	5,817	2843	1137	2160	2502
SrO	7,053	2703	811	1946	2325
BaO	8,254	2193	439	1491	1842
Al ₂ O ₃	7,376	2317	695	927	1993
Ga ₂ O ₃	2,876	2013	1409	1771	1892
In ₂ O ₃	5,117	2183	1092	1746	1965
Tl ₂ O ₃	8,151	1107	221	753	930
SiO ₂	11,907	2001	910	1041	1521
GeO ₂	8,670	1389	731	889	1139
SnO	3,460	1353	812	1137	1245
PbO	4,528	1159	580	927	1043
CuO	5,286	1720	360	1376	1548
Ag ₂ O	12,700	553	166	266	394
Au ₂ O ₃	15,189	428	171	268	300
ZnO	3,072	2073	1451	1824	1949
CdO	2,994	1273	891	1120	1197
CrO ₃	24,453	2708	797	1381	1829
MoO ₃	27,537	1074	290	516	697
WO ₃	37,211	1743	371	703	1001
MnO ₂	8,280	808	161	485	679
TcO ₂	14,492	1373	572	880	989
ReO ₂	19,814	577	192	321	346
Fe ₂ O ₃	17,269	1839	681	1034	1214
CoO	6,297	2208	883	1678	1943
NiO	5,944	1955	782	1486	1720
Ce ₂ O ₃	17,269	2673	990	1591	1764
Pr ₂ O ₃	17,718	2273	812	1322	1455
Nd ₂ O ₃	18,744	2593	894	1473	1608
Sm ₂ O ₃	19,230	2543	877	1445	1577
Eu ₂ O ₃	17,654	2564	916	1491	1641
Gd ₂ O ₃	24,133	2623	771	1348	1786
Tb ₂ O ₃	22,472	2432	760	1294	1689
Dy ₂ O ₃	24,738	2681	766	1341	1787
Ho ₂ O ₃	71,797	2632	321	678	1079
Er ₂ O ₃	24,281	2653	780	1354	1793
Yb ₂ O ₃	14,610	2703	1081	1689	1892

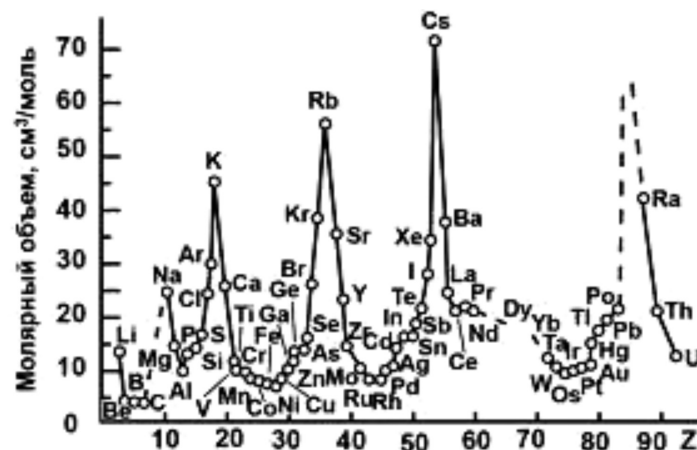


Рис. 3. Периодическое изменение молярного объема

Таблица 2

Работа диспергирования для оксидов металлов

Соединение	Поверхностное натяжение	Удельная поверхность частиц S, см²/г				
		1x10 ⁴	5x10 ⁴	1x10 ⁵	5x10 ⁵	1x10 ⁶
Li ₂ O	0,173	173	865	1730	8650	17300
Na ₂ O	0,143	143	715	1430	7150	14300
K ₂ O	0,131	131	655	1310	6550	13100
Rb ₂ O	0,121	121	605	1210	6050	12100
Cs ₂ O	0,118	118	590	1180	5900	11800
BeO	0,602	602	3010	6020	30100	60200
MgO	0,359	359	1795	3590	17950	35900
CaO	0,436	436	2180	4360	21800	43600
SrO	0,399	399	1995	3990	19950	39900
BaO	0,384	384	1920	3840	19200	38400
Al ₂ O ₃	0,360	360	1800	3600	18000	36000
Ga ₂ O ₃	0,124	124	620	1240	6200	12400
In ₂ O ₃	0,165	165	825	1650	8250	16500
Tl ₂ O ₃	0,225	225	1125	2250	11250	22500
SiO ₂	0,655	655	3275	6550	32750	65500
GeO ₂	0,437	437	2185	4370	21850	43700
SnO	0,199	199	995	1990	9950	19900
PbO	0,231	231	1155	2310	11550	23100
CuO	0,523	523	2615	5230	26150	52300
Ag ₂ O	0,488	488	2440	4880	24400	48800
Au ₂ O	0,524	524	2620	5240	26200	52400
ZnO	0,264	264	1320	2640	13200	26400
CdO	0,237	237	1185	2370	11850	23700
HgO	0,090	90	450	900	4500	9000
CrO ₃	0,854	854	4270	8540	42700	85400
MoO ₃	1,119	1119	5595	11190	55950	111900
WO ₃	1,443	1443	7215	14430	72150	144300
Fe ₂ O ₃	0,707	707	3535	7070	35350	70700

Окончание табл. 2

Соединение	Поверхностное натяжение	Удельная поверхность частиц S, см ² /г				
		1x10 ⁴	5x10 ⁴	1x10 ⁵	5x10 ⁵	1x10 ⁶
CoO	0,676	676	3380	6760	33800	67600
NiO	0,662	662	3310	6620	33100	66200
Ce ₂ O ₃	0,423	423	2115	4230	21150	42300
Pr ₂ O ₃	0,467	467	2335	4670	23350	46700
Nd ₂ O ₃	0,503	503	2515	5030	25150	50300
Sm ₂ O ₃	0,511	511	2555	5110	25550	51100
Eu ₂ O ₃	0,456	456	2280	4560	22800	45600
Gd ₂ O ₃	0,615	615	3075	6150	30750	61500
Dy ₂ O ₃	0,646	646	3230	6460	32300	64600
Ho ₂ O ₃	0,673	673	3365	6730	33650	67300
Er ₂ O ₃	0,684	684	342	6840	3420	68400
Tm ₂ O ₃	0,705	705	3525	7050	35250	70500
Yb ₂ O ₃	0,424	424	2120	4240	21200	42400
Lu ₂ O ₃	0,746	746	3730	7460	37300	74600

Уравнение (3) может быть использовано также для оценки энергии диспергирования оксидов металлов, которые входят в состав большого количества минералов и руд. Самая затратная операция в горной промышленности – это измельчение руд. Соответствующие расчеты даны в табл. 2.

Заключение

В работе предложены:

- метод определения поверхностного натяжения оксидов металлов по размерной зависимости интенсивности люминесценции от размера зерна люминофора;

- метод определения температуры плавления наночастицы при различных ее размерах;

- метод оценки энергии диспергирования оксидов металлов, которые входят в состав большого количества минералов и руд.

В работе показано, что размерный параметр d определяется только фундаментальной величиной – атомным объемом вещества.

Полученная в работе связь между температурой плавления и поверхностной энергией может быть использована для определения ее величины. Это важно, поскольку определение поверхностной энергии твердых тел очень непростая задача.

Работа выполнена по программе МОН РК. Гранты № 0118РК000063 и № Ф.0780.

Список литературы

1. Woodley S.M., Hamad S., Mejias J.A., Catlow C.R.A. Properties of small TiO₂, ZrO₂ and HfO₂ nanoparticles. J. Mater. Chem. 2006. Vol. 16. № 20. P. 1927–1933.
2. Gupta S.M., Tripathi M. A review of TiO₂ nanoparticles. Chinese Sci. Bull. 2011. Vol. 56 № 16. P. 1639–1657. DOI: 10.1007/s11434-011-4476-1.
3. Пугачевский М.А. Стабилизация наночастиц оксидов переходных металлов IV группы при лазерной абляции: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Хабаровск, 2015. 270 с.
4. Buffat P., Borel J.P. Size effect on the melting temperature of gold particles. Phys. Rev. A. 1976. Vol. 13. P. 2287–2294.
5. Pawlow P.J. Ueber die Abhängigkeit des Schmelzpunktes von der Oberflächenenergie eines festen Körpers. Zs. Phys. Chem. 1909. Vol. 65. P. 1–35.
6. Макаров Г.Н. Экспериментальные методы измерения температуры и теплоты плавления кластеров и наночастиц // УФН. 2010. Т. 180. № 2. P. 185–207.
7. Guisbiers G. Review on the analytical models describing melting at the nanoscale. J. Nanosci. Lett. 2012. V. 2. No. 8. P. 1–10.
8. Самсонов В.М., Сдобняков Н.Ю., Васильев С.А., Соколов Д.Н. О размерной зависимости теплот плавления металлических нанокластеров // Известия РАН. Серия физическая. 2016. Т. 80. № 5. С. 494–496.
9. Liang T., Zhou D., Wu Z., Shi P. Size-dependent melting modes and behaviors of Ag nanoparticles: a molecular dynamics study // Nanotechnology. 2017. Vol. 28. No. 48. P. 485–704.
10. Юров В.М. Температура плавления наночастиц // Вестник КарГУ: сер. Физика. 2012. № 3 (67). С. 22–27.
11. Юров В.М., Ешанов А.Н., Кукетаев А.Т. Способ измерения поверхностного натяжения твердых тел // Патент РК № 57691. Оpubл. 15.12.2008. Бюл. № 12.
12. Юров В.М. Способ измерения поверхностного натяжения люминофоров // Патент РК № 23223. Оpubл. 27.11.2010. Бюл. № 11.
13. Рехвиашвили С.Ш., Киштикova Е.В., Кармокова Р.Ю., Кармоков А.М. К расчету постоянной Толмена // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33. Вып. 2. С. 1–7.

УДК 511.55

**БИКВАДРАТИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
И КОНСТРУИРОВАНИЕ ТУННЕЛЕЙ****Байдабеков А.К., Кемельбекова Э.А.***Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана,
e-mail: a.baydabekov@mail.ru, e.kemlbekova@mail.ru*

В настоящее время существует множество способов разработки и создания туннелей в разных отраслях. Совершенствование таких методов построения поверхностей является подземной структурой, в которой она является актуальной задачей в горнодобывающей промышленности. Туннельная поверхность подземных сооружений строится двумя способами, такими как закрытый и горный. При закрытом способе работ туннели сооружают одновременно на нескольких участках, что сокращает сроки строительства. На всех участках с поверхности над осью туннеля закладывают ствол шахты и штольней соединяют его со строящимся туннелем. А при горном способе поверхность туннелей разрабатывают буровзрывным методом или механизированным инструментом, после этого немедленно выполняют временное крепление лба и контура выработки, а затем возводят обделку туннеля. В обоих способах необходимо разработать конструкцию поверхности туннелей. Таким образом, поверхность туннеля представляет собой сложную криволинейную поверхность, которая должна отвечать заданным требованиям, а конструкция поверхности туннеля требует значительных затрат времени. В статье представлен новый способ построения поверхности туннеля в соответствии с predetermined условиями с использованием биквадратичного преобразования плоскости, что позволяет описать конструкцию каждой секции туннеля одним уравнением.

Ключевые слова: преобразования, биквадратичные преобразования, графическая модель, туннель, туннельный разрез, конструирование туннеля, туннельная поверхность

BIQUADRATIC TRANSFORMATIONS AND CONSTRUCTION OF TUNNELS**Baydabekov A.K., Kemelbekova E.A.***L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana,
e-mail: a.baydabekov@mail.ru, e.kemlbekova@mail.ru*

Currently, there are many ways to design and create a tunnel in different industries. The improvement of such methods for constructing surfaces is an underground structure in which it is an urgent task in the mining industry. The tunnel surface of underground structures is constructed in two ways, such as closed and mountain methods. With the closed method of work, the tunnels are constructed simultaneously at several sites, which reduces the construction time. At all sites from the surface above the axis of the tunnel lay the shaft of the mine and the galleries connect it with the tunnel under construction. And with the mining method, the surface of the tunnels is developed by a drilling and blasting method or a mechanized tool, then a temporary fixation of the forehead and the contour of the mine is immediately performed, and then the tunnel lining is erected. In both methods, it is necessary to design the surface design of the tunnels. Thus, the design of the tunnel surface is a complex curved surface, which must meet the specified requirements, and the tunnel surface design requires a considerable amount of time. The article presents a new method for constructing a tunnel surface in accordance with predetermined conditions using a biquadratic plane transformation, which makes it possible to describe the construction of each tunnel section by one equation.

Keywords: transformation, biquadratic transformations, graphical model, tunnel, tunnel section, tunnel construction, tunnel surface

Известно, что поверхности туннеля являются сложными криволинейными поверхностями, которые должны соответствовать наперед заданным требованиям. Конструирование туннельных поверхностей подземных сооружений осуществляется закрытым и горным способами [1]. Туннельные поверхности при закрытом способе сооружают одновременно на нескольких участках, это дает возможность сокращения сроков строительства [2]. На всех участках с поверхности над осью туннеля закладывают ствол шахты и штольней соединяют его со строящимся туннелем. При горном способе поверхности туннелей разрабатывают буровзрывным методом или механизированным инструментом, после этого немедленно выполняют временное крепление и контура выработки, а затем возводят обделку туннеля [3]. Данные спосо-

бы требуют разработки конструкции поверхности туннелей. Вследствие чего конструирование поверхности туннеля представляет собой сложную криволинейную поверхность, которая должна отвечать заданным требованиям, а конструкция поверхности туннеля требует значительных затрат времени [4]. В работе предлагается новый способ построения поверхности туннеля в соответствии с predetermined условиями с использованием биквадратичного преобразования плоскости, что позволяет описать конструкцию каждой секции туннеля одним уравнением [5]. Конструирование и строительство поверхности туннеля требует значительного времени и затрат, поэтому совершенствование методов конструирования поверхностей подземных сооружений является актуальной задачей в шахтостроении [6].

Цель исследования: в результате исследований получить новый метод конструирования поверхности туннеля по наперед заданным условиям с использованием биквадратичного преобразования плоскости, который позволит описать конструирование каждого сечения туннеля одним уравнением.

Материалы и методы исследования

Квадратичные преобразования плоскости исследованы достаточно и нашли применение в прикладной геометрии, а также в науке и технике. Однако исследованию и применению четыре – четырехзначных соответствий и биквадратичных преобразований плоскости исследованы мало.

Сущность предлагаемого метода моделирования биквадратичных преобразований плоскости, порождаемых бинарным отображением двух поверхностей второго порядка, заключается в следующем.

В евклидовом трехмерном пространстве E_3 задаются две поверхности второго порядка Φ_1^0 и Φ_2^0 , уравнения которых имеют вид

$$\Phi_1^0(x_1, x_2, x_3) = 0, \quad (1)$$

$$\Phi_2^0(x_1, x_2, x_3) = 0, \quad (2)$$

где x_1, x_2, x_3 – декартовы координаты;

Φ_1^0, Φ_2^0 – непрерывные многочлены второго порядка.

На плоскости Π_1 отметим точку A и через эту точку проведем вертикальный луч s , который пересекает заданные поверхности Φ_1^0 и Φ_2^0 соответственно в точках A_1^0 и A_2^0 , A_3^0 и A_4^0 . Поверхность второго порядка Φ_1^0 вращаем вокруг оси ординаты так, чтобы положительное направление оси аппликаты совпадало с положительным направлением оси абсциссы.

Другими словами, поверхность второго порядка Φ_1^0 подвергается пространственному преобразованию γ_1 (вращению вокруг оси ординаты под углом 90°), матрица которого задается уравнением

$$\begin{pmatrix} X_1' \\ X_2' \\ X_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Получим новое положение поверхности второго порядка Φ_1^0 и точки A_1^{01} , A_2^{01} , которые соответствуют точкам A_1^0 и A_2^0 . Точки A_1^{01} и A_2^{01} проецируем вертикальными лучами на плоскость Π_1 , получим точки A_1 и A_2 . Вращаем вокруг оси абсциссы вторую поверхность второго порядка Φ_2^0 так, чтобы положительное направление оси аппликаты совпадало с положительным направлением оси ординаты.

Таким образом, поверхность Φ_2^0 подвергается пространственному преобразованию γ_2 , заданному матричным уравнением

$$\begin{pmatrix} X_1' \\ X_2' \\ X_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

После преобразования получим новое положение поверхности второго порядка Φ_2^0 и точки A_3^{01} , A_4^{01} , которые соответствуют точкам, A_3^0 и A_4^0 . Проецируем точки A_3^{01} и A_4^{01} вертикальными лучами на плоскость Π_1 , получим точки A_3 и A_4 .

Через точки A_1 , A_2 и A_3 , A_4 проводим прямые, параллельные соответственно осям координат OX_2 , OX_1 . Получим четырехугольник с вершинами A_1' , A_2' и A_3' , A_4' .

В результате последовательного выполнения вышеизложенного конструктивного аппарата, каждая точка A плоскости Π_1 преобразуется в четыре точки A_1' , A_2' и A_3' , A_4' плоскости Π_1' .

Учитывая двухпараметрическое множество точек совмещенной плоскости $\Pi_1' \equiv \Pi_1$, получим биквадратичное преобразование плоскости, обозначенное буквой L . Аналогичным образом можно показать, что в обратном направлении каждая точка A' плоскости Π_1' преобразуется в четыре точки плоскости Π_1 . Это преобразование обозначим буквой L' .

С использованием предложенной выше пространственной конструктивной схемы нами получены различные виды канонических биквадратичных преобразований L, L' плоскости.

Разработанная пространственная конструктивная схема отображения двух поверхностей второго порядка позволила установить новые закономерности получения четыре – четырехзначных соответствий между двумя несовмещенными плоскостями. Разработанный на совмещенной плоскости метод получения биквадратичных преобразований плоскости, порождаемый бинарным отображением двух поверхностей второго порядка. Этот метод позволил получить двенадцать видов канонических биквадратичных преобразований плоскости. Кроме этого, разработанный алгоритм математической модели канонических биквадратичных преобразований плоскости, что необходимо для их практического применения.

В статье предлагается конструирование и новый способ построения поверхности туннеля в соответствии с predetermined условиями с использованием биквадратичного преобразования плоскости, что позволяет описать конструкцию каждой секции туннеля на одно уравнение.

Для того, чтобы определить способ получения кривых с использованием биквадратичных преобразований, сечение поверхности туннеля может быть задано различными способами. В предлагаемом способе прообраз (кривая n) подвергается геометрическому преобразованию, в результате чего получается образ (искомая кривая n'). При этом прообраз задается уравнением

$$x_2 = kx_1 + m,$$

где k, m – постоянные коэффициенты.

Биквадратичное преобразование L_8 задается уравнениями

$$\begin{cases} x_1' = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \\ x_2' = \sqrt{x_2^2 - x_1^2} \end{cases}, \begin{cases} x_1 = \sqrt{\frac{x_1'^2 - x_2'^2}{2}} \\ x_2 = \sqrt{\frac{x_1'^2 + x_2'^2}{2}} \end{cases},$$

где x_1', x_2' – координаты точек образа; x_1, x_2 – координаты точек прообраза.

Уравнение полученной кривой n' записывается в виде

$$\sqrt{\frac{x_1'^2 + x_2'^2}{2}} = k \sqrt{\frac{x_1'^2 - x_2'^2}{2}} + m,$$

где k, m – постоянные коэффициенты.

Для конструирования поверхности туннеля по заданным параметрам берем несколько точек прообраза n в соответствии, затем каждую из этих точек подвергаем преобразованию. Найдем множество точек, плавно соединив которые получим кривую образ n' . При этом форма кривой n' зависит от значений коэффициентов m, k прообраза n .

Поверхность туннеля образуется в результате перемещения плоской кривой четвертого порядка (сечения) по оси направляющей кривой.

Результаты исследования и их обсуждение

Конструирование формы каналовой поверхности туннеля осуществляется, используя графическую модель биквадратичного преобразования следующими задачами:

Исходными данными для решения этой задачи являются осевая линия каналовой поверхности туннеля и законы изменения параметров поперечных сечений a и b . Каждое поперечное сечение n' туннеля является кривой четвертого порядка, полученной с использованием биквадратичного преобразования. При этом параметры a и b каждого поперечного сечения определяются из формул

$$\begin{aligned} a &= \gamma(l), \\ b &= \gamma(l), \end{aligned} \quad (5)$$

где l – расстояние от начала туннеля до рассматриваемого поперечного сечения.

Далее используем биквадратичное преобразование, задаваемое уравнением

$$\begin{cases} x_1' = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \\ x_2' = \sqrt{x_2^2 - x_1^2} \end{cases}, \quad (6)$$

где x_1, x_2 – координаты точки прообраза; x_1', x_2' – координаты точки образа.

В качестве прообраза принимаем прямую линию общего положения n , уравнение которой имеет вид

$$x_2 = kx_1 + m, \quad (7)$$

где k, m – постоянные коэффициенты.

Определяем коэффициенты k, m уравнения (7). Для этого используем свойства биквадратичного преобразования:

а) точка – прообраз B и точка – образ B_2' имеют одинаковую высоту. Точка B_2' является очерковой точкой сечения n' . Поэтому точка B прообраза n имеет координаты

$$x_{1B} = 0, \quad (8)$$

$$x_{2B} = \frac{a}{2}. \quad (9)$$

б) точка – прообраз C преобразуется в точки – образы $C_1' = C_3'$ и $C_2' = C_4'$, которые лежат на оси Ox_1 . Точка C_1' имеет координаты $(b + c; 0)$. Точке C_1' соответствует точка C , координаты которой удовлетворяют условию

$$x_{1C} = x_{2C}. \quad (10)$$

Из хода построения точки C_1' можно получить следующее уравнение:

$$(b + c)^2 = x_{1C}^2 + x_{2C}^2, \quad (11)$$

где $c = a/2$.

Таким образом, при выполнении условия уравнения (10), подставляя значение в уравнение (11), получим

$$(b + c)^2 = 2x_{1C}^2 \text{ или } x_{1C}^2 = \frac{(b + c)^2}{2} = x_{2C}^2. \quad (12)$$

Через точки B и C проводим прообраз n и, учитывая это, составляем следующую систему уравнения:

$$\begin{cases} \frac{a}{2} = k \cdot 0 + m, \\ \frac{b + c}{\sqrt{2}} = k \frac{b + c}{\sqrt{2}} + m. \end{cases} \quad (13)$$

В результате решения данной системы уравнения получим значение m и k :

$$m = \frac{a}{2}, \quad (14)$$

$$k = 1 - \frac{a(2b + a)}{2\sqrt{2}}. \quad (15)$$

Для получения искомого сечения туннеля, которое удовлетворяет наперед заданным условиям, подвергаем прообраз n биквадратичному преобразованию. Алгебраическое уравнение этого сечения имеет вид

$$x_1'^2 + x_2'^2 (k^2 + 2) + \left(\frac{m}{k}\right)^2 = 0. \quad (16)$$

где k, m – параметры прообраза, описанные уравнениями (14) и (15).

Таким образом, параметрическое уравнение сечения туннеля имеет следующий вид:

$$\begin{cases} x_1' = \sqrt{x_1^2 + (kx_1 + m)^2} \\ x_2' = \sqrt{(kx_1 + m) - x_1^2} \end{cases}, \quad (17)$$

где x_1 – параметры, $\frac{(b + c)^2}{2} \leq x_1 \leq \frac{c}{\sqrt{2}}$; $m = \frac{a}{2}$; $k = 1 - \frac{a(2b + a)}{2\sqrt{2}}$.

Полученное параметрическое уравнение можно применить при конструировании любого требуемого сечения рассматриваемой поверхности туннеля.

Заключение

Конструирование поверхности туннеля представляет собой сложную криволинейную поверхность, которая должна отвечать заданным требованиям, а конструкция поверхности туннеля требует значительных затрат времени. В результате исследований получен новый способ построения поверхности туннеля в соответствии с predetermined условиями с использованием биквадратичного преобразования плоскости, что позволяет описать конструкцию каждой секции туннеля одним уравнением.

Таким образом, предлагаемый метод конструирования с использованием биквадратичного преобразования позволяет

получить различные классы каналовых поверхностей и определить уравнение семейства поперечных сечений рассматриваемой поверхности, что облегчает дальнейшие геометрические расчеты на компьютере.

Список литературы

1. Сорочан Е.А., Трофименков Ю.Г. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: Книга, 2013. 480 с.
2. Фугенфиров А.А. Проектирование транспортных тоннелей: учеб. пособие. Омск: СибАДИ, 2008. 262 с.
3. Селицкая Н.В., Сачкова А.В. Проектирование тоннеля, сооружаемого методом щитовой П79 проходки. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 28 с.
4. Селицкая Н.В., Сачкова А.В., Духовный Г.С. Проектирование тоннеля, сооружаемого методом щитовой проходки. Белгород: БГТУ, 2013. 30 с.
5. Байдабеков А.К. Биквадратичные преобразования. Минск: БНТУ, 2012. 190 с.
6. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований). М.: Машиностроение, 1987. 192 с.

УДК 523.64

К ПЛАНИРОВАНИЮ НАБЛЮДЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ СТАРЕЮЩЕЙ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ КОМЕТЫ A/2018 V3 В 2019 ГОДУ

^{1,2}Новичонок А.О., ¹Аглетдинов В.В., ²Романов В.В.

¹Институт прикладной математики РАН им. М.В. Келдыша, Москва;

²ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск,

e-mail: artnovich@inbox.ru

Открытый в ноябре 2018 г. дамоклоид A/2018 V3 может быть примером стареющей долгопериодической кометы или материала астероидного происхождения из облака Оорта (кометой-Мэнксом); оба типа объектов изучены лишь в незначительной степени. Абсолютный блеск A/2018 V3 оценён как $H_v = 15,69 \pm 0,10$ и диаметр $D = 4,8^{+0,3}_{-0,2}$ км (сравнимо с диаметрами ядер множества наблюдаемых долгопериодических комет). Здесь мы даём рекомендации к планированию наблюдений A/2018 V3 в 2019 г., в котором сложатся благоприятные условия видимости объекта в обоих полушариях Земли (в том числе произойдёт сближение с нашей планетой до $\Delta = 0,38$). В частности, приводится вероятная кривая блеска A/2018 V3 вблизи его сближения с Землёй и перигелия (июль – октябрь 2019 г.), когда потенциальная комета должна стать достаточно яркой для ПЗС-фотометрии с небольшими телескопами и визуальных наблюдений (m1–13 в максимуме). При построении кривой мы опирались на характеристики стареющей долгопериодической кометы C/2013 UQ₄ (Catalina). В первые месяцы 2019 г. рекомендуются наблюдения с крупными телескопами для поисков возможных признаков появляющейся кометной активности, вблизи сближения – мультиволновые фотометрические наблюдения.

Ключевые слова: облако Оорта, дамоклоид, стареющая долгопериодическая комета, комета-Мэнкс

PLANNING OF OBSERVATION POSSIBLE AGING LONG-PERIOD COMET A/2018 V3 IN 2019 YEAR

^{1,2}Novichonok A.O., ¹Agletdinov V.V., ²Romanov V.V.

¹Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow;

²Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: artnovich@inbox.ru

The Damocloid A/2018 V3 (discovered in November, 2018) may be an example of an aging long period comet or a Manx comet (material originated from a main-belt asteroid in Oort cloud); both types of objects are little studied. We estimate the absolute brightness of A/2018 V3 as $H_v = 15,69 \pm 0,10$ mag and the diameter as $D = 4,8^{+0,3}_{-0,2}$ km (comparable with the nucleus diameter of many observable long period comets). In this paper we give recommendations for planning of A/2018 V3 observations in 2019, when favorable observation conditions in both Earth hemispheres will be given. In particular, we publish a possible light curve for the object near its closest approach to the Earth and perihelion (2019, July – October), based on behavior similar object C/2013 UQ₄ (Catalina). During this period A/2018 V3 should be easily available for CCD-photometry with small amateur-class telescopes and visual observations (m1 ~ 13 mag at maximum brightness). Multiwavelengths photometric observations are strongly encouraged during this period.

Keywords: Oort cloud, damocloid, aging long-period comet, Manx comet

С развитием автоматизированных обзоров неба укореняется тенденция обнаружения внешне астероидоподобных объектов на орбитах, характерных для долгопериодических комет с эксцентриситетом $e \approx 1$. Несмотря на то, что формально они относятся к группе дамоклоидов, с 2018 г. Центр малых планет стал давать таким объектам обозначения с префиксом A/[1]. На данный момент присвоено несколько подобных обозначений.

Как правило, по мере приближения таких объектов к Земле и Солнцу у них обнаруживается кометная активность (как было с A/2018 C2 и A/2018 U7), и обозначение изменяется на кометное. С одной стороны, кома может просто становиться различной из-за уменьшения геоцентрического расстояния, с другой – действительно отсутствовать в момент первоначальных наблюдений

объекта и появляться позднее. Второй случай наиболее интересен и будет обсуждаться в данной работе.

Известно, что стареющие, многократно проходившие довольно близкий перигелий короткопериодические кометы на далёких расстояниях от Солнца часто выглядят астероидоподобно, не проявляя никаких признаков кометной активности. Например, старая комета 2P/Encke внешне не активна на гелиоцентрических расстояниях r более 1,8–1,9 а.е. [авторские данные], а комета 67P/Churyumov-Gerasimenko – более 4,3 а.е. [2]. Таким образом, некоторые неактивные A/-объекты потенциально могут являться в большей или меньшей степени истощёнными на околоповерхностные летучие вещества ядрами долгопериодических комет.

Малые тела Солнечной системы (в том числе кометы) нередко рассматриваются как реликты тех времён, когда происходило формирование Солнечной системы. Соответственно, их свойства важно исследовать в том числе и с точки зрения эволюционных процессов, которые происходят с кометными ядрами по мере их многократных сближений с Солнцем, чтобы восстановить первоначальные характеристики. Моделирование показывает, что А/-объекты (очевидно генетически связанные с дамоклоидами и долгопериодическими кометами) произошли в облаке Оорта [3], в то время как короткопериодические кометы – преимущественно в поясе Койпера. Важно разграничить эволюционные изменения комет из разных источников, т.е. короткопериодических и долгопериодических, проанализировать сходства и отличия наблюдающихся процессов. С этой точки зрения существует множество практических (т.е. опирающихся непосредственно на наблюдения) исследований стареющих короткопериодических комет, но для долгопериодических комет аналогичные работы единичны. Также малочисленны и исследования собственно дамоклоидов, но это уже другая, более поздняя стадия эволюции кометных ядер соответствующего типа.

При всём этом важно помнить, что, несмотря на доминирование в облаке Оорта объектов, сформировавшихся в области планет-гигантов, там существует некоторый небольшой процент малых тел из пояса Койпера [3] и даже из главного астероидного пояса (такие тела при приближении к Солнцу могут проявлять себя как кометы-Мэнксы) [4]. Процессы старения и истощения первых могут быть очень похожи на старение короткопериодических комет, в то время как вторые могут не демонстрировать видимой кометной активности даже на довольно небольших гелиоцентрических расстояниях, несмотря на $e \approx 1$, так как были бедны льдами уже во времена своего формирования.

В данной работе речь пойдёт об объекте А/2018 V3, обнаруженном обзором неба PANSTARRS в первой половине ноября 2018 г. В момент обнаружения он находился на расстоянии $r = 4,1$ а.е. от Солнца, имел блеск чуть слабее 21^m (G) и выглядел полностью звездобразным. Никаких признаков комы не удалось обнаружить даже с использованием 3,6-м телескопа Канада-Франция – Гавайи (обсерватория Мауна-Кеа, Гавайские острова, США), наблюдения на котором проводились 13 и 15 ноября ($r = 3,98$ и $3,96$ а.е. соответственно) в ус-

ловиях хорошего качества изображений. Обычно долгопериодические кометы становятся активными намного дальше от Солнца, например есть свидетельства, согласно которым активность кометы C/2012 S1 (ISON) впервые появилась около гелиоцентрических расстояний $r \approx 100$ а.е. [5].

Значение, обратное оригинальной большой полуоси орбиты объекта $1/a_{orig} = 0,0081 \pm 0,0002$ [данные Центра малых планет, запрос от 04.12.2018], свидетельствует о том, что он не является динамически новым и уже приближался к Солнцу ранее. Эксцентриситет орбиты А/2018 V3 в настоящее время равен 0,990, а период обращения вокруг Солнца – 1478 лет. Он пройдёт точку перигелия 8 сентября 2019 г. на расстоянии $q = 1,34$ а.е. от Солнца, а 18 августа подойдёт к нашей планете на расстояние $\Delta = 0,38$ а.е., находясь около противостояния, что позволит провести эффективные наблюдения даже с использованием небольших телескопов. Близкое расстояние перигелия свидетельствует о значительной вероятности того, что в ближайшем будущем А/2018 V3 проявит кометную активность.

Цель данной работы – построить предполагаемую кривую блеска А/2018 V3, охарактеризовать условия видимости объекта в период его сближения с Землёй и Солнцем, а также дать рекомендации к планированию наукоёмких любительских наблюдений.

Диаметр ядра

Используя первоначальные наблюдения А/2018 V3, опубликованные в базе данных Центра малых планет, мы определяем диаметр ядра объекта, предполагая полное отсутствие у него кометной активности. Не исключено наличие неразрешённой комы, и, как следствие, завышение оцененного диаметра, однако вклад такой потенциальной комы в интегральную яркость объекта должен быть небольшим. Наблюдения на 3,6-м телескопе Канада – Франция – Гавайи при гелиоцентрическом расстоянии $r = 3,96$ а.е., чётко показали бы кому с диаметром от 3" (10 тыс. км и более, что на порядок меньше типичного размера комы кометы на таком гелиоцентрическом расстоянии). В то же время даже в небольшой степени незвёздный профиль объекта указал бы на наличие ещё меньшей неразличимой комы.

Для расчёта абсолютного блеска объекта мы взяли 8 усреднённых фотометрических измерений (за период 13–29 ноября 2018 г.), авторы которых использовали звёзды сравнения каталога Gaia DR2 в полосе G. Расчёты проводились в рамках

H_G формализма, значение G было принято равным 0,15 [6]. Далее мы рассчитали среднюю разницу в блеске звёзд с солнцеподобным спектром в полосах G и V, получив значение V-G = 0,25 и применили эту поправку для коррекции имеющихся наблюдений. В итоге абсолютная звёздная величина объекта в полосе V оказалась равна $H_V = 15,69 \pm 0,10$. Предположив, что объект должен иметь низкое значение геометрического альбедо, характерное для ядер короткопериодических комет, и приняв это значение $p_v = 0,04$ [7], мы рассчитали эффективный диаметр D для A/2018 V3, воспользовавшись формулой

$$D = 10^{3,1236 - 0,5 \lg(p_v) - 0,2 H_V}, \quad (1)$$

получив значение $D = 4,8^{+0,3}_{-0,2}$ км. Неопределённости фазовой кривой объекта вносят в эту оценку лишь небольшую погрешность, поскольку A/2018 V3 наблюдался на небольших фазовых углах α , в диапазоне $4,7^\circ - 6,7^\circ$. Заметно большую погрешность вносит неопределённость альбедо p_v : если предположить, что его значение находится в вероятном диапазоне от 0,02 до 0,06 [7], то разброс оценки возможного диаметра объекта составит 3,8–7,2 км. Таким образом, размер A/2018 V3 больше среднего размера ядер наблюдаемых короткопериодических комет, но сравним со средним размером ядер наблюдаемых долгопериодических комет [8].

Параметры фотометрической модели и кривая блеска

Если построить для A/2018 V3 кривую блеска по астероидному типу (H_G модель), то максимальная яркость в момент сближения с Землёй должна составить $m_2 = 15,0V$ (рисунк). То есть даже в этом случае объект будет достаточно ярким для фотометрических исследований с телескопами любительского класса [9].

Но на самом деле ситуация может быть много интереснее. Почти наверняка по мере уменьшения гелиоцентрического расстояния у A/2018 V3 появится кометная активность, обладающая чертами, характерными для стареющих, истекающих кометных ядер, или для объектов облака Оорта астероидного происхождения [4]. Пытаясь спрогнозировать характер этой активности с точки зрения первой модели (оставляя в стороне вторую), мы используем для сравнительного анализа объект, потенциально достаточно похожий на A/2018 V3, а именно – комету C/2013 UQ₄ (Catalina). Она была открыта как внешне астероидоподобный объект

на гелиоцентрическом расстоянии $r = 3,6$ а.е. 23 октября 2013 г. Это также была динамически старая долгопериодическая комета, обладающая оригинальным периодом обращения вокруг Солнца 443 года, но намного большим диаметром ядра – 23,5 км [10]. Точное время появления активности у C/2013 UQ₄ неизвестно из-за соединения с Солнцем (из которого комета вышла уже с развитой комой). Это произошло в диапазоне гелиоцентрических расстояний r между 2,6 а.е. и 1,4 а.е. Впоследствии комета прошла перигелий на расстоянии $r = 1,08$ а.е. от Солнца, сблившись с Землёй до $\Delta = 0,32$ а.е. В это время C/2013 UQ₄ выглядела достаточно крупным и диффузным объектом с максимальной яркостью $m_1 = 9,5^m$ [11].

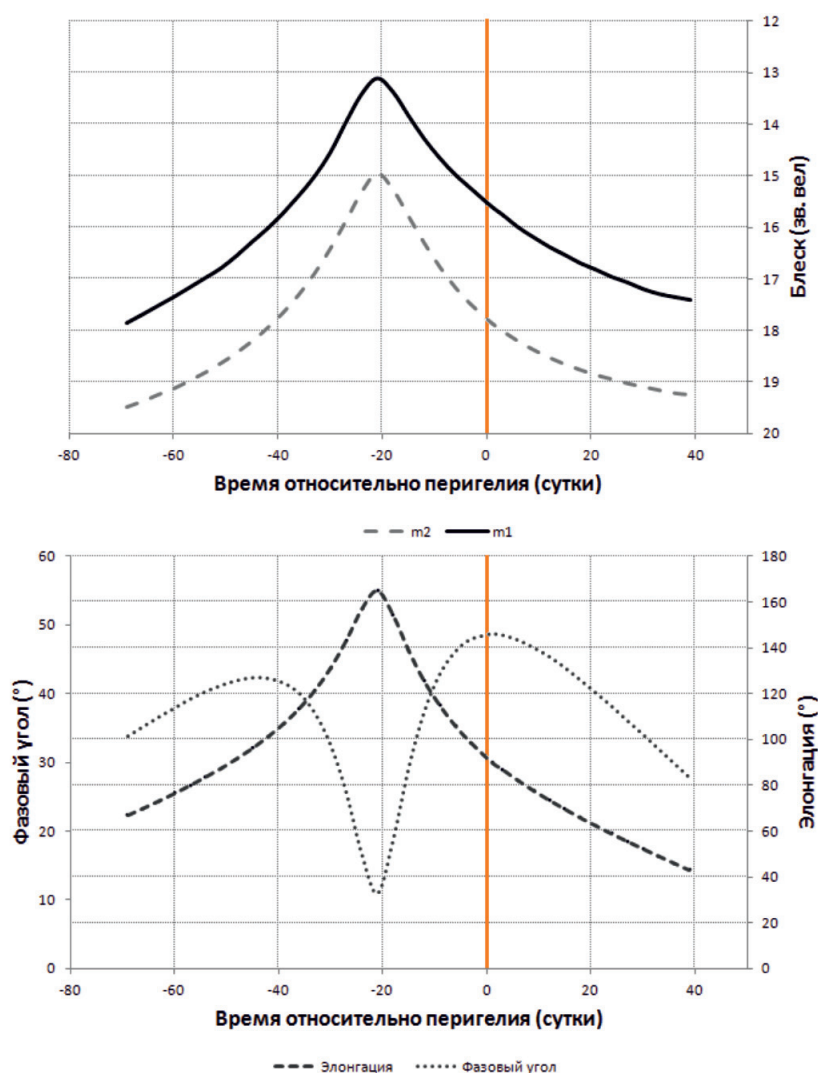
Для моделирования кривой блеска A/2018 V3 мы будем использовать величину амплитуды фотометрической кривой кометы C/2013 UQ₄ $A_{SEC}(1,34; 1; 0)$ [12], рассчитываемой по формуле

$$A_{SEC}(1,34; 1; 0) = H_V(1; 1; 0) - m_1(1,34; 1; 0). \quad (2)$$

Здесь $A_{SEC}(1,34; 1; 0)$ – это амплитуда фотометрической кривой на гелиоцентрическом расстоянии $r = 1,34$ а.е. (мы используем в качестве стандартного расстояние перигелия A/2018 V3) и геоцентрическом расстоянии $\Delta = 1$ а.е., $H_V(1; 1; 0)$ – абсолютная яркость ядра кометы, $m_1(1,34; 1; 0)$ – интегральная яркость кометы при $r = 1,34$ а.е., $\Delta = 1$ а.е.

При расчёте амплитуды мы отдельно рассчитываем яркость ядра кометы, отдельно – яркость её комы; суммирование этих двух величин приводит к интегральной яркости (m_1). Фазовый угол для ядра скорректирован в рамках H_G-формализма, а для фазовой коррекции яркости комы мы используем уравнение Шлейхера для кометной пыли [13], считая, что вклад пыли в видимое излучение комы на активной стадии существенный [13]. Это допущение обладает некоторой степенью условности (допустимой с учётом целей данной работы) и справедливо преимущественно для окологерней области кометы, так как на снимках C/2013 UQ₄, сделанных вблизи перигелия, выражена крупная зелёная внешняя газовая кома.

После всех необходимых преобразований мы получили значение $A_{SEC}(1,34; 1; 0) = 1,8 \pm 0,3$. Это значение невелико по сравнению со значениями даже для многих короткопериодических комет [12] и является ещё одним свидетельством низкой активности кометного ядра, используемого нами в качестве объекта сравнения.



Возможная кривая блеска объекта A/2018 V3 вблизи перигелия и перигея

Далее мы исходили из предположения, что A/2018 V3 будет демонстрировать то же значение амплитуды фотометрической кривой близ своего перигелия при том же доминировании пыли в наблюдаемой коме. Абсолютный блеск комы, рассчитанный на базе амплитуды кривой блеска и абсолютного блеска ядра, $m_c(1,34; 1; 0) = 14,9$. Это значение использовалось в дальнейших расчётах, предполагая, что яркость комы m_c будет меняться как $m_c \propto 10 \lg r$. На рисунке представлена приблизительная кривая блеска объекта вместе с кривой блеска неактивного ядра на фоне изменения условий видимости – элонгации и фазового угла. Интерпретация этой кривой с точки зрения будущих наблюдений приводится в следующем разделе статьи.

Планирование наблюдений в 2019 г.

С момента открытия и на протяжении всего 2019 г. A/2018 V3 будет удачно расположен для наблюдений как из северного, так и из южного полушарий Земли; минимального склонения (-31°) он достигнет вблизи максимального сближения с Землёй, во второй половине августа. В период с начала марта до начала июня 2019 г. элонгация A/2018 V3 будет меньше 45° , в результате какое-то время проводить наблюдения будет невозможно. В следующий раз элонгация достигнет 45° в середине октября 2019 г., и станет больше этого значения только в начале 2020 г., когда объект уже должен быть очень слабым ($V \sim 20 - 21$).

Ближайшей наблюдательной задачей для A/2018 V3 должен стать поиск воз-

возможных проявлений активности. Для этого могут понадобиться довольно крупные телескопы или длинные экспозиции, так как в течение первых месяцев 2019 г. объект должен быть не ярче 21^m при условии астероидоподобного поведения. Следует отслеживать A/2018 V3 хотя бы раз в две недели: даже если кома не будет различаться явно, блеск может стать ярче прогнозных значений из-за внешне скрытой сублимации льдов [15]. Если скрытая кома уже есть, то по мере приближения к Солнцу объект должен увеличивать свою яркость не в согласии с моделью $m_2 \propto 5lgr$, характерной для неактивных астероидоподобных объектов, но быстрее (как было с C/2018 C2 (Lemmon) в первые недели после открытия).

A/2018 V3 будет демонстрировать острый пик яркости, привязанный к сближению с Землёй, при наличии активности максимальный блеск может достигнуть $\sim 13^m$; за три недели до сближения и через три недели после (в перигелии) объект должен быть интегрально слабее на $2,5^m$ и 2^m соответственно (рисунок). Для ядра контраст ещё больше, и разница в обоих случаях составит порядка трёх звёздных величин. Фазовый угол объекта в представленный на рисунке период времени будет варьировать от 11° до 49° , достигнув минимальных значений около сближения. В этих вариациях причина того, что видимая амплитуда кривой блеска изменяется асимметрично относительно перигелия: изменение фазового угла в указанных рамках сильнее отражается на блеске ядра в сравнении с блеском пылевой комы.

Мультиволновые ПЗС-наблюдения станут особенно полезны, когда A/2018 V3 достигнет своей максимальной яркости, независимо от наличия или отсутствия комы. В этот период важно характеризовать морфологию объекта, определить показатели его цвета с привлечением как можно большего числа фотометрических фильтров, при наличии комы – оценить скорость производства пыли и определить возможные источники активности. Всё это позволит уточнить происхождение A/2018 V3 и эволюционный статус. Спектральные исследования и инфракрасные наблюдения могут значительно помочь в этом деле.

Даже в период максимальной яркости ядро возможной кометы может хорошо выделяться в центре сформировавшейся комы (благодаря малой ожидаемой амплитуде кривой блеска); это может позволить определить период вращения объекта, исследуя переменность яркости псевдоядерного уплотнения.

Таким образом, потенциальная комета должна стать достаточно яркой не только с точки зрения ПЗС-наблюдений, но и с точки зрения визуальных наблюдений (которые также очень рекомендуются). Стоит отметить, что вышеописанные выкладки могут привести к большой погрешности в оценке возможной яркости кометы, которая может быть как ниже, так и значительно выше. Например, относительно богатая околповерхностным водяным льдом стареющая короткопериодическая комета 2P/Encke демонстрирует амплитуду кривой блеска $A_{SEC}(1,34; 1; 0) \approx 4$ [12], при этом выглядит относительно крупным объектом с явным доминированием газа в видимом излучении. Из-за малого количества исследованных стареющих долгопериодических комет нам сложно оценить вероятность подобного пути развития событий, но, в любом случае, приводимые здесь оценки носят лишь ориентировочный характер и нужны, чтобы более корректно подойти к долгосрочному планированию будущих наблюдений.

Заключение

1. A/2018 V3, возможно, является одним из немногих известных стареющих ядер долгопериодических комет или кометой-Мэнксом (т.е. объектом астероидного происхождения, попавшим в облако Оорта). Оба типа объектов являются малоизученными, и A/2018 V3 представляет возможность пополнить наш багаж знаний.

2. Абсолютный блеск ядра потенциальной кометы A/2018 V3 равен $H_V = 15,69 \pm 0,10$, что при условии полного отсутствия комы в момент первоначальных наблюдений приводит к вероятному диаметру $D = 4,8^{+0,3}_{-0,2}$ км.

3. В первые месяцы 2019 г. A/2018 V3 следует наблюдать с глубоким проницанием с целью поиска первых признаков появления кометной активности.

4. A/2018 V3 представляет собой объект, который в относительно короткий (несколько недель) период около сближения с Землёй и перигелия (август – сентябрь 2019 г.) можно будет эффективно наблюдать с телескопами любительского класса (в том числе визуально), $m_{1\max} \sim 13$. Наиболее полезными могут стать результаты, полученные с использованием фотометрических фильтров.

Список литературы

1. Williams G.V. Comet magnitudes and A/ Objects // MPEC 2018-H54. – 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://minorplanetcenter.net/mpec/K18/K18H54.html> (дата обращения: 25.12.2018).

2. Snodgrass C., Tubiana C., Bramich D.M., Meech K., Boehnhardt H., Barrera L. Beginning of activity in 67P/Churyumov-Gerasimenko and predictions for 2014-2015. *Astronomy & Astrophysics*. 2013. Vol. 557, id.A33. 15 p. DOI: 10.1051/0004-6361/201322020.
3. Jewitt D. A First Look at the Damocloids. *Astronomical Journal*. 2006. Vol. 129. P. 530–538.
4. Meech K.J., Yang B., Kleyna J., Hainaut O.R., Berdyugina S., Keane J.V., Micheli M., Morbidelli A., Wainscoat R.J. Inner solar system material discovered in the Oort cloud. *Science Advances*. 2016. Vol. 2. Iss. 4. id. e1600038. DOI: 10.1126/sciadv.1600038.
5. Sekanina Z., Kracht R. Disintegration of Comet C/2012 S1 (ISON) Shortly Before Perihelion: Evidence from Independent Data Sets. *arXiv:1404.5968*. 2014. 49 p.
6. Bowell E., Hapke B., Lumme K., Harris A.W., Domingue D. Jouni Peltoniemi Application of photometric models to asteroids in Asteroids II. 1989. P. 524–556.
7. Lamy P.L., Toth I., Fernandez Y.R., Weaver, H.A. The Sizes, Shapes, Albedos, and Colors of Cometary Nuclei in Comets II. 2004. P. 223–264.
8. Bauer J.M., Grav T., Y.R. Fernández A.K. Mainzer, Kramer E.A., Masiero J.R., Spahr T., Nugent C.R., Stevenson R.A., Meech K.J., Cutri R.M., Lisse C.M., Walker R., Daley J.W., Rosser J., Krings Ph., Ruecker K., Wright E.L. and the NEOWISE Team. Debiasing the NEOWISE Cryogenic Mission Comet Populations. *Astronomical Journal*. 2017. Vol. 154. Iss. 2. 9 p.
9. Новичонок А.О., Назаров С.В. 20-см телескоп-рефлектор любительского класса как инструмент для широкополосной фотометрии комет // Физика космоса: тезисы докл. 47-й Междунар. конф. (г. Екатеринбург, 29 янв. – 2 февр. 2018 г.). Екатеринбург, 2018. С. 262–263.
10. Benner L.A.M. Goldstone Radar Observations Planning: Comet C/2013 UQ4 (Catalina). 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://echo.jpl.nasa.gov/asteroids/2013UQ4/2013UQ4_planning.html (дата обращения: 25.12.2018).
11. Kammerer A. Comet analysis: C/2013 UQ4 (Catalina). 2018 [Электронный ресурс]. URL: http://fg-kometen.vdsastro.de/kvj_2014/c2013uq4/13uq4aus.htm (дата обращения: 25.12.2018).
12. Ferrin I. Atlas of secular light curves of comets. *Planetary and Space Science*. 2010. Vol. 58. Iss. 3. P. 365–391.
13. Schleicher D.G., Millis R.L., Birch P.V. Narrowband photometry of comet P/Halley: variation with heliocentric distance, season, and solar phase angle. *Icarus*. 1998. Vol. 132. Iss. 2. P. 397–417.
14. Ivanova O., Zubko E., Videen G., Mommert M., Hora J.L., Krisandova Z.S., Svoren J., Novichonok A., Borysenko S., Shubina O. Colour variations of Comet C/2013 UQ4 (Catalina). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2017. Vol. 469. Iss. 3. P. 2695–2703.
15. Ferrin I., Arcila A., Saldarriaga M. Erratum: Secular Light Curves of NEAs 2201 Oljato, 3200 Phaethon, 99942 Apophis, 162173 Ryugu, 495848 and 6063 Jason. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2018. Vol. 479. P. 3726–3745.

УДК 546.56:546.57

СИНТЕЗ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ СЕРЕБРА И МЕДИ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Жаснакунов Ж.К., Сатывалдиев А.С.

Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек, e-mail: janarbek@mail.ru

В этом исследовании синтезированы наноконпозиты серебра и меди при совместном химическом восстановлении ионов серебра и меди в присутствии стабилизаторов различной природы. Для стабилизации наночастиц в растворе использованы додецилсульфат натрия (ДСН), поливинилпирролидон (ПВП) и бромид гексадецилпиридиния (БГП). Полученные наноконпозиты Ag/Cu характеризовались использованием порошковой рентгеновской дифракции и эмиссионного сканирующего электронного микроскопа с системой энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора. Методом рентгенофазового анализа установлено, что продукты, синтезированные в присутствии ДСН и ПВП, состоят из трех фаз, которые представляют собой наноконпозит серебра, меди. В составе продуктов присутствует также оксид (II) меди. В продукте, полученном в присутствии БГП, не наблюдается окисление наночастиц меди, поэтому в образце обнаружены линии характерные только для серебра и меди. Расчеты дифрактограмм показывают, что значение параметра кристаллической решетки частиц соответствует массивным металлам. Это указывает на то, что при восстановлении ионов в присутствии стабилизаторов формируются наноконпозиты серебра и меди. На основе электронного микроскопического анализа установлено, что наночастицы, полученные в присутствии ДСН и ПВП, имеют размеры от 30 до 140 нм, а в присутствии БГП их размеры составляют в среднем 40–70 нм. Результаты рентгеновского микроанализа показывают, что состав наноконпозитов серебра и меди, синтезированных в присутствии стабилизаторов, хорошо коррелируется с составом и соотношением исходной смеси компонентов, образующих наноконпозит. Проведенное исследование показывает, что присутствие БГП способствует получению стабильных наночастиц с меньшим размером и более узким распределением по размерам, чем использование стабилизаторов ДСН и ПВП.

Ключевые слова: наноконпозиты, рентгенофазовый анализ, стабилизация, додецилсульфат натрия, бромид гексадецилпиридиния, поливинилпирролидон, энергодисперсионный анализ, размер частиц

SYNTHESIS OF STABILIZED AG AND CU NANOCOMPOSITES BY CHEMICAL REDUCTION METHOD

Zhasnakunov Zh.K., Satyvaldiev A.S.

Kyrgyz State University after I. Arabaev, Bishkek, e-mail: janarbek@mail.ru

In this study, nanocomposites of silver and copper were synthesized by the simultaneous chemical reduction of silver and copper ions in the presence of stabilizers of different nature. Sodium dodecyl sulfate (SDS), polyvinylpyrrolidone (PVP) and hexadecylpyridinium bromide (HPB) were used to stabilize the nanoparticles in solution. Prepared Ag / Cu nanocomposites were characterized using powder X-ray diffraction and an emission scanning electron microscope with an energy dispersive X-ray microanalyzer system. The X-ray phase analysis reveals that, the products synthesized in the presence of SDS and PVP consist of three phases, which are a nanocomposite of silver copper. Copper oxide is also present in the products. The product obtained in the presence of HPB does not have an oxidation of copper nanoparticles, therefore lines characteristic only of silver and copper are found in the sample. Diffractogram calculations show that the value of the lattice parameter of the particles corresponds to bulk metals. This indicates that during the reduction of ions in the presence of stabilizers, silver and copper nanocomposites are formed. On the basis of electron microscopic analysis, it was found that nanoparticles obtained in the presence of SDS and PVP have sizes from 30 to 140 nm, and in the presence of BHP, their sizes are on average 40–70 nm. The results of X-ray microanalysis show that the composition of silver and copper nanocomposites synthesized in the presence of stabilizers correlates well with the composition and ratio of the initial mixture of components forming the nanocomposite. The study shows that in the presence of HPB, they contribute to the production of stable nanoparticles with a smaller size and a narrower size distribution than with the use of stabilizers SDS and PVP.

Keywords: nanocomposites, X-ray, stabilization, sodium dodecylsulfate, bromide hexadecylpyridinium, polyvinylpyrrolidone, energy dispersive X-ray spectrum, particle size

Наноконпозиты являются важными материалами для научных исследований и разнообразных технических применений из-за свойств, зависящих от размера и больших площадей поверхности их наночастиц. Особый интерес вызывают наноконпозиты, обладающие новыми свойствами, которых нет ни у одного из компонентов в отдельности, поэтому они имеют широкое применение в различных отраслях науки и техники [1, 2]. Когда чистые наночастицы используются одни, они имеют некоторые

проблемы, например агломерацию между наночастицами. Для преодоления этих проблем применение различных полимерных соединений, в которых наночастицы поддерживаются внутри пространств полимера или на ее внешних поверхностях, является одним из наиболее эффективных решений данной проблемы [3].

Существует множество способов получения наноконпозитов различных металлов, таких как химическое восстановление в мягких матрицах или в твердых матри-

цах [4, 5], химическое осаждение из паровой фазы [6], электроискровое диспергирование токопроводящих материалов [7].

В настоящее время среди перспективных материалов следует выделить наноструктурированные композиты, стабилизированные полимерными веществами в составе водных растворов, которые препятствуют процессу агрегации наночастиц.

Поэтому целью исследования является получение нанокompозита серебра и меди химическим восстановлением в присутствии стабилизаторов различной природы.

Данный метод является простым и позволяет контролировать дисперсность и морфологию частиц, а следовательно, и свойства конечных продуктов.

Материалы и методы исследования

Растворы были приготовлены из нитрата серебра AgNO_3 и кристаллогидрата сульфата меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ марки «хч». В качестве стабилизатора использованы: додецилсульфат натрия (ДСН) $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$, поливинилпирролидон (ПВП) $(\text{C}_6\text{H}_9\text{NO})_n$ и бромид гексадецилпиридиния (БГП) $(\text{C}_{15}\text{H}_{33}\text{BrN})$. Выбор этих соединений в качестве стабилизаторов обусловлен высокой эффективностью стабилизации и экологической безопасностью [8]. Для синтеза нанокompозитов в присутствии стабилизато-

ра в водный раствор соли серебра и меди добавляется раствор полимера в таком количестве, чтобы в полученной смеси содержание стабилизатора составляло 0,2 %. В качестве восстановителя использован 64 % раствор гидразингидрата $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Восстановительный потенциал гидразина более отрицательное значение имеет в щелочной среде. Поэтому синтез проводили в присутствии аммиака [9, 10].

Для синтеза в 100 мл смеси водных растворов серебра и меди ($\text{C}_{\text{Ag}^+} = 0,05 \text{ Н}$ и $\text{C}_{\text{Cu}^{2+}} = 0,05 \text{ Н}$) добавляется раствор стабилизатора и аммиака до достижения $\text{pH} = 11$. Раствор нагревается и приливается гидразин в количестве превышающем избыток ионов серебра и меди.

Продукт восстановления отделяется от жидкой фазы, промывается до нейтральной реакции на центрифуге. Полученный продукт высушивается в сушильном шкафу при $55\text{--}60^\circ\text{C}$.

Полученные продукты характеризовались на дифрактометре RINT-2500 HV на медном отфильтрованном излучении и эмиссионном сканирующем электронном микроскопе JOEL JSM-7600F с системой энергодисперсионным рентгеновским микроанализатором (университет Кумамото, Япония).

Результаты исследования и их обсуждение

Дифрактограммы полученных образцов представлены на рис. 1, а результаты расчета в таблице.

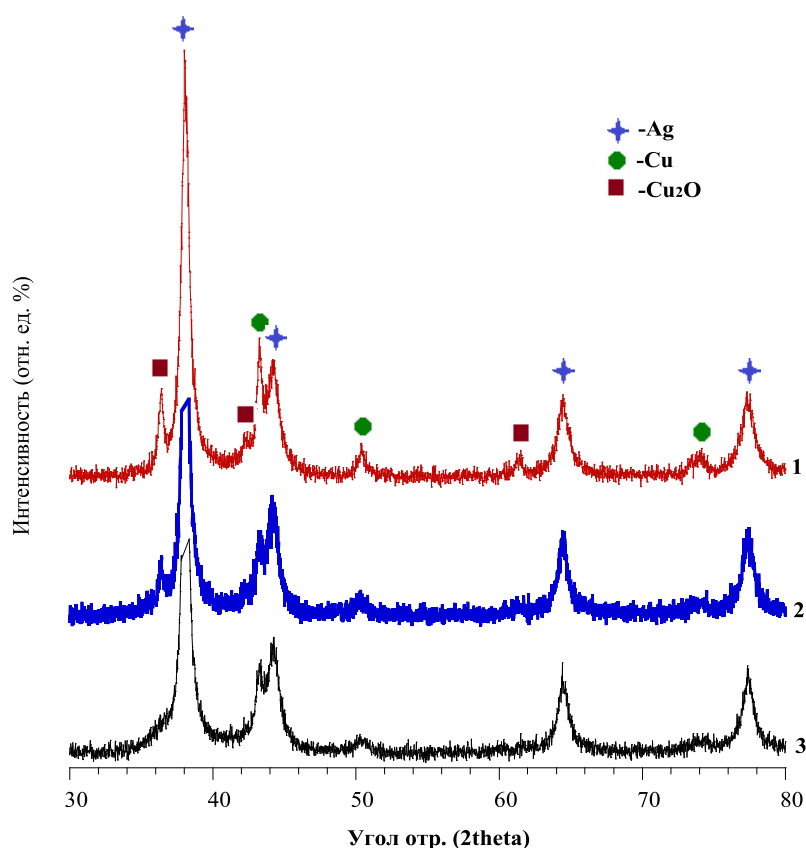


Рис. 1. Дифрактограммы образцов, полученных в присутствии ДСН (1), ПВП (2) и БГП (3)

Результаты обработки дифрактограммы продуктов совместного восстановления ионов серебра и меди в присутствии ДСН (1), ПВП (2) и БГП (3)

№	Экспериментальные данные			Фазовый состав					
	2θ	d, Å	I _{отн.ед}	Ag		Cu		Cu ₂ O	
				hkl	a, нм	hkl	a, нм	hkl	a, нм
ДСН									
1	36,4	2,4682	26					111	0,427
2	38,02	2,3666	100	111	0,410				
3	42,16	2,1433	16					200	0,429
4	43,24	2,0923	37			111	0,362		
5	44,12	2,0526	32	200	0,411				
6	50,36	1,8119	14			200	0,362		
7	61,24	1,5135	12					220	0,428
8	64,46	1,4479	25	220	0,409				
9	74,14	1,2789	13			220	0,362		
10	77,28	1,2346	25	311	0,409				
ПВП									
1	36,32	2,4734	20					111	0,428
2	38,04	2,3654	100	111	0,410				
3	42,06	2,1482	15					200	0,429
4	43,22	2,0932	27			111	0,363		
5	44,16	2,0508	36	200	0,410				
6	50,04	1,8227	12			200	0,364		
7	61,22	1,514	11					220	0,428
8	64,44	1,4459	27	220	0,409				
9	74,5	1,2736	13			220	0,360		
10	77,32	1,234	27	311	0,409				
БГП									
1	38,1	2,3618	100	111	0,409				
2	43,1	2,0987	27			111	0,363		
3	44,06	2,0552	34	200	0,411				
4	50,06	1,822	11			200	0,364		
5	64,42	1,4463	29	220	0,409				
6	74,22	1,2777	12			220	0,361		
7	77,36	1,2335	28	311	0,409				

Анализ дифрактограмм (рис. 1) продуктов совместного восстановления ионов серебра и меди в присутствии ДСН и ПВП показывает, что продукты состоят из трех фаз, которые представляют собой металлические серебро и медь, а также оксид (II) меди. Среднее значение параметра решетки серебра и меди, полученное в присутствии ДСН и ПВП, составляет для серебра 0,4095 нм и для меди 0,362 нм (таблица).

Как показывает дифрактограмма третьего образца, в присутствии БГП не происходит окисление металлической меди [11]. Результаты расчета показывают, что кристаллические решетки обнаруженных фаз имеют гранецентрированную кубическую

(ГЦК) кристаллическую решетку характерным для серебра ($a = 0,409$ нм) и меди ($a = 0,363$ нм) (таблица).

Значение параметра кристаллической решетки серебра и меди соответствует таковому для массивных металлов [12]. Это указывает на то, что при восстановлении ионов в присутствии стабилизаторов формируются нанокompозиты серебра и меди.

Рефлексы, соответствующие фазе – оксида меди (I), на дифрактограмме продукта совместного восстановления ионов серебра и меди в присутствии БГП не проявляются, что говорит о стабильном состоянии образца [13]. Таким образом, фазовый состав нанокompозита полу-

ченный в присутствии БГП отличается от состава порошков, полученных в присутствии ДСН и ПВП. Мы предполагаем, что гидрофобные взаимодействия ПАВ играют основную роль при адсорбции молекул стабилизатора на поверхности наночастиц.

Поэтому при адсорбции БГП потенциал наночастиц уменьшается, что вызывает устойчивость к коагуляции и окислению наночастиц серебра и меди [14].

С помощью сканирующей электронной микроскопии были определены морфология и размеры нанокмпозитов серебра и меди. Для определения размеров наночастиц серебра и меди из анализа их микрофотографий составлены гистограммы соответствующих нанопорошков [15].

Из микрофотографии (рис. 2–4) видно, что частицы всех трех образцов, независимо от различия стабилизатора, имеют сферическую форму.

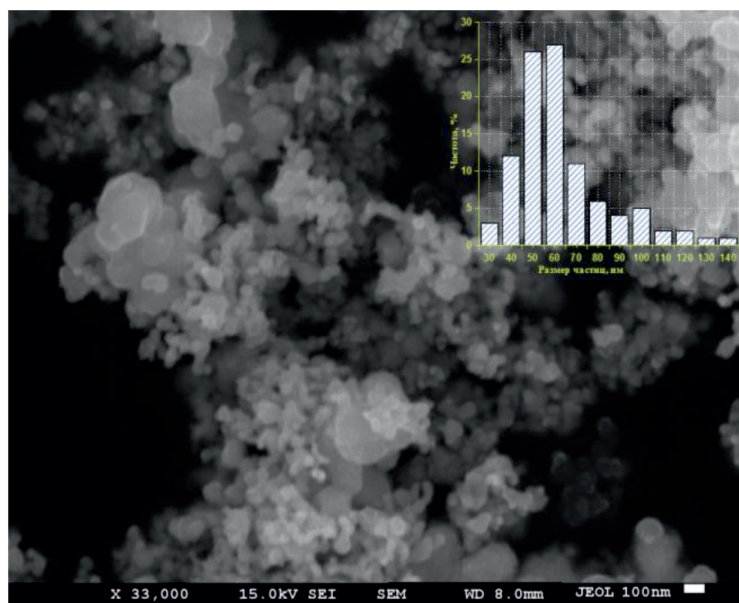


Рис. 2. Микрофотография и гистограмма частиц нанокмпозита серебра и меди, синтезированных в присутствии ДСН

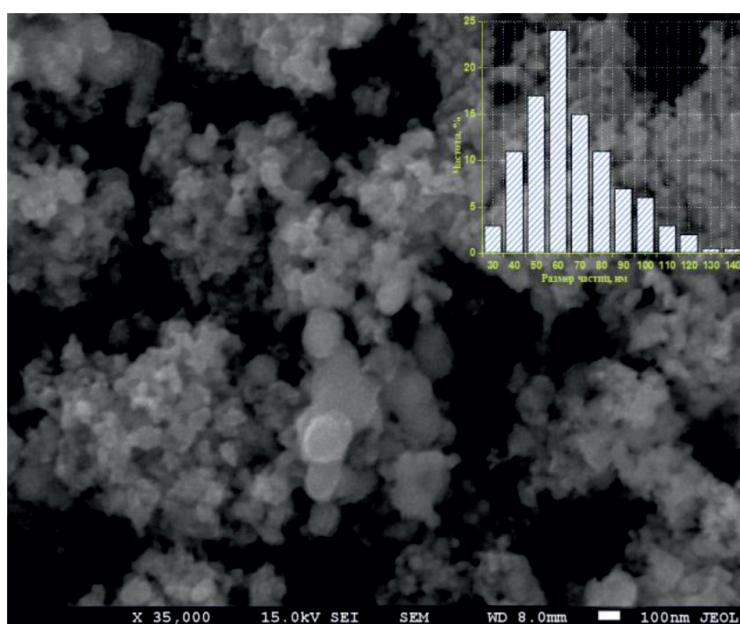


Рис. 3. Микрофотография и гистограмма частиц нанокмпозита серебра и меди, синтезированных в присутствии ПВП

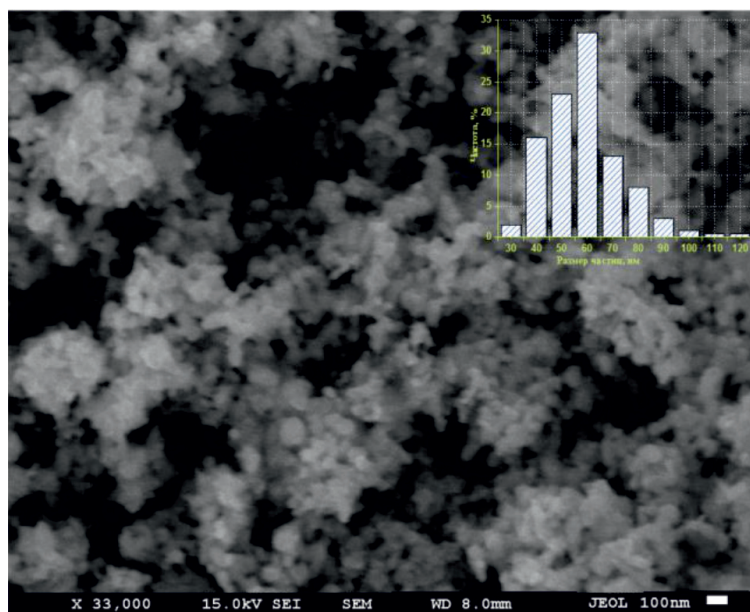


Рис. 4. Микрофотография и гистограмма частиц нанокompозита серебра и меди, синтезированных в присутствии БГП

Наночастицы, полученные в присутствии ДДСН (рис. 2), имеют размеры от 30 до 140 нм, а преобладают частицы с размерами 40–70 нм.

В присутствии ПВП наночастицы серебра и меди сформированы из частиц с размерами от 30 до 140 нм, но большинство из них имеют размеры 40–80 нм (рис. 3).

Наличие атомов азота и кислорода в структуре функциональной группы ПВП обуславливает образование комплекса с ионами металлов. Макромолекулы ПВП адсорбируются на поверхности наночастиц, обеспечивая стерическую стабилизацию растущих частиц. Кроме того, ПВП способствует зарождению первичных кластеров металла.

Макромолекулы ПВП могут принимать участие и в восстановлении катионов металлов [16, 17]. Поэтому в присутствии ПВП ионы меди частично окисляются, с образованием Cu_2O .

Частицы нанокompозита, синтезированного в присутствии БГП (рис. 4), имеют форму близкую к сферической, а их размеры составляют в среднем 40–70 нм.

Определение состава получаемых наночастиц проводили методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС), который позволяет анализировать химический состав образцов за счет измерения энергии характеристического рентгеновского излучения, возникающего в образце за счет перехода электрона с внешнего

энергетического уровня на более низкий, вызванный возбуждением внутренних оболочек падающими электронами.

На рис. 5–7 представлены энергодисперсионные рентгеновские спектры образцов, синтезированных при совместном химическом восстановлении ионов серебра и меди в присутствии ДСН, ПВП и БГП. Таблицы на рисунках указывают на качественный и количественный состав образца.

В каждом спектре помимо пиков от подложки (углерод 0,24 кэВ и кислород 0,51 кэВ) присутствует группа пиков серебра La1 (2,98 кэВ), Lb1 (3,15 кэВ), Lb2 (3,35 кэВ) и меди La1 (0,93 кэВ), Ka1 (8,05 кэВ), Kb1 (8,9 кэВ) [18].

Анализ данных ЭДС показал (рис. 5), что содержание серебра и меди в частицах нанокompозита, полученных в присутствии ДСН, составляет для серебра 13,51 % (ат.), и для меди 18,30 % (ат.), а в частицах нанокompозитов, полученных в присутствии ПВП (рис. 6), содержание серебра – 21,59 % (ат.), а меди – 25,59 % (ат.). Анализ ЭДС третьего образца (рис. 7), полученного в присутствии БГП, показывает, что продукт состоит из 18,59 % (ат.) серебра и 22,53 % (ат.) меди.

Помимо пиков материала подложки, в спектрах ЭДС образцов могут присутствовать пики элементов, входящих в состав стабилизатора. Поэтому во всех трех спектрах образцов наблюдается относительное различие и увеличение интенсивности пика углерода и кислорода.

Закключение

Проведенное исследование показывает, что использование БГП при синтезе нанокompозита серебра и меди позво-

ляет получить стабильные наночастицы с меньшими размерами и более узким распределением по размерам, чем при использовании ДСН и ПВП.

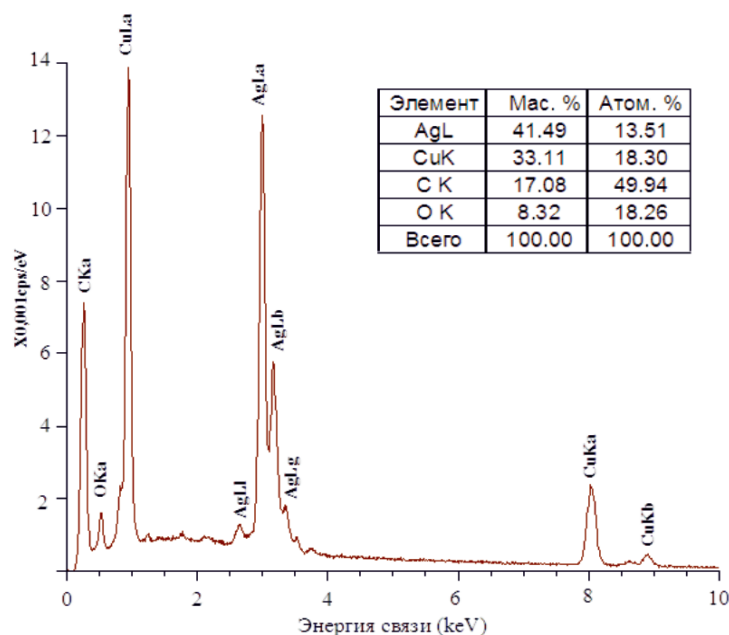


Рис. 5. Энергодисперсионный спектр нанокompозита серебра и меди, синтезированных в присутствии ДСН

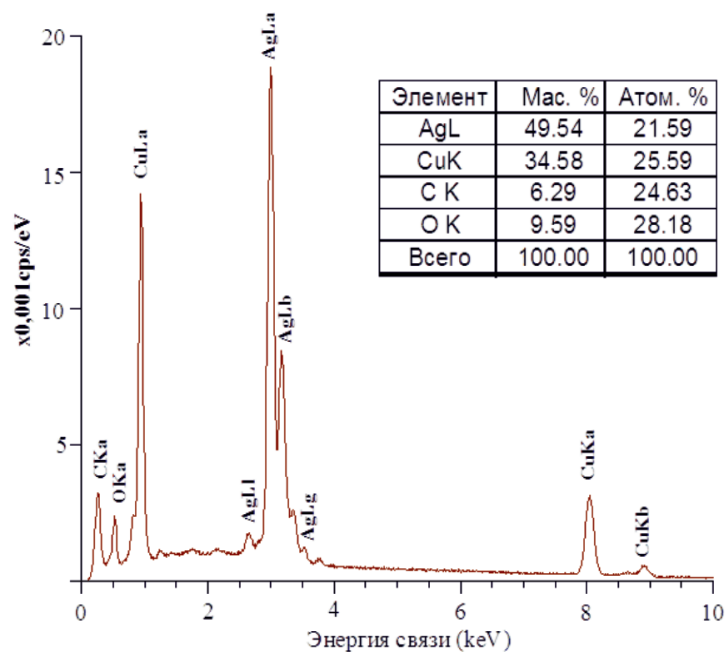


Рис. 6. Энергодисперсионный спектр нанокompозита серебра и меди, синтезированных в присутствии ПВП

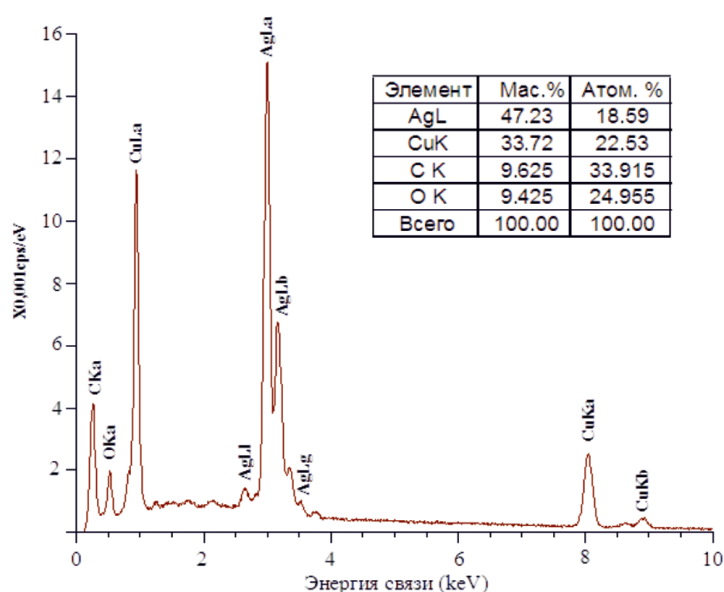


Рис. 7. Энергодисперсионный спектр нанокompозита серебра и меди, синтезированных в присутствии БГП

На основе ЭДС анализа установлено, что состав нанокompозитов серебра и меди, синтезированных в присутствии стабилизаторов, хорошо коррелируется с составом и соотношением исходной смеси компонентов, образующих нанокompозита.

Список литературы

- Kozhitov L.V., Kozlov V.V., Kostikova A.V., Popkova A.V. Novel Metal Carbon Nanocomposites and Carbon Nanocrystalline Material with Promising Properties for the Development of Electronics. Russian Microelectronics. 2013. Vol. 42. no. 8. P. 498–507.
- Михайлов В.И. Получение и физико-химические свойства материалов на основе нанодисперсных оксидов алюминия и железа: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Сыктывкар, 2016. 21 с.
- Ибраева Ж., Кудайбергенов С., Бектуров Е. Стабилизация наночастиц металлов гидрофильными полимерами. LAMBERT Academic Publishing 2013. 367 с.
- Calagua A., Alarcon H., Paraguay F., Rodriguez J. Synthesis and characterization of bimetallic gold-silver core-shell nanoparticles: a green approach. Advances in nanoparticles. 2015. vol. 4. P. 116–121. DOI: 10.4236/anp.2015.44013.
- Каргин Ф., Горелик В.С. Нанокompозиты на основе опаловых матриц, заполненных металлическими наночастицами // Неорганические материалы. 2015. № 8. С. 914–922.
- Воробьев Д.М. Получение и диагностика наноматериалов на основе металлооксидов, химически осажденных из паровой фазы // Молодой ученый. 2013. № 3. С. 40–44.
- Жаснакунов Ж.К., Сатывалдиев А.С. Способ получения нанокompозита серебра и меди // Патент КР № 2100 Патентообладатели Ж.К. Жаснакунов и А.С. Сатывалдиев. 2018. Бюл. № 10.
- Srikar S.K., Giri D.D., Pal D.B., Mishra P.K., Upadhyay S.N. Green Synthesis of Silver Nanoparticles: A Review. Green and Sustainable Chemistry. 2016. Vol. 6. No. 1. P. 34–56.
- Баатыркулова К.А., Орозматова Г.Т., Сатывалдиев А.С., Жаснакунов Ж.К. Получение устойчивой суспензии наноразмерной меди // Известия вузов. 2013. № 3. С. 95–97.
- Свиридов В.В., Воробьева Т.Н., Гаевская Т.В., Степанова Л.И. Химическое осаждение металлов из водных растворов. Минск, 1978. 392 с.
- Орозматова Г.Т. Влияние природы поверхностно-активного вещества (ПАВ) на фазовый состав продуктов восстановления ионов меди // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2015. № 4. С. 116–118.
- Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: МИСИС, 1994. 328 с.
- Жаснакунов Ж.К., Рысалиева А.Т., Эмил Омурзак у. Дисперсность и морфология продуктов совместного восстановления ионов серебра и меди // Известия вузов. 2014. № 5. С. 96–98.
- Соболева О.А., Хаменов Г.А., Долматов В.Ю., Сергеев В.Г. Влияние хлоридов алкилпиридиния на агрегативную устойчивость водных дисперсий наноалмазов дитационного синтеза // Коллоидный журнал. 2017. Т. 79. № 1. С. 83–89.
- Казакевич П.В. Образование наночастиц при лазерной абляции металлов в жидкости: автореф. дис. ... физ.-мат. наук. Москва, 2008. 21 с.
- Debnath D., Kim C., Kim S.H., Geckeler K.E. Solid-statesynthesis of silver nanoparticles at room temperature: Poly(vinylpyrrolidone) as a tool. Macromol. Rapid. Commun. 2010. V. 31. no. 6. P. 549–553.
- Жаснакунов Ж.К., Сатывалдиев А.С., Абдулазизов Т.А. Синтез стабилизированных наночастиц системы Ag-Ni методом химического восстановления // Проблемы современной науки и образования. 2016. Т. 50. № 8. С. 31–34.
- Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. М.: Техносфера, 2006. 256 с.

УДК 544.52:535.37

ФОТОЛИЗ АМИНОПРОИЗВОДНЫХ ФЕНИЛБЕНЗИМИДАЗОЛА**Некрасова Л.П.***ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, Москва, e-mail: laranekrasova@gmail.com*

Методами абсорбционной и люминесцентной спектроскопии изучено поведение 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазола, 4'-амино-2-фенилбензимидазола и 6-амино-2-фенилбензимидазола под действием ультрафиолетового излучения. Установлено, что в органических растворителях аминопроизводные фенилбензимидазола относительно легко вступают в фотохимические реакции. Фотолиз протекает с образованием нескольких продуктов реакции. Высказано предположение, что одним из продуктов фотолиза является азометин с заместителями при двойной связи $-N=C-$, другие представляют собой производные бензимидазола и соединения хиноидной структуры. Наличие аминогруппы в фенильном кольце молекулы обуславливает длинноволновое поглощение облученных растворов 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазола и 4'-амино-2-фенилбензимидазола. Гипсохромный сдвиг в спектрах поглощения облученных растворов 6-амино-2-фенилбензимидазола свидетельствует о фрагментации молекулы с образованием соединения, π -система которого меньше, чем у исходной молекулы. Важную роль в фотохимических превращениях аминопроизводных фенилбензимидазола играет монопротонированная форма этих соединений, поскольку в возбужденном состоянии протоноакцепторные свойства пиридинового атома азота бензимидазольного цикла на несколько порядков больше, чем в основном состоянии. Введение аминогрупп в молекулу фенилбензимидазола увеличивает квантовый выход фотолиза. Квантовый выход фотолиза 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазола в 2 раза выше, чем для незамещенной молекулы фенилбензимидазола. Замена аминогрупп на бензоиламиногруппы уменьшает эффективность фотолиза в 10 раз.

Ключевые слова: фотолиз, аминопроизводные фенилбензимидазола, спектры поглощения, спектры флуоресценции, 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазол

PHOTOLYSIS OF AMINO DERIVATIVES PHENILBENZIMIDAZOLE**Nekrasova L.P.***Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: laranekrasova@gmail.com*

The behavior of 6,4'-diamino-2-phenylbenzimidazole, 4'-amino-2-phenylbenzimidazole and 6-amino-2-phenylbenzimidazole under the action of ultraviolet radiation has been studied by absorption and luminescence spectroscopy. It has been established that in organic solvents, amino derivatives of phenylbenzimidazole relatively easily enter into photochemical reactions. Photolysis proceeds with the formation of several reaction products. It is suggested that one of the products of photolysis is azomethine with substituents at the double bond $-N=C-$, the others are benzimidazole derivatives and compounds of the quinoid structure. The presence of the amino group in the phenyl ring of the molecule causes the long-wavelength absorption of the irradiated solutions of 6,4'-diamino-2-phenylbenzimidazole and 4'-amino-2-phenylbenzimidazole. The hypsochromic shift in the absorption spectra of irradiated solutions of 6-amino-2-phenylbenzimidazole indicates fragmentation of the molecule to form a compound, the π -system of which is smaller than that of the original molecule. The monoprotonated form of these compounds plays an important role in the photochemical transformations of amino derivatives of phenylbenzimidazole, since in the excited state the proton-acceptor properties of the pyridine nitrogen atom of the benzimidazole cycle are several orders of magnitude larger than in the ground state. The introduction of amino groups into the phenylbenzimidazole molecule increases the quantum yield of photolysis. The quantum yield of photolysis of 6,4'-diamino-2-phenylbenzimidazole is 2 times higher than for the unsubstituted phenylbenzimidazole molecule. Replacing amino groups with benzoylamino groups decreases photolysis efficiency by 10 times.

Keywords: photolysis, amino derivatives of phenylbenzimidazole, absorption spectra, fluorescence spectra, 6,4'-diamino-2-phenylbenzimidazole

Производные фенилбензимидазола нашли широкое применение в различных областях человеческой деятельности. 2-фенилбензимидазол (ФБИ) и 2-фенилбензимидазол-5-сульфоновая кислота (ФБИ-сульфоновая кислота) являются эффективными УФ-фильтрами. 2-ФБИ-сульфоновая кислота входит в состав солнцезащитных средств [1]. ФБИ также представляет собой эффективный ингибитор атмосферной коррозии стали [2], используется в проявительных материалах для фотографии, а также как фунгицид. Флуоресцентные зонды на основе красителей фенилбензимидазольного ряда используют-

ся в диагностике [3]. Комплексы металлов с фенилбензимидазолом составляют основу органических светоизлучающих диодов [4]. Для селективного определения сульфидионов в воде служат датчики на основе фенилбензимидазола [5]. 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазол используются в качестве мономера для производства арамидных нитей, используемых для изготовления продукции особого назначения и обладающих уникальными свойствами [6]. Требования к чистоте мономера, используемого в промышленности, чрезвычайно высоки, поэтому способы синтеза [7] и методы контроля качества этого соединения постоянно со-

вершенствуются [8]. Спектрально-люминесцентные и кислотно-основные свойства фенилбензимидазола и его аминокпроизводных были предметом исследования в ряде работ [9, 10]. В то же время фотохимические свойства этих соединений остаются малоизученными. Исключение составляет фенилбензимидазолсульфоновая кислота, фотодеградация которой исследуется в последние двадцать лет в связи с ее широким использованием в косметике [1, 11].

Цель исследования: изучение воздействия УФ-излучения на растворы 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазола, 4'-амино-2-фенилбензимидазола и 6-амино-2-фенилбензимидазола методами абсорбционной и люминесцентной спектроскопии.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были 2-фенилбензимидазол (ФБИ), 4'-амино-2-фенилбензимидазол (АФБИ), 6-амино-2-фенилбензимидазол (ФАБИ), 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазол (ДАФБИ), 6,4'-дibenзоиламино-2-фенилбензимидазол (ДБАФБИ).

Использовали ФБИ (Aldrich Chemical, 99%), другие производные фенилбензимидазола были синтезированы и очищены в ИНЭОС. Все растворители имели квалификацию «для спектроскопии». Чистоту объектов исследования и растворителей проверяли по спектрам поглощения и на присутствие люминесцирующих примесей. Концентрация исследуемых растворов варьировалась от $5 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-7}$ моль/дм³. Спектры поглощения записывали на спектрофотометре Perkin Elmer 554 и UV-1800 Shimadzu. Спектры флуоресценции и возбуждения флуоресценции регистрировали на спектрофлуориметре MPF 44 Perkin Elmer и CM2203 Solar с термостатом в кварцевых кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см. Для облучения растворов использовали ртутную лампу ДРШ-1000 и азотный лазер ЛГИ-505 с длиной волны 337 нм и импульсной мощностью 15 кВт. Облучение проводили в кварцевых кюветах с толщиной поглощающего слоя 1 см. При облучении растворов нефилтрованным светом лампы ДРШ-1000 использовали воздушное охлаждение. Облученные растворы анализировали на число компонентов путем определения ранга матрицы оптических плотностей по методу Уоллеса – Каца [12]. Концентрацию исходного вещества в облученных растворах определяли по интенсивности его флуоресценции. На основании этих данных строили кинетические зависимости распада исходного соединения. Квантовый выход фотолиза (Ф) определяли в соответствии с [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Среди исследованных соединений особый интерес представляет ДАФБИ, поскольку является мономером для получения полимеров с ценными термомеханическими свойствами. Фотохимические свойства ДАФБИ изучали в этанольных и щелочно-этанольных растворах, а также в ДМСО. Картина изменений спектров поглощения

при облучении растворов в разных растворителях имела сходный характер. Спектр поглощения ДАФБИ в этаноле состоит из двух широких полос с максимумами при 336 и 278 нм [10]. При облучении этанольного раствора нефилтрованным светом ртутной лампы ДРШ-1000 его спектр поглощения претерпевает значительные изменения. Длинноволновая полоса испытывает гипсохромный сдвиг, ее интенсивность падает. В области 380–600 нм появляется широкое бесструктурное поглощение. В начальный период реакции (время облучения 1 мин 15 с) в серии спектральных кривых наблюдается 3 изобестические точки при 231, 317 и 360 нм. По мере увеличения времени облучения изобестика нарушается, меняется вид длинноволнового поглощения и исчезает полоса поглощения ДАФБИ с максимумом при 336 нм. Характер спектральных изменений указывает на то, что сначала образуется один продукт реакции, который затем также становится участником фотохимических превращений. Число поглощающих компонентов в растворе, облученном в течение 20 мин, равно 4.

Использование селективного лазерного возбуждения с длиной волны 337 нм не приводит к принципиальному отличию характера спектральных изменений раствора ДАФБИ в этаноле (рис. 1, а). Однако изобестические точки (231, 318 и 262 нм), наблюдаемые в серии спектров поглощения облученных растворов, сохраняются в течение 7 мин, и даже для раствора ДАФБИ, облученного в течение 13 мин, изобестика нарушается незначительно. Число компонентов в этом растворе равно 3, что находится в соответствии с наблюдаемыми спектрами возбуждения флуоресценции. Этанольные растворы, облученные лазером при комнатной температуре, кроме свечения ДАФБИ ($\lambda_{\text{max}} = 423$ нм), при возбуждении в области максимума длинноволнового поглощения – длиной волны 430 нм обнаруживают слабое свечение с максимумом при 460 нм. В спектрах возбуждения флуоресценции при регистрации на длинах волн 490 и 520 нм имеются два максимума при 355 и 385 нм.

При добавлении в этанольный раствор щелочи в концентрации 10^{-3} – 10^{-4} М изменения спектра поглощения не происходит, что является свидетельством того, что в растворе присутствует нейтральная форма соединения. Под действием лазерного излучения с длиной волны 337 нм наблюдали исчезновение длинноволновой полосы поглощения ДАФБИ и появление другой полосы с $\lambda_{\text{max}} = 300$ нм. В спектрах поглощения облученных растворов имеются 3 изобестические точки при 232, 317 и 365 нм (рис. 1, б),

очень близкие значения, наблюдаемые для нейтральных этанольных растворов. Анализ матрицы оптических плотностей с использованием $\lambda = 288, 300, 318, 332, 340$ и 366 нм приводит к рангу матрицы оптических плотностей, равному 2, а с $\lambda = 300, 332, 380, 400, 480$ и 560 нм – число компонентов равно 4. Щелочно-этанольный раствор, облученный лазером в течение 20 мин при возбуждении в области максимума длинноволнового поглощения при комнатной температуре не флуоресцирует. При 77°K возбуждение длиной волны 450 нм приводит к слабому свечению с $\lambda_{\text{max}} = 505$ нм, а при возбуждении длиной волны 520 нм – к еще более слабому свечению с максимумом при $560\text{--}570$ нм. Спектр возбуждения флуоресценции при регистрации на длине волны 580 нм имеет максимум при 475 нм.

Моноаминопроизводные ФБИ с аминогруппой в фенильном кольце и бензимида-

зольном цикле также подвержены фотолизу под действием УФ-излучения, при этом характер изменения спектров поглощения при облучении различен для АФБИ и ФАБИ и зависит от положения аминогруппы в молекуле. Облучение этанольных растворов АФБИ приводит к падению интенсивности полосы поглощения с $\lambda_{\text{max}} = 316$ нм и росту интенсивности широкой длинноволновой полосы с $\lambda_{\text{max}} = 384$ нм. Анализ матрицы оптических плотностей свидетельствует о том, что имеет место последовательный фотолиз соединения. В течение 5 мин облучения образуется только один фотопродукт, а по мере его накопления при увеличении времени облучения начинается его разложение (рис. 2). Спектр поглощения облученного раствора указывает на то, что продуктом реакции, ответственным за длинноволновое поглощение, является соединение хиноидной структуры.

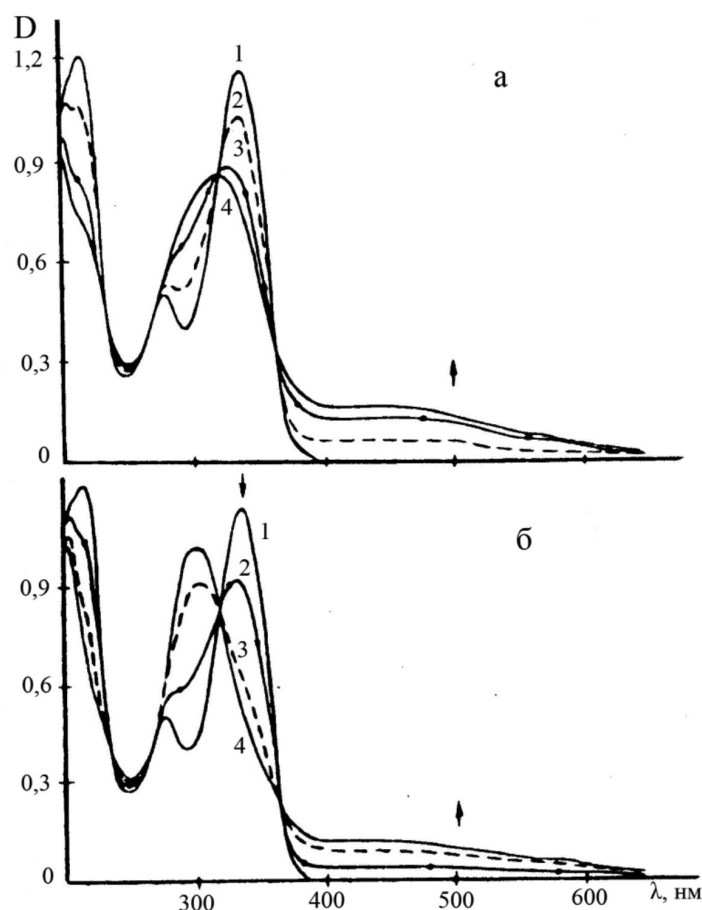


Рис. 1. Спектры поглощения исходного (1) раствора ДАФБИ и их изменения (2–4) при облучении растворов лазером ЛГИ с длиной волны излучения 337 нм: 2 – 2 мин, 3 – 7 мин, 4 – 13 мин; а – этанол, б – этанол с добавлением щелочи $C_{\text{кон}} = 10^{-4}$ М

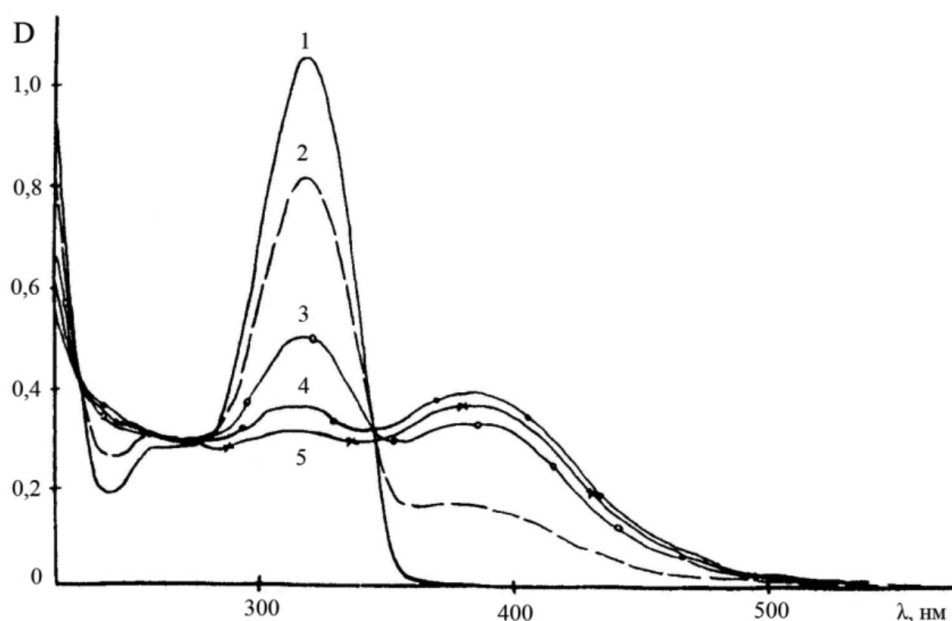


Рис. 2. Спектр поглощения щелочно-этанольного раствора АФБИ (1) и его изменения (2–5) при облучении нефилтрованным светом ртутной лампы ДРШ-1000. Время облучения: 2 – 30 с, 3 – 2 мин, 4 – 5 мин, 5 – 11 мин $C_{\text{кон}} = 10^{-4}$ М

Иная картина наблюдается при облучении этанольного раствора ФАБИ: полоса поглощения с $\lambda_{\text{макс}} = 328$ нм уменьшается и наблюдается ее небольшой гипсохромный сдвиг до 322 нм. В коротковолновой области растет полоса с $\lambda_{\text{макс}} = 280$ нм, а в длинноволновой в течение первых двух минут при использовании нефилтрованного света ДРШ-1000 наблюдаются лишь небольшие изменения. По мере дальнейшего облучения наблюдается падение интенсивности полос с $\lambda_{\text{макс}} = 322$ нм и $\lambda_{\text{макс}} = 280$ нм. Спектр поглощения раствора ФАБИ, облученного 14 мин, представляет собой бесструктурную полосу с $\lambda_{\text{макс}} = 322$ нм. Гипсохромный сдвиг в спектрах поглощения облученных растворов свидетельствует о фрагментации молекулы ФАБИ с образованием соединения, π -система которого меньше, чем у исходной молекулы.

Следует отметить, что в большинстве случаев характерной особенностью облученных растворов в подавляющем большинстве случаев является наличие бесструктурного длинноволнового поглощения в виде «хвоста». Спектральные особенности растворов исследованных соединений позволяют предположить, что одним из продуктов фотолиза ФБИ и его аминокпроизводных является азометин с заместителями при двойной связи. Как было показано в [14], благодаря возможности двойственно-

го включения группы $-\text{C}=\text{N}-$ в сопряжение, молекулы азометинных обладают неплоской конформацией. Такое строение обуславливает, в частности, отличие спектра поглощения бензальанилина от изоэлектронных ему молекул, например стилибена и фенилбензимидазола. Характерной особенностью спектров поглощения азометинных соединений является наличие длинноволнового долго не спадающего поглощения [14]. Сравнение спектров облученных растворов АФБИ и ФАБИ обнаруживает качественные отличия, которые связаны с положением аминогруппы в молекуле. Возможно, длинноволновое поглощение облученных растворов АФБИ и ДАФБИ обусловлено, в том числе, образованием димеров и соединений хиноидной структуры, имеющих протяженную π -систему, и вызвано наличием аминогруппы в фенильном кольце. Так, при действии УФ-излучения на водный раствор анилина наблюдались аналогичные спектральные особенности облученных растворов. Соотношение продуктов реакции зависит как от положения аминогруппы в соединении, так и от кислотности среды. Облучение этанольного раствора АФБИ приводит к продукту, поглощающему в длинноволновой области (рис. 2), а облученный раствор ФАБИ имеет интенсивную коротковолновую полосу и едва заметный «хвост» (рис. 3). Важную роль

в фотохимических превращениях играет монопротонированная форма этих соединений, поскольку в возбужденном состоянии протоноакцепторные свойства пиридинового атома азота бензимидазольного цикла возрастают на 3–4 порядка [9]. Зависимость соотношения продуктов реакции от кислотности среды демонстрирует рис. 1. Так, облученный этанольный раствор ДАФБИ имеет более интенсивное длинноволновое поглощение и менее интенсивную коротковолновую полосу, чем щелочно-этанольный раствор этого соединения.

ФБИ и его аминопроводные относительно легко вступают в фотохимические реакции, квантовые выходы фотолиза исследованных соединений представлены в таблице. Замена аминогрупп на бензоиламиногруппы не приводит к характерным изменениям спектров поглощения облученных растворов, однако фотолиз ДБАФБИ протекает менее эффективно. Вероятно, причиной фотохимической устойчивости бензоилпроизводного ФБИ является преобладание процессов деградации энергии электронного возбуждения.

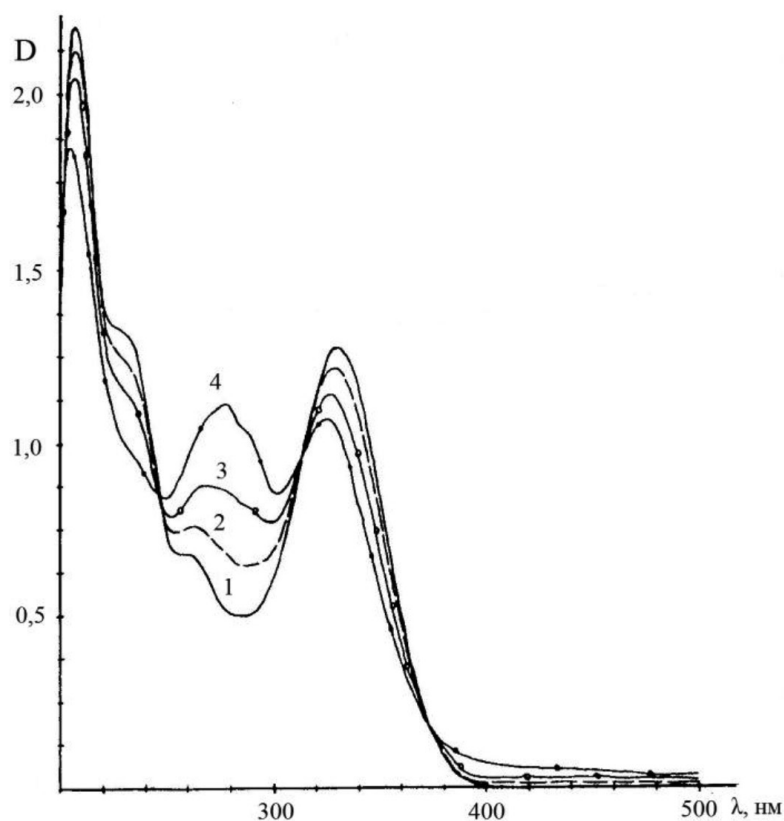


Рис. 3. Спектры поглощения этанольного раствора ФАБИ, облученного нефльтрованным светом ртутной лампы ДРШ-1000. Время облучения: 1 – 0; 2 – 15 с; 3 – 30 с; 4 – 1 мин

Квантовый выход фотолиза ФБИ и его производных

Соединение	Длина волны облучения, нм	Растворитель	Квантовый выход
ФБИ	313 (ДРШ-1000)	Этанол	0,1
АФБИ	313 (ДРШ-1000)	Этанол, 10^{-4} М КОН	0,13
ФАБИ	313 (ДРШ-1000)	Этанол	0,15
ДАФБИ	337 (ЛГИ)	Этанол	0,2
ДБАФБИ	337 (ЛГИ)	Этанол	0,02

Заключение

Фотолиз аминопроизводных фенилбензимидазола протекает с образованием нескольких продуктов реакции. Наличие аминогруппы в фенильном кольце молекулы обуславливает длинноволновое поглощение облученных растворов 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазола и 4'-амино-2-фенилбензимидазола. Гипсохромный сдвиг в спектрах поглощения облученных растворов 6-амино-2-фенилбензимидазола свидетельствует о фрагментации молекулы с образованием соединения, π -система которого меньше, чем у исходной молекулы. Высказано предположение, что одним из продуктов фотолиза является азометин с заместителями при двойной связи $-N=C-$, другие представляют собой производные бензимидазола а также соединения хиноидной структуры. Важную роль в фотохимических превращениях аминопроизводных фенилбензимидазола играет монопротонированная форма этих соединений, поскольку в возбужденном состоянии протоноакцепторные свойства пиридинового атома азота бензимидазольного цикла на несколько порядков больше, чем в основном. Введение аминогрупп в молекулу фенилбензимидазола увеличивает квантовый выход фотолиза. Квантовый выход фотолиза 6,4'-диамино-2-фенилбензимидазола в 2 раза выше, чем для незамещенной молекулы фенилбензимидазола. Замена аминогрупп на бензоиламиногруппы уменьшает эффективность фотолиза в 10 раз.

Список литературы

1. Ji Y., Zhou L., Zhang Y., Ferronato C., Brigante M., Mailhot G., Yang X., Chovelon J.-M. Photochemical degradation of sunscreen agent 2-phenylbenzimidazole-5 sulfonic acid in different water matrices. *Water Research*. 2013. Vol. 47. P. 5865–5875. DOI: 10.1016/j.waters.2013.07.009.
2. Zhou Y., Guo L., Zhang S., Kaya S., Luo X., Xiang B. Corrosion control of mild steel in 0.1 M H_2SO_4 solution by benzimidazole and derivatives: an experimental and theoretical study. *RSC Advances*. 2017. Vol. 7. No. 39. P. 23961–23969. DOI: 10.1039/c7ra02192e.
3. Zheng S.F., Lu J., Li W., Qin Y.M., Yan D.P., Evans D.G., Duan X. The 2-phenylbenzimidazole-5-sulfonate/layered double hydroxide co-intercalation composite and its luminescence response to nucleotides. *Journal of Materials Chemistry C*. 2014. Vol. 2. No. 26. P. 5161–5167. DOI: 10.1039/c4tc00755g.
4. Li J., Liang F., Zhao Y., Liu X.Y., Fan J., Liao L.S. Highly phosphorescent cyclometalated platinum (II) complexes based on 2-phenylbenzimidazole-containing ligands. *Journal of Materials Chemistry C*. 2017. Vol. 5. No. 25. P. 6202–6209. DOI: 10.1039/c7tc01369h.
5. Tang L.J., Cai M.J., Zhou P., Zhao J., Huang Z.L., Zhong K.L., Hou S.H., Bian Y.J. Relay recognition by modulating ESIP: A phenylbenzimidazole derived sensor for highly selective ratiometric fluorescent recognition of Zn^{2+} and S^{2-} in water. *Journal of luminescence*. 2014. Vol. 147. P. 179–183. DOI: 10.1016/j.jlumin.2013.11.024.
6. Антипов Ю.В., Кульков А.А., Пименов Н.В. Полимерные композиционные материалы. Технологии и применение // Высокомолекулярные соединения. Серия С. 2016. Т. 58. № 1. С. 29–41.
7. Бойкова О.И., Завьялова Н.В., Смирнов С.М., Алексеев С.Г., Харитонов Е.П., Атрошенко Ю.М., Вулах Е.Л., Кобраков К.И. Синтез 5(6)-амино-2-(4-аминофенил)бензимидазола циклодегидратацией 2',4'-триаминобензанилида в водной серной кислоте // Химия и химическая технология. 2011. Т. 54. Вып. 10. С. 109–114.
8. Shilova E.V., Smirnov S.M., Chernykh T.E., Tikhonov I.V., Druzhinina T.V. Modified method for determining aromatic diamines during the synthesis of oligomeric para-aramids. *Fibre Chemistry*. 2012. Vol. 43. No. 5. P. 376–380.
9. Некрасова Л.П., Нурмухаметов Р.Н., Шапиро И.О. Константы ионизации и электронные спектры кислотно-основных форм аминопроизводных фенилбензимидазола // Журн. физ. химии. 1988. Т. 62. № 1. С. 88–93.
10. Некрасова Л.П. Спектры поглощения и флуоресценции соединений фенилбензимидазольного ряда // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12. С. 36–41.
11. Zhang S., Chen J., Qiao X., Ge L., Gai X., Na G. Quantum chemical investigation and experimental verification on the aquatic photochemistry of the sunscreen 2-phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid. *Environ. Sci. Technol.* 2010. Vol. 44. No. 19. P. 7484–7490. DOI: 10.1021/es101131h.
12. Бернштейн И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. Л.: Химия, 1986. 199 с.
13. Мельников М.Я., Иванов В.Л. Экспериментальные методы химической кинетики. Фотохимия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 125 с.
14. Нурмухаметов Р.Н. Поглощение и люминесценция ароматических соединений. М.: Химия, 1971. 216 с.

ОСОБЕННОСТИ САНАЦИИ ПОЛОСТИ РТА У ПОДРОСТКОВ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОРАЖЕНИЯМИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

¹Атежанов Д.О., ¹Супиев Т.К., ²Бакиев Б.А.

¹Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Алматы;

²Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, Бишкек,
e-mail: bakit.bakiev@mail.ru

Известно, что дети с органическими поражениями центральной нервной системы (детский церебральный паралич) относятся к тяжелой категории больных, у которых имеет место поражение опорно-двигательного аппарата, речевой и психической сферы. Практически все дети с ДЦП подвержены различным стоматологическим заболеваниям, преимущественно кариесу зубов. Цель исследования – изучение особенностей химико-механического метода лечения кариеса зубов у детей и подростков с органическими поражениями ЦНС. Под наблюдением находились 90 детей в возрасте от 12 до 16 лет (мальчиков – 49, девочек – 41) с ДЦП. Сравнимую группу составили 120 здоровых детей. Диагноз ДЦП у детей был установлен специалистами после их комплексного обследования с применением клинических, биохимических и генетических методов исследования: спастическая диплегия – 31 чел; спастическая гемиплегия – 24 чел; гиперкинетическая форма – 17 чел; атонически-астатическая форма – 14 чел; двойная гемиплегия – 4 чел. Результаты стоматологического исследования выявили в основной группе: кариес зуба – у 99,7% при интенсивности 4,1, заболевания пародонта – у 89,2%, зубочелюстные аномалии – у 92,7%, некариозные поражения твердых тканей зубов – у 35%. У всех обследованных детей с ДЦП гигиеническое состояние полости рта было неудовлетворительным (ГИ = 3,2). Болезни внутренних органов сочетались со стоматологическими заболеваниями, матери подростков с ДЦП в первой половине беременности перенесли гестозы, острую вирусную инфекцию. Все мероприятия, направленные на лечение и реабилитацию подростков, страдающих ДЦП, были комплексными. Наряду с общепринятыми методами, в лечении кариеса зубов у детей с ДЦП впервые использован химико-механический метод препаратом Carisolvy™: режущим экскаватором кариозный дентин удалялся легкими скользящими движениями, постепенно, что уменьшало риск глубокой пенетрации в здоровые дентинные трубочки и повреждения зоны склерозированного дентина. Такое лечение зубов воспринималось пациентами как безболезненное и более комфортное, случаев применения бормашины и местной анестезии было меньше.

Ключевые слова: подростки, полость рта, санация, детский церебральный паралич, химико-механический метод

SANITATION ORAL CAVITY IN ADOLESCENTS WITH ORGANOLEPTIC CEREBRAL PALSY

¹Atezhanov D.O., ¹Supiev T.K., ²Bakiev B.A.

¹Kazakh National Medical University named by S.D. Asfendiyarov, Almaty;

²Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek, e-mail: bakit.bakiev@mail.ru

It is known that children with organic lesions of the central nervous system (cerebral palsy) belong to a severe category of patients who have a lesion of the musculoskeletal system, speech and mental sphere. Almost all children with cerebral palsy are susceptible to various dental diseases, mainly dental caries. The purpose of the study is to study the characteristics of the chemical-mechanical method for the treatment of dental caries in children and adolescents with organic lesions of the central nervous system. 90 children aged 12 to 16 years (49 boys, 41 girls) with cerebral palsy were under observation. The compared group was 120 healthy children. The diagnosis of cerebral palsy in children was established by specialists after a comprehensive examination using clinical, biochemical and genetic research methods: spastic diplegia – 31 people; spastic hemiplegia – 24 people; hyperkinetic form – 17 people; atonic-astatic form – 14 people; double hemiplegia – 4 people. The results of dental research revealed in the main group: tooth decay – in 99.7% with an intensity of 4.1, periodontal disease – in 89.2%, dental-anomalies – in 92.7%, non-carious lesions of hard dental tissues – in 35%. In all examined children with cerebral palsy, the hygienic condition of the oral cavity was unsatisfactory (GI = 3.2). Diseases of internal organs were combined with dental diseases, mothers of adolescents with cerebral palsy in the first half of pregnancy suffered gestosis, an acute viral infection. All activities aimed at the treatment and rehabilitation of adolescents suffering from cerebral palsy were complex. Along with the generally accepted methods, the chemical-mechanical method using Carisolvy™ drug was applied for the first time in the treatment of dental caries in children with cerebral palsy: with a cutting excavator, carious dentin was removed with light scraping movements, gradually, which reduced the risk of deep penetration into healthy dentinal tubules and damage to the sclerosed dentin zone. Such dental treatment was perceived by patients as painless and more comfortable, the use of the dental drill and local anesthesia was reduced.

Keywords: adolescent, oral cavity, sanitation, children's cerebral palsy, chemico-mechanical method

Дети с органическими поражениями центральной нервной системы (детский церебральный паралич, ДЦП) относятся к тяжелой категории больных, у которых

имеет место поражение опорно-двигательного аппарата, речевой и психической сферы. И множественные функциональные расстройства скорее правило, чем ис-

ключение, при таких врожденных пороках развития, как ДЦП, спинномозговые грыжи и миопатии [1]. Практически все дети с ДЦП подвержены различным стоматологическим заболеваниям, преимущественно кариесу зубов. Чаще всего у детей с ДЦП встречаются кариес зубов и его осложнения ($92,0 \pm 1,92\%$), катаральный гингивит ($63,0 \pm 3,41\%$), зубочелюстные аномалии ($59,0 \pm 3,48\%$). Подтверждена склонность детей с ДЦП к стоматологическим заболеваниям (кариес зуба – у $81,5\%$, преимущественно с множественными поражениями зубов, зубочелюстные аномалии у 71%) [2]. Установлено, что у детей с тяжелым течением болезни или с глубокой степенью умственной отсталости, частота кариеса и зубочелюстных аномалий была высокой. К тому же, дети с ДЦП не соблюдают гигиену полости рта из-за постоянного гиперкинеза рук или интеллектуальной недостаточности. При изучении выделительной функции слюнных желез у них было выявлено достоверное снижение скорости слюноотделения и увеличение вязкости ротовой жидкости [3]. Дети с ДЦП представляют собой серьезную общемедицинскую и социальную проблему [4].

Цель исследования: изучение особенностей химико-механического метода лечения кариеса зубов у детей и подростков с органическими поражениями ЦНС.

Материалы и методы исследования

Под нашим наблюдением находились 90 детей в возрасте от 12 до 16 лет (мальчиков – 49, девочек – 41) с церебральными параличами. Сравнимую группу составили 120 детей г. Алматы в возрасте от 12 до 16 лет без соматической патологии. В соответствии с рекомендациями ВОЗ девочки и мальчики представлены примерно в равном количестве. На каждого ребенка заполнялась «Карта для оценки стоматологического статуса» (ВОЗ, 1997). Всего было заполнено 210 карт оценки стоматологического статуса по ВОЗ на подростков, в том числе 90 с ДЦП. Диагноз у детей был установлен специалистами после их комплексного обследования с применением клинических, биохимических и генетических методов исследования. Обследованные подростки с ДЦП были распределены по формам болезни: спастическая диплегия – 31 чел; спастическая гемиплегия – 24 чел; гиперкинетическая форма – 17 чел; атонически-астатическая форма – 14 чел; двойная гемиплегия – 4 чел. При заполнении индивидуальных карт, выясняли сведения о течении беременности и родов, перенесенных заболеваниях, особенностях периода новорожденности, становления организма ребенка и развития моторных функций. Вышеперечисленные данные, полученные путем выкопировки из амбулаторных карт, дополнялись после беседы с родителями и соответствующими специалистами. Диагнозы основного заболевания в каждой из групп были подтверждены невропатологами, психиатра-

ми детского центра. Анкетирование родителей было проведено для изучения факторов риска стоматологических заболеваний у подростков, страдающих детским церебральным параличом, а также для оценки оказываемой стоматологической помощи детям-инвалидам. Исследуемым детям по показаниям проводили клинико-лабораторные и инструментальные методы исследования (рентгенография органов грудной клетки, УЗИ, ЭКГ, гастродуоденальное зондирование и др.). Все обследованные дети, наряду с педиатром и стоматологом, осматривались специалистами: ЛОР-врачом, окулистом, невропатологом, кардиологом, кардиохирургом, врачом-ортопедом и эндокринологом. В затруднительных случаях создавался консилиум специалистов. Данные клинического осмотра заносили в специальные карты обследования.

Стоматологические методы исследования проведены у 210 подростков (90 больных, 120 практически здоровых), согласно описанным в литературе критериям [3]. Состояние тканей пародонта определялось по индексу РМА. Некариозные поражения твердых тканей зубов классифицировали по Ю.А. Федорову (гипоплазия в стадии пятна; гипоплазия в стадии узур и дефектов; гипоплазия, осложненная кариесом; гипоплазия, сочетающаяся с кариесом; гипоплазия, осложненная и сочетающаяся с кариесом; аплазия). Гигиенический индекс определялся по методике Green-Vermillion (хорошее значение $GI = 0 - 1,0$ балла). Стоматологический уровень здоровья определяли по методике П.А. Леуса [5]. Результаты исследований подвергались статистической обработке с определением вероятности различий изучаемых признаков (P). Различия считались достоверными при $P < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

У всех обследованных подростков выявлены различные заболевания органов и систем. Среди них наибольшую распространенность имели стоматологические заболевания. Факторы, способствовавшие развитию общих и стоматологических заболеваний у подростков с ДЦП, были разнообразными. Сведения о состоянии здоровья матери и о здоровье подростков были получены из истории развития ребенка. Установлено, что многие из них перенесли острые инфекционные заболевания или имели хроническую патологию различного генеза. Так, $79,6\%$ беременных переболели острыми респираторными заболеваниями, $47,4\%$ имели хронические заболевания мочеполовой системы, $23,7\%$ заболевания желудочно-кишечного тракта, ЛОР-органов и другие. У $35,5\%$ женщин старше 30 лет отмечалась гипертоническая болезнь различной степени тяжести. Курение относится к неблагоприятному для здоровья человека фактору. Оно было зарегистрировано преимущественно у мужской половины, у женской половины в 3 раза меньше. Почти 67% отцов злоупотребляли курением не только вне, но и внутри своей кварти-

ры, что, безусловно, отрицательно влияло на здоровье беременной и плода. Ранний или поздний возраст беременных, наличие профессиональных и бытовых вредностей, низкий уровень общего здоровья способствовали нарушению течения беременности у 83% обследованных. О наличии гестозов 1-й половины беременности сообщили более 40% матерей. Течение родов у большинства женщин было затруднено. Нормальное, без патологических проявлений, течение родов отметили только 6,6% женщин. Стимуляция родов лекарственными препаратами проводилась почти у 1/3 женщин.

Таким образом, у большинства подростков, страдающих церебральным параличом, антенатальный период развития протекал в неблагоприятных условиях, что могло отразиться не только на общем уровне здоровья ребенка, но и на развитии его челюстно-лицевой области и состоянии зубов.

Изучение функций челюстно-лицевой области у подростков с ДЦП выявило следующие нарушения: речи – у 78,1%, дыхания – 82,5%, глотания – у 100%, жевания – у 95%. Все подростки имели речевые расстройства, со многими из них невозможно было установить речевой контакт. У подростков с гемипарезами была установлена гипотония артикуляционных мышц, круговой мышцы рта и языка. А у подростков с гиперкинезами, наоборот,

спастичность соответствующих мышц. Причем эти нарушения были установлены у всех детей второй группы. У подростков с гиперкинезами и спастической диплегией наблюдался смешанный тип дыхания, у подростков с гемипарезами преобладало ротовое дыхание (рис. 1, 2). У многих подростков были выявлены аномалии строения и прикрепления уздечек губ, мелкое преддверие полости рта. Низкое прикрепление уздечки верхней губы было выявлено у 71,3%, аномалии уздечки нижней губы и мелкое преддверие рта у 43,2% и сочетанные аномалии уздечек губ, мелкого преддверия рта, тяжелой слизистой рта – у 37,5%. Нарушения тонуса мышечной системы, функций дыхания, глотания и жевания, аномалии строения мягких тканей полости рта, искусственное вскармливание и другие факторы способствовали развитию у подростков с ДЦП зубочелюстных аномалий и деформаций (рис. 1, 2). Согласие родителей на помещение фотоиллюстраций детей в статью получено.

У всех обследованных детей с органическими поражениями ЦНС определялась декомпенсированная форма течения кариеса (рис. 3, а, б).

Следует отметить, что в постоянном прикусе изменение формы зубных дуг верхней и нижней челюсти и патология прикуса усугублялись недоразвитием челюстей, приводящим к аномалии положения зубов в зубном ряду у 89,1% (рис. 4).



Рис. 1. Б-й К.А., 13 лет, диагноз: ДЦП, спастическая форма (задержка психоречевого развития, нарушение функций глотания и дыхания)



Рис. 2. Б-ой А.Б., 14 лет, диагноз: ДЦП, двойная гемиплегия (нарушение опорно-двигательного аппарата)



а)



б)

Рис. 3. Больной К.П., 14 лет, диагноз: ДЦП. Гиперкинетическая форма. Декомпенсированная форма течения кариеса зубов: а) поражение кариесом зубов на нижней челюсти, б) поражение кариесом зубов на верхней челюсти



Рис. 4. Больной Б.Д., 13 лет, и. б. № 485. Диагноз: Резидуально-органическое поражение ЦНС. Гипертензионный синдром. Аномалия зубного ряда

Наиболее частыми аномалиями положения отдельных зубов в зубном ряду в период постоянного прикуса явились: небное положение боковых резцов верхней челюсти и язычное положение боковых резцов нижней челюсти, вестибулярное положение клыков верхней челюсти. Изучение гигиенического состояния полости рта у подростков по Грин-Вермильона выявило его неудовлетворительное состояние независимо от возраста ($3,2 \pm 0,1$ балла). У всех подростков отмечали обилие мягкого зубного налета на эмали и накопление минерализованных наддесневых и поддесневых зубных отложений. Неудовлетворительному состоянию гигиены полости рта способствовали также употребление мягкой пищи, вялый тип жевания, наличие у большинства подростков зубочелюстных аномалий. Положительная проба Шиллера – Писарева была установлена у 39,5% подростков, индекс РМА у больных был в пределах 30% и более. Развитие гипертрофического гингивита у подростков

обуславливалось местными факторами: низкий уровень гигиены полости рта, дистопия и скученность зубов и т.д. Среди общих факторов: прием противосудорожных препаратов, заболевания пациента.

Особенности санации полости рта. Санацию полости рта у 75 подростков с ДЦП проводили в стоматологическом кабинете, а 15 детям с ДЦП, передвигающимся на инвалидной коляске, стоматологическая помощь оказана на дому. В начале работы у всех подростков с ДЦП проводили герметизацию доступных фиссур и ямок постоянных зубов стеклоиномерным цементом «Jonofil, Fuji». После этого приступали к лечению кариеса зубов и гингивита. Объясняли родителям значение укрепления здоровья полости рта для общего здоровья ребенка, причины стоматологических заболеваний, возможности их лечения и профилактики. Родителям рекомендовали включить в рацион питания больного ребенка больше молочных продуктов, фруктов и овощей

и ограничить прием сладостей и кислых продуктов. Родителей детей с ДЦП обучали уходу за полостью рта у ребенка. Комплекс профессиональной гигиены состоял из беседы с пациентом и его родителями о гигиене полости рта, назначения индивидуальных средств гигиены, обучения их использованию контролируемой чистки зубов, удаления мягких и твердых зубных отложений. Подросткам и родителям демонстрировали с помощью зеркала и зонда наличие зубного налета и камня, объясняли значение гигиенического ухода за полостью рта. Подросткам с глубокими нарушениями мышечного тонуса челюстно-лицевой области перед чисткой зубов рекомендовали орошение полости рта и десневого края содовым раствором, отварами лекарственных трав. У многих подростков, страдающих ДЦП, санация полости рта затруднялась рвотным рефлексом, за счет скопления вязкой слюны у задней стенки глотки и нарушения функции дыхания. Поэтому во избежание рвотного рефлекса у пациента с ДЦП санацию проводили в утренние часы после легкого завтрака. За один час до начала лечебных мероприятий подросткам назначали противорвотные средства. Если подросток передвигался в инвалидной коляске, то он получал стоматологическую помощь в коляске. Этот вид осмотра удобен как и для подростка, так и для врача. У подростков с ДЦП кариозное поражение в основном встречалось в виде среднего кариеса. Поверхностный кариес встречался в единичных случаях. Глубокий кариес встречался реже. При лечении поверхностного кариеса зубов у подростков с ДЦП предпочтение отдавали пломбированию полостей стеклоиномерным цементом «Кетак Моляр». При лечении среднего кариеса зубов также применяли стеклоиномерные цементы. При лечении зубов по поводу глубокого кариеса использовали лечебную прокладку (лайф, кальциол и др.). Подросткам с низким порогом болевой чувствительности лечение зубов производили под анестезией (мепивастезин 4%). Лечение пульпита проводили методом витальной ампутации или экстирпации с учетом клинических показаний. Корневые каналы пломбировали медленно твердеющими пастами (абссес ремиди, цинк-эвгеноловая паста).

Хирургическую санацию полости рта у детей с ДЦП проводили под местной анестезией (аппликационная с применением 10 % раствора лидокаина, проводниковая или инфильтрационная анестезия с применением 4 % растворов убистезина или мепивастезина). В целом в процессе проведения санации полости рта у 90 под-

ростков с ДЦП было вылечено 650 зубов: по поводу кариеса – 330 (50,8%) зубов, по поводу пульпита 243 (37,4%), по поводу периодонтита 77 (11,8%) зубов (консервативное – 12 и удаление – 65 зубов). Стоматологическая помощь в домашних условиях была оказана 15 пациентам. Это были подростки, страдающие гемипаретической формой ДЦП и спастической диплегией. Учитывая выраженную эмоциональную возбудимость у 17 детей с ДЦП, непереносимость ими любой боли, для удаления кариозного дентина мы впервые использовали гель Cariole™ (Швеция) или «Кари-клинз» (Россия). Метод заключался в химическом размягчении кариозного дентина и его механическом удалении по разработанной нами модификации этой методики. По сравнению с обработкой полости обычным режущим экскаватором при использовании химико-механического метода лечения кариеса кариозный дентин удаляется легкими скользящими движениями. Поэтому на кариозный дентин оказывается меньше давления, он удаляется постепенно, а не сравнительно большими частями, что уменьшает риск глубокой пенетрации в здоровые дентинные трубочки и повреждения зоны склерозированного дентина. При этом лечение зубов с помощью системы Carisolv™ воспринималась пациентами как безболезненное и более комфортное. Частота случаев, когда есть необходимость в применении бормашины и местной анестезии, была снижена. Использование нового бесшумного метода лечения кариеса имеет благоприятное психологическое значение. Как правило, применением Carisolv™ удаляли измененные ткани зуба эффективно и безопасно (как бормашиной). К числу абсолютных показаний для проведения стоматологических вмешательств у подростков с ДЦП под общим наркозом относили: гиперкинезы оральной и лицевой мускулатуры, гипертензионно-гидроцефальный и эпилептический синдромы, разные степени умственной отсталости и нередко сочетающуюся с этими признаками сialорею. Подготовку к лечению под общим наркозом в поликлинике или стационаре, а также последующее наблюдение проводили бригадой специалистов, состоящей из анестезиолога, педиатра, психоневролога и врача интенсивной терапии по заранее составленному плану.

Таким образом, оказание стоматологической помощи подросткам, страдающим ДЦП, может осуществляться в стоматологических кабинетах специализированных психоневрологических диспансерах и медицинских реабилитационных центрах

с обязательным условием анестезиологического обеспечения, а также в отделениях детских стоматологических поликлиник, в стоматологическом стационаре и на дому.

Выводы

1. Результаты исследований показали, что у подростков с ДЦП, поступивших на лечение в клинику, имеет место полиорганная патология.

2. Установлено сочетание болезней внутренних органов и стоматологических заболеваний (кариес – у 99,7%, заболевания пародонта – у 89,2%, зубочелюстные аномалии составляют 92,7%, некариозные поражения твердых тканей зубов – у 35%). Матери этих подростков в первой половине беременности перенесли сильные гестозы, острую вирусную инфекцию.

3. Из местных причин на развитие кариеса зубов и заболеваний пародонта значи-

тельное влияние оказывало неудовлетворительное гигиеническое состояние полости рта детей с ДЦП.

Список литературы

1. Созаева Н.С. Ранние клинические признаки формирующегося ДЦП и их прогностическое значение // Русский журнал детской неврологии. 2008. Т. 3. Вып. 4. С. 26–33.
2. Елизарова В.М., Баширова Н.В. Стоматологическая помощь детям с ограниченными возможностями, детям с ДЦП // Актуальные вопросы стоматологии детского возраста и профилактики стоматологических заболеваний: сб. науч. тр. под ред. проф. Л.П. Кисельниковой, доц. Л.Н. Дроботько. М., СПб., 2012. С. 56–61.
3. Платонова Н.В. Стоматологический статус и особенности гигиенического воспитания детей с ограниченными возможностями: дис. ... д-ра мед. наук. Тверь, 2007. 189 с.
4. Супиев Т.К., Улитовский С.Б., Мирзабеков О.М. и др. Профилактика стоматологических заболеваний: учебник. Алматы, 2009. 446 с.
5. Леус ПЛ. Клиническая индексная оценка стоматологического статуса: учеб.-метод. пособие. Минск: БГМУ, 2009. 60 с.

УДК 613.96(571.53)

ЭПИДЕМИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРВИЧНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПОДРОСТКОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Мыльникова И.В., Ефимова Н.В.

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»,
Ангарск, e-mail: 71miv@rambler.ru

Материалы официальной статистической отчетности и данные углубленных исследований свидетельствуют о том, что ухудшение состояния здоровья подростков происходит достаточно давно. В статье отражены результаты эпидемиологического исследования первичной заболеваемости подростков Иркутской области за 14-летний период. Учитывая многомерный характер данных, использованы методы кластерного анализа: Ward's-метод; метод k-средних. Применение иерархического кластерного анализа позволило изучить пространственное распределение первичной заболеваемости подростков, проживающих на городских и сельских территориях области. Отмечено, что кластеры, сформированные сельскими населенными пунктами, отличаются низкими показателями первичной заболеваемости. Установлено, что кластер с высоким уровнем первичной заболеваемости образован городскими территориями. В структуре заболеваемости данного кластера преобладают болезни: органов дыхания, опорно-двигательного аппарата; глаза; органов пищеварения; мочеполовой системы. Динамика первичной заболеваемости в исследуемый период по 18 классам болезней исследована с помощью дисперсионного анализа. Изменения уровня распространенности первичной заболеваемости подростков в период исследования согласно значению коэффициента детерминации аппроксимации оцениваются как высокие на территориях: г. Усть-Илимска и 7 сельских районов (Нижнеудинском, Шелеховском, Тайшетском, Нижнеилимском, Черемховском, Заларинском и Куйтунском).

Ключевые слова: здоровье, подростки, первичная заболеваемость, городские и сельские территории, Иркутская область, кластерный анализ

EPIDEMIOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF PRIMARY MORBIDITY OF ADOLESCENTS OF THE IRKUTSK REGION

Mylnikova I.V., Efimova N.V.

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, e-mail: 71miv@rambler.ru

The materials of the official statistical reporting and the data of the in-depth studies indicate that the deterioration of the health status of adolescents takes a rather long period. The article reflects the results of an epidemiological study of the primary incidence of adolescents in the Irkutsk region for a 14-year period. Given the multidimensional nature of the data, cluster analysis methods were used: Ward's – method; k-means method. The use of hierarchical cluster analysis allowed us to study the spatial distribution of the primary incidence of adolescents living in urban and rural areas of the region. It is noted that clusters formed by rural settlements are characterized by low rates of primary morbidity. It was established that the cluster with a high level of primary morbidity is formed by urban areas. In the structure of the incidence of this cluster is dominated by diseases: respiratory, musculoskeletal system; eyes; digestive organs; genitourinary system. The dynamics of the primary incidence in the study period in 18 classes of diseases was investigated using analysis of variance. Changes in the prevalence rate of primary morbidity in adolescents during the study period according to the determination coefficient are approximated as high in the territories: Ust-Ilimsk and 7 rural areas (Nizhneudinsky, Shelekhovsky, Tayshetsky, Nizhneilimsky, Chermkhovsky, Zalarinsky and Kuytunsky).

Keywords: health, adolescents, primary morbidity, urban and rural areas, Irkutsk region, cluster analysis

Состояние здоровья подростков общепризнанно считается одним из индикаторов санитарно-экологического неблагополучия. Для оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения наиболее часто используют показатели заболеваемости. Среди них к наиболее информативным показателям относят первичную заболеваемость. Достоинством данного показателя является возможность определения доли населения, заболевшего впервые в определенный период времени. Показатель первичной заболеваемости позволяет определить потребности населения в конкретном виде медицинской помощи, поэтому его

применение целесообразно при планировании деятельности учреждений здравоохранения [1–3].

Цель исследования: оценить структурно-динамические характеристики первичной заболеваемости подростков городских и сельских территорий Иркутской области.

Материалы и методы исследования

Состояние здоровья подростков 15–17 лет изучали ретроспективно по данным статистической отчетности Министерства здравоохранения Иркутской области ф. № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения». Период исследования составил 14 лет – с 2003 по 2016 г. Распро-

страненность заболеваний подростков оценивали по классам болезней согласно МКБ 10 пересмотра. Изучали динамику и структуру первичной заболеваемости в разрезе административных единиц Иркутской области. Общая численность подростков с заболеваниями, выявленными впервые, в 2003–2016 гг. составила 1 840 775 человек, из них городских подростков – 940 189; сельских подростков – 583 548 человек.

Исследованы показатели первичной заболеваемости по 18 классам согласно МКБ-X. Рассчитаны относительные показатели заболеваемости по всем классам болезней (на 100 000 человек) и стандартные ошибки к ним.

Полученные данные обработаны статистически с применением Microsoft Excel и Statistica 6.1. Изучение многолетней динамики первичной заболеваемости различных классов заболеваний подростков, проживающих на городских и сельских территориях, проведено с применением иерархического кластерного анализа, кластерного анализа методов k-средних. Результаты представлены в виде вертикальных дендрограмм.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведена оценка средних значений первичной заболеваемости по всем классам болезней на городских и сельских территориях Иркутской области (табл. 1). Максимальные значения указанного показателя отмечены в отношении: городских территорий – г. Усть-Илимск, г. Иркутск, Черемховское ГМО, г. Братск, г. Усолье-Сибирское, Зиминское ГМО; сельских территорий – Чунский, Катангский, Черемховский, Усть-Илимский, Куйтунский, Нижнеилимский, Шелеховский районы. Минимальные значения анализируемого показателя установлены для сельских районов – Заларинского, Качугского, Баяндаевского, Зиминского, Усть-Удинского, Эхирит-Булагатского.

Динамические колебания первичной заболеваемости подростков в период ис-

следования описываются уравнениями полиномиальной регрессии (табл. 1). Оценка динамики показателей согласно значению коэффициента детерминации аппроксимации (R^2) показывает, что колебания распространенности первичной заболеваемости подростков городских территорий по шкале Чеддока относятся: к слабым – в Ангарском и Зиминском ГМО; умеренным – в г. Братске и Черемховском ГМО; заметным – в г. Усолье-Сибирское, г. Иркутске; высоким – в г. Усть-Илимске. Коэффициент детерминации аппроксимации (R^2) первичной заболеваемости подростков сельских территорий подтверждает, что изменения уровня распространенности анализируемого показателя являются: слабыми – в Зиминском, Киренском, Чунском, Мамско-Чуйском, Казачинско-Ленском, Баяндаевском, Усть-Кутском районах; умеренными – в Боханском, Усть-Илимском, Ольхонском, Усольском, Балаганском, Бодайбинском, Жигаловском, Катангском районах; заметными – в Усть-Удинском, Эхирит-Булагатском, Тулунском, Иркутском, Слюдянском, Качугском, Братском, Осинском районах; высокими – Нижнеудинском, Шелеховском, Тайшетском, Нижнеилимском, Черемховском, Заларинском и Куйтунском районах. Прогноз на ближайшие 5 лет согласно уравнениям регрессии свидетельствует о незначительном росте показателей общей заболеваемости.

Многомерный формат показателей первичной заболеваемости подростков, проживающих на городских и сельских территориях Иркутской области, обусловил необходимость проведения иерархического кластерного анализа. С помощью Ward's Method выделено 4 кластера. Состав и наполнение кластеров представлены в табл. 2.

Таблица 1

Характеристика уровня и динамических изменений первичной заболеваемости подростков

Территории	Среднее значение первичной заболеваемости по всем классам болезней, на 100 тыс. населения	Уравнение полиномиальной регрессии	Коэффициент детерминации аппроксимации R^2
ГОРОДСКИЕ ТЕРРИТОРИИ			
г. Иркутск	152833,7	$y = -1836,3x^2 + 20406x + 111298$	$R^2 = 0,61$
г. Братск	148414,6	$y = -1327,2x^2 + 14732x + 118483$	$R^2 = 0,35$
г. Усолье-Сибирское	143231,1	$y = -1735,8x^2 + 21144x + 93768$	$R^2 = 0,65$
г. Усть-Илимск	163169,3	$y = 1996,6x^2 - 24642x + 221834$	$R^2 = 0,75$
Ангарское ГМО	89232,6	$y = -352,94x^2 + 2443,4x + 89382$	$R^2 = 0,15$
Зиминское ГМО	141894,2	$y = -1989,9x^2 + 22524x + 94622$	$R^2 = 0,17$
Черемховское ГМО	149653,7	$y = -1434,2x^2 + 15414x + 120093$	$R^2 = 0,36$

Окончание табл. 1

Территории	Среднее значение первичной заболеваемости по всем классам болезней, на 100 тыс. населения	Уравнение полиномиальной регрессии	Коэффициент детерминации аппроксимации R^2
СЕЛЬСКИЕ РАЙОНЫ			
Балаганский район	78081,5	$y = -247,27x^2 + 15043x$	$R^2 = 0,42$
Баяндаевский район	62 183,7	$y = 255,18x^2 - 718,52x + 56311$	$R^2 = 0,24$
Бодайбинский район	112170,2	$y = -2055,6x^2 + 34080x$	$R^2 = 0,45$
Боханский район	94064,1	$y = -1165x^2 + 18488x + 37232$	$R^2 = 0,35$
Братский район	113951,7	$y = 921,11x^2 - 5564,5x + 109093$	$R^2 = 0,67$
Жигаловский район	82146,2	$y = 190,93x^2 + 6063,4x + 41446$	$R^2 = 0,45$
Заларинский район	42095,8	$y = 368,69x^2 + 2113,1x + 16279$	$R^2 = 0,76$
Зиминский район	62216,7	$y = 302,49x^2 - 2071,2x + 61962$	$R^2 = 0,12$
Иркутский район	84431,9	$y = 193,53x^2 + 762,39x + 72788$	$R^2 = 0,61$
Казачинско-Ленский район	101765,1	$y = -840,65x^2 + 11545x + 70632$	$R^2 = 0,15$
Катангский район	215390,7	$y = 190,93x^2 + 6063,4x + 41446$	$R^2 = 0,45$
Качугский район	50517,9	$y = 611,72x^2 - 2537,7x + 40924$	$R^2 = 0,66$
Киренский район	82343,6	$y = 339,73x^2 - 2755x + 84417$	$R^2 = 0,12$
Куйтунский район	155903,6	$y = 617,48x^2 + 7516,8x + 90788$	$R^2 = 0,75$
Мамско-Чуйский район	81329,6	$y = -357,29x^2 + 6274,2x + 60577$	$R^2 = 0,14$
Нижнеилимский район	154799,6	$y = -892,31x^2 + 17767x + 91433$	$R^2 = 0,80$
Нижнеудинский район	115298,9	$y = -2075,7x^2 + 29992x + 30259$	$R^2 = 0,88$
Ольхонский район	131768,3	$y = -2575,9x^2 + 35255x + 37040$	$R^2 = 0,36$
Осинский район	92236,5	$y = -2586,9x^2 + 26753x + 44693$	$R^2 = 0,68$
Слюдянский район	108251,3	$y = -1116,1x^2 + 20691x + 37421$	$R^2 = 0,64$
Тайшетский район	126403,1	$y = -608,12x^2 + 16650x + 58240$	$R^2 = 0,83$
Тулунский район	98465,6	$y = 1776,8x^2 - 9591,5x + 82812$	$R^2 = 0,58$
Усольский район	108345,9	$y = -950,29x^2 + 15775x + 58169$	$R^2 = 0,38$
Усть-Илимский район	161276,8	$y = 65,993x^2 + 3321,8x + 136551$	$R^2 = 0,35$
Усть-Кутский район	105935,7	$y = -682,73x^2 + 4328x + 108417$	$R^2 = 0,25$
Усть-Удинский район	65010,0	$y = 419,62x^2 + 1450,2x + 40879$	$R^2 = 0,55$
Черемховский район	185254,6	$y = 1399,7x^2 + 3421,7x + 112548$	$R^2 = 0,79$
Чунский район	202377,7	$y = 5285x^2 - 74947x + 411115$	$R^2 = 0,13$
Шелеховский район	154856,7	$y = -1384x^2 + 21644x + 89097$	$R^2 = 0,87$
Эхирит-Булагатский район	66174,7	$y = 3538,5x^2 - 36262x + 129385$	$R^2 = 0,56$

С помощью дисперсионного анализа (F-критерий Фишера) проведена проверка наличия различий между выделенными кластерами. Результаты представлены в табл. 3. Статистически значимые различия между кластерами установлены по классам болезней: органов дыхания; костно-мышечной системы и соединительной ткани; глаза и его придаточного аппарата; органов пищеварения; мочеполовой системы и другим.

В связи с изложенным представляет интерес интерпретация визуального анализа рисунка. Как видно из представленных графиков, основными критериями классификации кластеров являются классы болезней органов дыхания и травмы, отравления

и некоторые другие последствия воздействия внешних причин. Наиболее значимым статистическим критерием классификации является итоговый показатель первичной заболеваемости. Различия по другим классам болезней невелики.

Последующая кластеризация методом k-средних позволила определить квалификационные характеристики каждого кластера (табл. 4). Высокий уровень первичной заболеваемости подростков по изучаемым классам отмечен на территориях Иркутской области, входящих в 1 кластер, средний – на территориях 2 и 3 кластеров, низкий – на территориях 4 кластера. В выделенных кластерах по частоте первичной заболеваемости

мости преобладает класс болезней органов дыхания. Также достаточно высокие уровни первичной заболеваемости отмечены по классам болезней: органов пищеварения;

мочеполовой системы; костно-мышечной системы и соединительной ткани; глаза и его придаточного аппарата; эндокринной системы.

Таблица 2

Состав и наполнение кластеров по первичной заболеваемости подростков Иркутской области

№ кластера	Наполнение кластера, ед.	Состав кластера
1	5	Катангский район, Усть-Илимский район, Черемховский район, Чунский район, г. Свирск
2	13	г. Иркутск, г. Ангарск, г. Братск, г. Зима, г. Усолье-Сибирское, г. Усть-Илимск, г. Черемхово, Куйтунский район, Нижнеилимский район, Ольхонский район, Тайшетский район, Шелеховский район, Аларский район
3	15	г. Саянск, Бодайбинский район, Ангарский район, Братский район, Жигаловский район, Иркутский район, Казачинско-Ленский район, Киренский район, Мамско-Чуйский район, Нижнеудинский район, Тулунский район, Усть-Кутский район, г. Тулун, Боханский район, Осинский район
4	10	Слюдянский район, Усольский район, Балаганский район, Усть-Илимский район, Заларинский район, Зиминский район, Качугский район, Усть-Удинский район, Баяндаевский район, Нукутский район, Эхирит-Булагатский район

Таблица 3

Уровень значимости различий между кластерами по показателям первичной заболеваемости подростков Иркутской области

Классы болезней по МКБ-10		F	p-уровень
I	Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	1,7065	0,1819
II	Новообразования	2,2726	0,0957
III	Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм	0,9761	0,4141
IV	Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	5,4275	0,0033
V	Психические расстройства и расстройства поведения	0,2224	0,8802
VI	Болезни нервной системы	5,0176	0,0049
VII	Болезни глаза и его придаточного аппарата	7,8751	0,0003
VIII	Болезни уха и сосцевидного отростка	4,4947	0,0085
IX	Болезни системы кровообращения	5,5210	0,0030
X	Болезни органов дыхания	40,1955	0,0000
XI	Болезни органов пищеварения	6,1045	0,0017
XII	Болезни кожи и подкожной клетчатки	5,9746	0,0019
XIII	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	8,8815	0,0001
XIV	Болезни мочеполовой системы	7,1672	0,0006
XV	Беременность, роды и послеродовой период	0,6167	0,6084
XVII	Врожденные аномалии [пороки развития], деформации и хромосомные нарушения	1,0031	0,4020
XVIII	Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках	6,9256	0,0007
XIX	Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	4,6318	0,0074
Всего		144,3948	0,0000

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые критерии классификации – классы болезней.

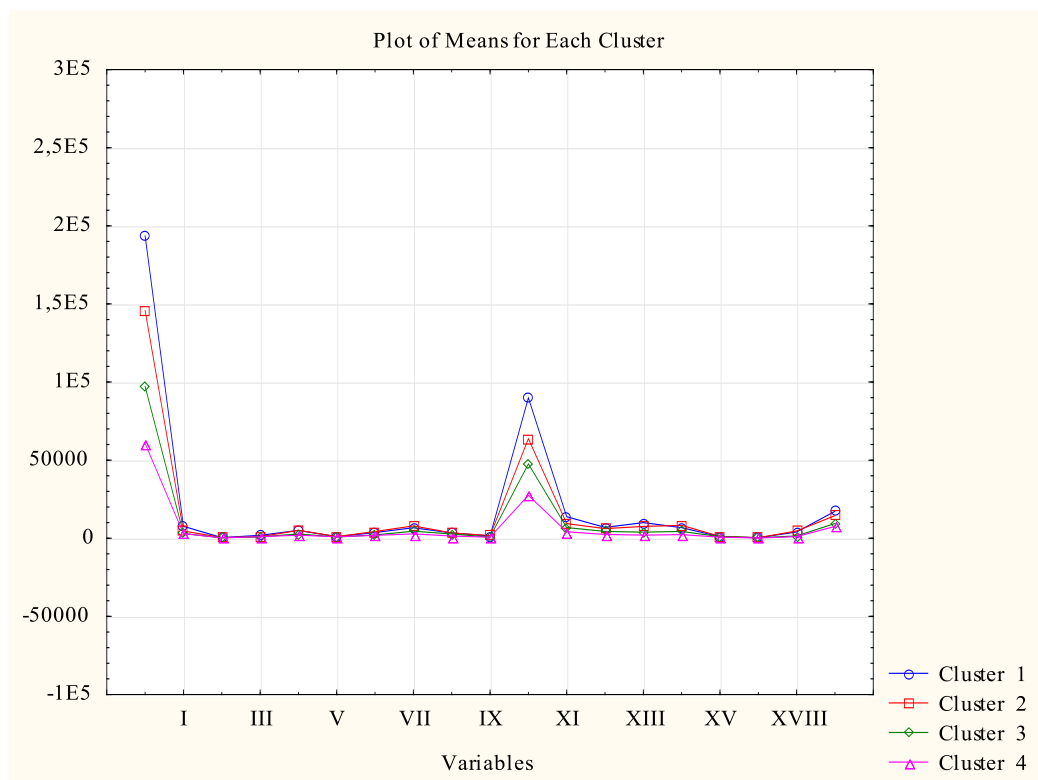


График средних значений первичной заболеваемости подростков Иркутской области по классам МКБ-10 в кластерах. Обозначения делений: 1 – первичная заболеваемость; 2 – I класс болезней; 3 – II класс болезней; 4 – III класс болезней; 5 – IV класс болезней; 6 – VII класс болезней; 7 – VIII класс болезней; 8 – IX класс болезней; 9 – X класс болезней; 10 – XI класс болезней; 11 – XII класс болезней; 12 – XIII класс болезней; 13 – XIV класс болезней; 14 – XV класс болезней; 15 – XVII класс болезней; 16 – XVIII класс болезней; 17 – XIX класс болезней

Таблица 4
Средние значения частоты первичной заболеваемости подростков Иркутской области в разрезе кластеров (на 1000 населения 15–17 лет)

Классы болезней по МКБ-10	частота первичной заболеваемости			
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
I	77,1 ± 11,4	46,9 ± 6,1 ^{*1-2}	30,5 ± 5,8 ^{***1-3}	30,0 ± 5,8 ^{***1-4}
II	4,9 ± 1,1	5,6 ± 2,3	2,9 ± 0,8	3,3 ± 0,9
III	19,2 ± 7,4	10,2 ± 3,9	9,4 ± 5,7	10,4 ± 4,9
IV	50,9 ± 12,8	51,6 ± 16,9	27,5 ± 13,1	20,4 ± 10,6
V	9,9 ± 4,7	11,9 ± 5,1	8,8 ± 4,4	9,6 ± 4,6
VI	37,4 ± 13,0	43,8 ± 15,6	21,9 ± 10,9	19,2 ± 9,0
VII	67,7 ± 11,9 ^{*1-4}	79,9 ± 12,0	45,7 ± 10,3 ^{**2-3}	28,2 ± 8,4 ^{***2-4}
VIII	34,5 ± 4,5	34,4 ± 4,0	27,6 ± 3,9	14,3 ± 2,8 ^{***1-4; 2-4}
IX	15,5 ± 3,2	17,4 ± 3,6	7,8 ± 2,1 ^{*1-3; 2-3}	6,7 ± 1,9 ^{**1-4; 2-4}
X	898,9 ± 90,7	637,6 ± 76,8	476,3 ± 72,8 ^{***1-3}	275,3 ± 50,3 ^{***1-4; 2-4}
XI	138,0 ± 21,3	94,2 ± 17,9	69,4 ± 9,5 ^{***1-3}	41,8 ± 8,8 ^{**1-4; 2-4}
XII	69,7 ± 9,9	62,1 ± 9,7	44,2 ± 8,2 ^{*1-3}	24,5 ± 3,7 ^{***1-4; 2-4}

Окончание табл. 4

Классы болезней по МКБ-10	частота первичной заболеваемости			
	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
XIII	100,4 ± 23,7	76,6 ± 15,8	39,3 ± 7,7 ***1-3; 2-3	20,5 ± 6,8 ***1-4; 2-4
XIV	68,3 ± 7,1	83,4 ± 8,5	44,1 ± 6,5 *1-4 ***2-4	23,8 ± 4,2 ***1-4; 2-4 *3-4
XVII	4,2 ± 1,3	4,0 ± 1,6	3,1 ± 1,4	2,8 ± 1,1
XVIII	40,5 ± 3,7	46,9 ± 4,4	15,5 ± 2,7 ***1-3; 2-3	11,0 ± 1,2 ***1-4; 2-4
XIX	172,8 ± 17,0	144,9 ± 15,4	94,4 ± 12,5 ***1-3 *2-3	76,3 ± 10,9 ***1-4; 2-4
Всего	1936,1 ± 142,3	1457,2 ± 109,5	972,2 ± 93,1 ***1-3; 2-3	607,3 ± 77,3 ***1-4; 2-4 ***3-4

Примечание. Различия между частотой первичной заболеваемости в кластерах статистически достоверны при: *p = 0,05; ** p = 0,01; ****p = 0,001.

Результаты проведенных исследований согласуются с данными [1, 4, 5], подтверждающими, что патология органов дыхания преобладает в структуре заболеваемости у детей и подростков на территории РФ. Обращает внимание, что по сравнению с сельскими подростками у городских ровесников чаще отмечены болезни органа зрения, эндокринной и мочеполовой систем, нервной системы и психические расстройства. К специфическим чертам заболеваемости сельских подростков относится доминирование заболеваний органов пищеварения, болезней крови, кожи и подкожной клетчатки. Наши данные отличаются от результатов А.В. Доронцева с соавторами, свидетельствующих о том, что заболеваемость городских детей и подростков превышает аналогичные показатели у сельских ровесников практически по всем классам болезней [6].

Выводы

1. Выявлен рост первичной заболеваемости подростков на территориях промышленных центров и близко расположенных к ним сельских районов.

2. К критериям классификации кластеров относятся классы: болезней органов дыхания и травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин.

3. Структура первичной заболеваемости выделенных кластеров представлена классами болезней: органов дыхания; пищеварения; мочеполовой системы; костно-мышечной системы и соединительной ткани; глаза и его придаточного аппарата; эндокринной системы.

Список литературы

1. Анаева Л.А., Жетишев Р.А. Заболеваемость подростков Кабардино-Балкарской Республики // Фундаментальные исследования. 2015. № 1–4. С. 679–683.
2. Широкова В.И., Царегородцев А.Д., Кобринский Б.А., Воропаева Я.В. Мониторинг диспансеризации детского населения: состояние и задачи по повышению его эффективности // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2009. № 4. С. 4–10.
3. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н., Байбарина Е.Н., Чумакова О.В., Устинова Н.В., Антонова Е.В. Оценка качества проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних // Вестник Росздравнадзора. 2016. № 3. С. 49–54.
4. Атамбаева Р.М., Мингазова Э.Н. Основные особенности заболеваемости детей и подростков Кыргызской республики // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1 [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19173> (дата обращения: 30.11.2018).
5. Кулакова Е.В., Богомолова Е.С., Бадеева Т.В., Кузмищев Ю.Г. Заболеваемость детей школьного возраста по данным обращаемости в условиях крупного города // Медицинский альманах. 2015. № 2 (37). С. 74–76.
6. Доронцев А.В., Козлятников О.А. Характеристика и структура заболеваемости различного контингента школьников Астраханской области // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2014. № 11 (117). С. 46–49.

УДК 616.98

ЭФФЕКТИВНАЯ КЛЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ АНТИГЕНОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ МЕЛИОИДОЗА

^{1,2}Пименова Е.В., ^{1,2}Храпова Н.П.¹ФКУЗ «Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,
Волгоград, e-mail: vari2@sprint-v.com.ru;²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград, e-mail: post@volgmed.ru

Статья посвящена рассмотрению подбора эффективной клеточной модели для оценки цитотоксичности антигенов возбудителя мелиоидоза. В работе были использованы перевиваемые клеточные линии: CHO-K1 – овариальные клетки китайского хомячка, L929 – мышинные фибробласты и Hela S3 – клетки эпителиоидной карциномы шейки матки человека. В качестве цитотоксического агента были выбраны восемь образцов водно-солевых экстрактов (ВСЭ) из обеззараженных ацетоном клеток возбудителя микроорганизма II группы патогенности возбудителя мелиоидоза (*Burkholderia pseudomallei*, штаммы 57576, 56770, 51274, 59361, 110, 100, 60913, 56738). В рамках исследования по оценке цитотоксичности антигенов возбудителя мелиоидоза *in vitro* установлено, что наиболее выраженной токсичностью обладали образцы антигенов *B. pseudomallei* штаммов 100, 57576, 51274, 59361 в отношении клеточных линий CHO-K1 и L929. Использование клеток эпителиоидной карциномы шейки матки человека HeLa S3 возможно только в ограниченном объеме в первые дни эксперимента, так как при работе с ними затруднена стандартизация условий проведения опытов и их воспроизводимость. Наиболее эффективной клеточной моделью являются монослойные клеточные линии мышинных фибробластов L929 и овариальные клетки китайского хомячка CHO-K1.

Ключевые слова: культура клеток, перевиваемые клеточные линии, *Burkholderia pseudomallei*, цитотоксичность, тест *in vitro*

EFFECTIVE CELL MODEL FOR CYTOTOXICITY EVALUATION OF MELIOIDOSIS ANTIGENS

^{1,2}Pimenova E.V., ^{1,2}Khrapova N.P.¹Volgograd Plague Control Research Institute, Volgograd, e-mail: vari2@sprint-v.com.ru;²Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: post@volgmed.ru

The article aims to consider an effective cell model to assess the cytotoxicity of melioidosis antigens. The following continuous cell lines were used in the study: CHO-K1-chinese hamster ovarian cells, L929 – mouse fibroblasts, and Hela S3-human cervical epithelioid carcinoma cells. For the comparative analysis of human and animal continuous cell lines, eight samples of water-salt extracts (WSE) from acetone-disinfected cells of microorganism II group of pathogenicity – causative agent of melioidosis, *B. pseudomallei*, strains 57576, 56770, 51274, 59361, 110, 100, 60913, 56738 were used in the microcytotoxicity test. As part of the study to assess the cytotoxicity of melioidosis antigens *in vitro*, it was found that the most effective model is the monolayer cell lines of mouse fibroblasts L929 and ovarian cells of the chinese hamster CHO-K1. The use of cells of the epithelioid carcinoma of the cervix of the human HeLa S3 as targets is possible only in a limited volume in the first three days of the experiment, since the standardization of the experimental conditions and their reproducibility is difficult when working with them.

Keywords: cell culture, continuous cell lines, *Burkholderia pseudomallei*, cytotoxicity, *in vitro* test

Всемирная Организация Здравоохранения и международное медико-биологическое общество рекомендует использовать альтернативные методы и модели, такие как, например, применение перевиваемых клеточных культур, взамен общепринятых тестов на лабораторных животных [1]. Это связано прежде всего с вопросами этического, экономического и разумного использования лабораторных животных в исследовательских целях, а также потому, что эксперименты с использованием животных трудоемки, длительны и не всегда воспроизводимы. При изучении оценки потенциально токсичных биополимеров важную

роль отводят коллекционным клеткам-мишеням. С 1999 г. в нашей стране действует Государственный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 10993.5-99, один из разделов которого (часть 5 «Исследования на цитотоксичность: методы *in vitro*») посвящен чрезвычайно важным вопросам, в частности апробации в эксперименте компонентов потенциальных химических вакцин, обязательно проверяемых на наличие в их составе биополимеров, повреждающих клетки тканей макроорганизма [2–4].

Использование стандартных клеточных линий с известными свойствами обеспечивает возможность их применения для

качественной и количественной оценки в относительно короткий промежуток времени, а также возможность прижизненного наблюдения и оценки результатов взаимодействия компонентов сложных комплексов с клетками-мишенями по изменению морфофункциональных параметров клеток под действием потенциально токсических биополимеров. В связи с вышеизложенным, коллектив авторов посчитал целесообразным определить воспроизводимую и чувствительную клеточную модель для изучения патогенности возбудителя мелиоидоза взамен общепринятых тестов на лабораторных животных [5, 6].

Цель исследования: установить эффективную клеточную модель для оценки цитотоксичности антигенов возбудителя мелиоидоза.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели были использованы перевиваемые клеточные линии животного и человеческого происхождения, полученные из Российской коллекции клеточных культур позвоночных института цитологии РАН (г. С.-Петербург): СНО-K1 – овариальные клетки китайского хомячка, клон линии СНО, L929 – клетки подкожной соединительной ткани мыши С3Н/An, HeLa S3 – клетки эпителиоидной карциномы шейки матки человека, сублинии HeLa.

Культуры клеток постоянно сохраняли в криоконсервированном состоянии в биохранилище с жидким азотом при -196°C . После вывода клеточной линии из криоконсервированного состояния жизнеспособность клеток составила не менее 96 %.

Клеточные линии культивировали в полусинтетической питательной среде DMEM (ГУП по производству бактериальных и вирусных препаратов института полиомиелита и вирусных энцефалитов им. М.П. Чумакова РАМН, Россия). Для тиражирования популяции клеток готовили полную среду: основная среда DMEM с 10% эмбриональной телячьей сыворотки (ф. HyClone, Германия), 2 mM L-глутамин, 4 mM пирувата натрия, комплекса аминокислот, NEPER 5 mM, с pH 7,1–7,2 среды. Для снятия клеточных линий с поверхности пластика применяли стандартные растворы 0,25%-ный р-р трипсина и 0,02%-ный р-р версена (вышеназванного производителя) в соотношении 1:2. Пересев монослойных клеточных линий СНО-K1, L929 осуществляли 2 раза в неделю. Во избежание контаминации все процедуры проводили в стерильных условиях.

Культивирование популяции осуществляли в пластиковой посуде фирмы Costar (Multiple well plates) в CO_2 -инкубаторе при температуре $+37^{\circ}\text{C}$, в атмосфере 5–7% CO_2 и 70% влажности. В 24-л пластины с площадью лунок $1,9\text{ см}^2$ высевали перевиваемые клеточные линии животного происхождения (СНО-K1, L929) в концентрации $1,6 \times 10^5$ клеток в каждую лунку в объеме 0,5 мл среды. Посевная концентрация была выбрана с целью формирования сплошного монослоя, во избежание ошибочной интерпретации результатов при воздействии токсического эффекта биополимеров на клетки-мишени. Для культуры клеток HeLa S3 использовали 48-луночные

пластины, концентрация клеток в каждую лунку составила $0,5 \cdot 10^5$ клеток в объеме 0,25 мл среды.

Для сравнительной характеристики перевиваемых клеточных линий различного происхождения в тесте микроцитотоксичности были использованы восемь образцов водорастворимых антигенов, приготовленных из ультразвуковых дезинтеграторов различных штаммов возбудителя мелиоидоза из обеззараженных ацетоном клеток возбудителя микроорганизма II группы патогенности возбудителя мелиоидоза (*B. pseudomallei*, штаммы 57576, 56770, 51274, 59361, 110, 100, 60913, 56738). Антигенные препараты отличаются друг от друга по углеводному и белковому составу, а также по LD50 для лабораторных животных.

В опытные лунки с культурами клеток L929, СНО-K1 и HeLa S3 через сутки, добавляли образцы ВСЭ *B. pseudomallei* штаммы 57576, 56770, 51274, 59361, 110, 100, 60913, 56738 в дозировке 40 мкл в каждую лунку, что соответствовало по полисахаридной нагрузке 0,3 мг (день внесения антигенов в лунки считали 0). В качестве контроля на каждой пластине присутствовали лунки с интактной культурой. Срок наблюдения составлял трое суток. В течение всего срока эксперимента ежедневно производили качественную и количественную оценку результатов, оценивая морфологию и функциональное состояние индикаторных культур. Количественную оценку и жизнеспособность клеток-мишеней оценивали с помощью теста прижизненной окраски трипановым синим (0,4%). В соответствии с ГОСТ Р ИСО 10993.5–99 все серии экспериментов проводили с шестью повторами для каждой серии опыта [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Период адаптации индикаторных культур к подобранным условиям культивирования после выведения из криоконсервированного состояния составил две недели. Клетки-мишени восстанавливали пролиферативную активность на уровне паспортных данных, что позволило проводить масштабирование популяций в объемах, необходимых для выполнения дальнейших экспериментов. Установлено, что монослой клеточных линий формировался через сутки после высева клеток в пластину для культивирования.

Скрининг ВСЭ антигенов возбудителя мелиоидоза показал, что образцы ВСЭ *B. pseudomallei* штаммов 100, 57576, 51274, 59361 оказали максимально выраженный цитотоксический эффект при контакте с индикаторными культурами СНО-K1 и L929, в то время как ВСЭ *B. pseudomallei* штаммов 56770, 110, 56738, 60913 проявили различную степень цитотоксичности и цитопатогенности в отношении монослойных клеточных линий. Выраженной токсичностью обладали образцы антигенов *B. pseudomallei* штаммов 100, 57576, 51274, 59361 в отношении клеточных линий СНО-K1 и L929, ниже приведены графи-

ческие изображения относительных показателей числа жизнеспособных клеток в монослое клеточных культур при контакте с антигеном *B. pseudomallei* 57576 в течение всего срока эксперимента (рис. 1, 2). Через сутки у клеток отмечали изменения цитоплазмы в виде вакуолизации, зернистости, изменения ядра в форме лизиса, изменения формы клетки в виде набухания, округления, утончения или полного разрушения клетки, выявляемые при 100^x увеличении.

Множественный скрининг антигенов возбудителя мелиоидоза в тесте микроцитотоксичности на перевиваемой клеточной линии HeLa S3 показал, что водораствори-

мые антигены *B. pseudomallei* 100, 57576, 51274, 59361 обладали пролонгированным цитопатогенным эффектом, результаты регистрировали через трое суток контакта клеток-мишеней с этими антигенами. В качестве примера ниже приведены относительные показатели числа жизнеспособных клеток эпителиоидной карциномы шейки матки человека HeLa S3 с антигеном *B. pseudomallei* 57576 в течение всего срока эксперимента (рис. 3). В то же время каких-либо изменений в индикаторной культуре в присутствии водорастворимых антигенов *B. pseudomallei* 56770, 110, 60913, 56738 не было выявлено.

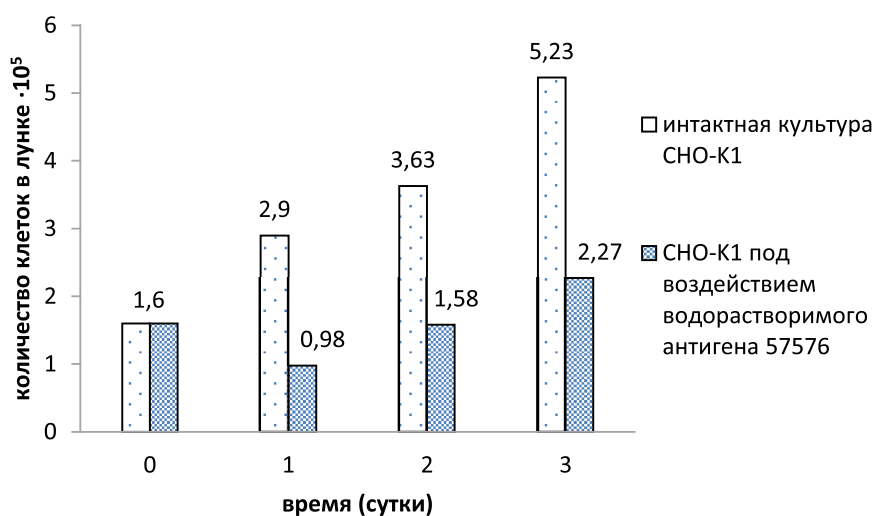


Рис. 1. Относительные показатели числа жизнеспособных клеток в монослое клеточной культуры CHO-K1 при контакте с водорастворимым антигеном *B. pseudomallei* 57576 в течение всего срока эксперимента

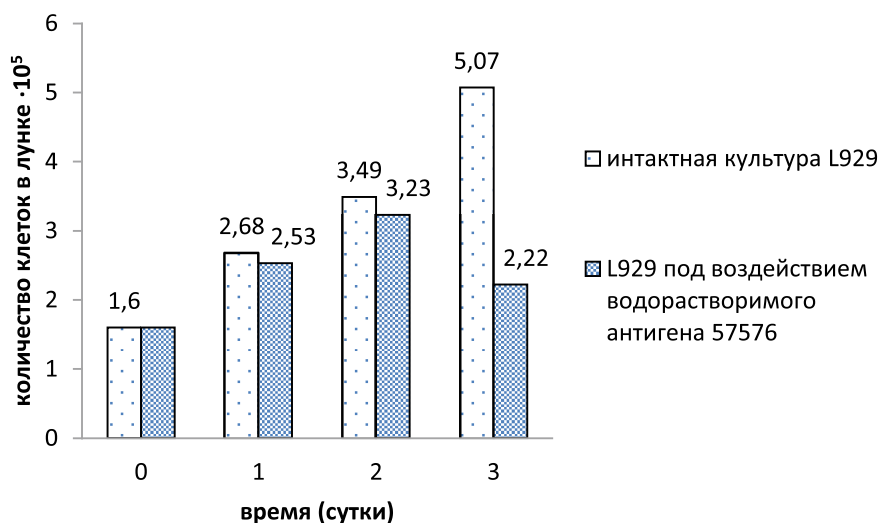


Рис. 2. Относительные показатели числа жизнеспособных клеток в монослое клеточной культуры L929 при контакте с водорастворимым антигеном *B. pseudomallei* 57576 в течение всего срока эксперимента

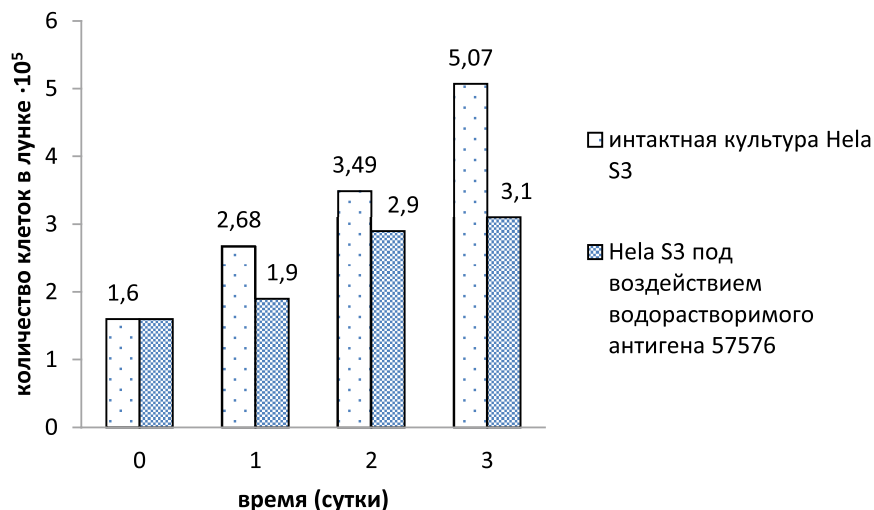


Рис. 3. Относительные показатели числа жизнеспособных клеток эпителиоидной карциномы шейки матки человека HeLa S3 с водорастворимым антигеном *B. pseudomallei* 57576 в течение всего срока эксперимента

Заключение

Таким образом, установлено, что чувствительность трех апробированных клеточных линий в отношении восьми вариантов антигенов *B. pseudomallei* колебалась в диапазоне от резко выраженного токсического воздействия до минимальных цитопатогенных изменений, проявляющихся в виде морфологических изменений на клетках-мишенях.

Использование клеточной линии эпителиоидной карциномы шейки матки человека HeLa S3 в качестве индикаторной культуры в тесте микроцитотоксичности возможно при изучении цитотоксических и цитопатогенных свойств возбудителя мелиоидоза в первые сутки эксперимента, это связано прежде всего с высокими темпами пролиферации клеток культуры сублинии HeLa.

Сравнительное исследование эффектов цитотоксичности и цитопатогенности в отношении индикаторных линий свидетельствовало о том, что клетки линии СНО-К1 обладали относительно высокой чувствительностью в отношении антигенов возбудителя мелиоидоза, что делает ее эф-

фективной клеточной моделью для оценки цитотоксичности антигенных комплексов возбудителя мелиоидоза.

Список литературы

1. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях / Под ред. Н.Н. Каркищенко, С.В. Грачева. М., 2010. 344 с.
2. ГОСТ Р ИСО 10993.5-99 Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. М.: Госстандарт, 1999. 12 с.
3. Дмитруха Н.Н. Культура клеток как *in vitro* модель в токсикологических исследованиях // Medix Anti-Aging. 2013. № 3 (33). С. 50–55.
4. Романова М.А., Додонова А.Ш. Изучение цитотоксичности биологически активных соединений на культуре клеток // Молодой ученый. 2016. № 18. С. 110–114.
5. Храпова Н.П., Корсакова И.И., Ломова Л.В., Напалкова Г.М., Давыдова Н.В., Чупрына Н.А., Ободова М.А., Дрефс Н.М. Способ определения предельно допустимой антигенной нагрузки, стимулирующей продукцию гуморальных антител // Патент РФ № 2371196. Патентообладатель Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора. 2008.
6. Сенина Т.В., Илюхин В.И., Шубникова Е.В. Способ подбора высокоактивного антибактериального средства для лечения заболеваний, вызываемых патогенными буркхольдериями // Патент РФ № 2404252. Патентообладатель Волгоградский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора. 2009.

УДК 611:616-055:572.541.1

КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРОВОГО КОМПОНЕНТА ТЕЛА ДЕВУШЕК И ЖЕНЩИН ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА

¹Сакибаев К.Ш., ¹Белов Г.В., ²Джаналиев Б.Р., ¹Нуруев М.К., ¹Козуев К.Б.,
¹Пирматова А.К., ¹Ташматова Н.М.

¹Ошский государственный университет Министерства образования и науки
Кыргызской Республики, Ош, e-mail: 2sksh@rambler.ru;

²Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Бишкек, e-mail: k_patan@list.ru

Целью работы явилось выявление количественных данных об абсолютном и относительном содержании жирового компонента тела у девушек и женщин зрелого возраста разной конституции. Методом комплексной антропометрии и соматотипирования обследовали физический статус у 580 девушек и женщин 1-го и 2-го периодов зрелого возраста, этнических киргизок, проживающих в г. Ош и его окрестностях (Кыргызстан). Для оценки содержания жирового компонента тела прибегли к методу биоимпедансометрии с использованием прибора «АБС-01 Медасс». Посредством программ Microsoft Excel, пакета STATISTICA (v. 6.0) были обработаны все статистические данные, полученные в результате проведенной работы. В изученной нами выборке женщины лептосомной конституциональной группы составили 20%, мезосомной – 32%, мегалосомной – 33% и 15% составили женщины неопределенной группы. Примечательны показатели процентного содержания жирового компонента. Так, у девушек лептосомной группы эти значения выше, чем у девушек с мезосомной конституцией, в 1,8 раза ($p < 0,05$), мегалосомной – и в 1,6 раза ($p < 0,05$), по сравнению с девушками из мегалосомной группы, но при этом в 1,7 раза ($p < 0,05$) ниже показателей в неопределенной группе. У женщин 1-го периода зрелого возраста лептосомной конституции процентное содержание жирового компонента ниже в 2,1 раза ($p < 0,05$) показателей женщин с мезосомной, в 1,8 раза ($p < 0,05$ с мегалосомной и в 1,9 раза ($p < 0,05$) с неопределенной конституцией. Этот показатель в 1,8 раза ($p < 0,05$) меньше у представительниц мезосомной, мегалосомной и неопределенной групп у женщин 2-го периода зрелого возраста лептосомной конституции. Значения персонального минимума и персонального максимума абсолютного и процентного содержания жирового компонента у женщин 2-го периода зрелого возраста в основном больше, чем у девушек. Представленные цифровые материалы указывают на наличие существенных конституциональных и возрастных особенностей жирового компонента тела (как абсолютного, так и относительного значений этого показателя), что может быть важным для практической и теоретической медицины.

Ключевые слова: соматотип, девушки и женщины зрелого возраста, антропометрия, биоимпедансометрия, состав тела, жировой компонент

CONSTITUTIONAL AND AGE FEATURES OF THE CONTENT OF THE FAT COMPONENT OF THE BODY OF GIRLS AND WOMEN OF MATURE AGE

¹Sakibaev K.Sh., ¹Belov G.V., ²Dzhanaliev B.R., ¹Nuruev M.K., ¹Kozuev K.B.,
¹Pirmatova A.K., ¹Tashmatova N.M.

¹Osh State University of the Ministry of Education and Science of the Kyrgyz Republic,
Osh, e-mail: 2sksh@rambler.ru;

²Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, Bishkek, e-mail: k_patan@list.ru

The aim of the work was to identify quantitative data on the absolute and relative fatty component of the body in girls and adult female of different constitutions. The method of complex anthropometry and somatotyping examined the physical status of 580 girls and women of the 1st and 2nd periods of mature age, ethnic Kyrgyz living in Osh and its suburbs surroundings (Kyrgyzstan). The content of the fatty component of the body was evaluated by bio-impedancemetry using the device «ABS-01 Medass». Statistical data processing was performed using the statistical software Microsoft Excel and the STATISTICA package (v. 6.0). In the sample we studied, women from the leptosome constitutional group accounted for 20%, mesosomal – 32%, megalosomic – 33% and undetermined – 15%. The percentage of the fatty component in the girls of the leptosomic constitution is 1.8 times higher (than in the mesosomal group ($p < 0.05$), the megalosomic group – 1.6 times ($p < 0.05$), with an indeterminate constitution – in 1.7 times less ($p < 0.05$). In women of the 1st period of mature age of the leptosomic constitution, the percentage of fatty component is 2.1 times less than in women of the mesosomal group ($p < 0.05$), megalosomic – 1.8 times ($p < 0.05$), unspecified constitution – 1.9 times ($p < 0.05$). In women of the 2nd period of mature age of the leptosomic constitution, this indicator in women of the mesosomal, megalosomic and indefinite groups is 1.8 times less ($p < 0.05$). The personal minimum and maximum of the absolute and percentage content of the fat component in women of the 2nd period of mature age, mostly more than girls. The presented digital materials indicate the presence of significant constitutional and age characteristics of the fat component of the body (both absolute and relative values of this indicator), which may be important for practical and theoretical medicine.

Keywords: somatotype, girls and women of mature age, anthropometry, bio-impedancemetry, body composition, fat component

Контроль за сохранением здоровья здорового и больного человека, что нужно нуждается в разработке новых подходов для сохранения и поддержания адаптаци- к оценке физического и пищевого статусов онного потенциала, внедрения в практику

здоровьесберегающих технологий [1–3]. Важным аспектом такого подхода является оценка компонентного состава тела, в том числе и его жирового компонента [4, 5]. Методы и технологии оценки компонентного состава тела, аппаратное обеспечение этой деятельности постоянно совершенствуются. В настоящее время осуществлен переход от определения компонентного состава с помощью традиционных формул к внедренному биоимпедансному методу. Однако оценка жировой составляющей тела нуждается в наличии количественных стандартов, которые имеют конституциональную, этническую, возрастную и гендерную специфику [6, 7]. Пожалуй, наиболее значимой оценка компонентного состава тела может быть признана при диагностике и лечении алиментарного ожирения и остеопороза [8]. Особенности жирового компонента тела у девушек и женщин киргизской национальности до сих пор не выяснены.

Цель работы заключается в получении количественных показателей по абсолютному и относительному содержанию жирового компонента тела у девушек и женщин зрелого возраста разной конституции.

Материалы и методы исследования

В работе был использован метод комплексной антропометрии, включающий оценку 21 антропометрического параметра, при помощи которого мы изучили физический статус у 580 девушек и женщин 1-го и 2-го периодов зрелого возраста, этнических киргизок, жительниц г. Ош и его окрестностей (Кыргызстан). Из выборки исключили случаи наличия заболеваний, способных влиять на формирование физического статуса (остеопороз, алиментарное ожирение, дегенеративно-дистрофические заболевания и т.д.). Выделение типов конституции у женщин осуществляли по схеме И.Б. Галанта – Б.А. Никитюка – В.П. Чтецова. Содержание жирового компонента

определяли методом биоимпедансометрии [9]. Морфометрическая обработка цифровых данных включала вычисление среднеарифметических показателей, их ошибок. Также оценивали величину индивидуальных минимума и максимума каждого показателя. Достоверность различий цифровых данных оценивали по методу Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании антропометрии были получены данные, позволяющие распределить изученную женскую популяцию в соответствии с принадлежностью индивидуумов к конкретной конституциональной группе. В частности, были получены данные, представленные в табл. 1.

По представленным данным женщины лептосомной конституциональной группы были идентифицированы в 208 случаях, мезосомной группы – в 330, мегалосомной – в 346 и неопределенной группы – в 144 случаях. Процентное представительство в группах показывает то, что количество (20%) женщин в лептосомной группе ниже в 1,6 раза ($p < 0,05$), чем в мезосомной, и в 1,7 раза ($p < 0,05$), чем в мегалосомной группе, но выше в 1,4 раза ($p < 0,05$), чем в неопределенной группе. Вместе с тем показатели индивидуальных минимума и максимума процентного состава женщин разных конституциональных групп у женщин лептосомной группы меньше, чем у женщин мезо- и мегалосомной групп, но больше, чем у женщин группы неопределенной конституции.

Итоги анализа показателей количества женщин в группах с разными конституциями в соответствии с возрастными особенностями (юношеский, 1-й и 2-й периоды зрелого возраста) представлены в табл. 2.

Таблица 1

Распределение женщин юношеского и зрелого возрастов по конституциональным группам (абс. значение показателя и его значение в % с min-max этого параметра)

Конституциональная группа	Значение показателя	
	Абсолютные цифры	в %, с min-max
лептосомная	208	$20 \pm 3,2$ 14–25
мезосомная	330	$32 \pm 0,1$ 29–35
мегалосомная	346	$33 \pm 0,1$ 29–38
неопределенная	144	$15 \pm 0,1$ 12–18

Примечание. За минимум и максимум в оценке относительных показателей встречаемости признака приняты его величины юношеского и зрелого возрастов (крайние значения показателей).

Таблица 2

Распределение женщин по конституциональным группам с учетом возраста (абс., в %)

Возраст	Число наблюдений	Конституциональная группа			
		лептосомная	мезосомная	мегалосомная	неопределенная
юношеский	310	76 (24%)	100 (32%)	92 (29%)	42 (15%)
1-й период зрелого возраста	308	70 (22%)	102 (33%)	98 (31%)	38 (14%)
2-й период зрелого возраста	410	62 (15%)	128 (31%)	156 (38%)	64 (16%)

По абсолютным значениям рассматриваемого признака в юношеском возрасте доминирует мезосомная конституциональная группа (100 наблюдений), девушек мегалосомной группы – 92, лептосомной – 76, и неопределенной конституциональной группы выявлено – 42. Среди женщин 1-го периода зрелого возраста максимальное число выявлено при мезосомии (102); мегалосомной группы – 98; лептосомной – 70 и неопределенной группы – 38 случаев. Среди женщин 2-го периода зрелого возраста наибольшее представительство отмечено для мегалосомной группы (156 наблюдений), к мезосомной группе относятся – 128 женщин, к лептосомной и неопределенной группам – примерно одинаковое число женщин (62 и 64).

Возрастные особенности представительства разных конституциональных групп у женщин состоят в том, что среди девушек (т.е. в юношеском возрасте) существует тенденция преобладания представительниц мезосомной и мегалосомной групп над женщинами из групп с лептосомной и неопределенной конституцией. Относительные показатели количества женщин мезосомной и мегалосомной групп представляются значительными, чем те же показатели в лептосомной группе и группе с неопределенной конституцией. В группе женщин второго периода зрелого возраста выявили тенденцию к большему представительству носительниц мегалосомной конституциональной группы, по сравнению с мезосомной группой, и, особенно, с лептосомной и неопределенной конституциональными группами. Мы сравнили процентное число представительниц каждой конституциональной группы в возрастном аспекте и выявили тенденцию, по которой, в сравнении с девушками, в первом периоде зрелости лептосомная группа выявляется реже в 1,1 раза и в 1,6 раза реже – во втором периоде зрелого возраста. По сравнению с девушками в 1,03 раза чаще отмечаются представительницы мезосомной группы в первом периоде зрелого возраста

и 1,04 раза реже в пожилом возрасте. Процентные показатели женщин мегалосомной группы, в сравнении с девушками, выше в 1,1 раза в первом периоде зрелого возраста и в 1,3 раза больше во втором периоде зрелого возраста. По сравнению с девушками относительное количество женщин группы с неопределенной конституцией меньше в 1,1 раза в первом периоде зрелого возраста и, напротив, в 1,2 раза больше во втором зрелом возрасте.

Таким образом, в изученной нами выборке женщины лептосомной конституциональной группы составили 20%, мезосомной – 32%, мегалосомной – 33% и неопределенной – 15%. Следует отметить, что по сравнению с девушками, в 1-м периоде зрелого возраста и далее во 2-м его периоде кардинальных изменений конституциональной принадлежности не происходит. Этот факт соответствует концепции Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова (1983) о том, что резкой смены конституции в постнатальном онтогенезе не происходит, а возможные относительно небольшие изменения носят модификационный характер.

Содержание жирового компонента тела, по нашим данным, в значительной степени зависит от конституции женщин (табл. 3).

По сравнению с абсолютным количеством жировой составляющей тела у девушек лептосомной конституции, его содержание у девушек мезосомной и неопределенной конституции преобладает в 2,1 раза ($p < 0,05$), мегалосомной конституции – в 3,2 раза ($p < 0,05$). У женщин 1-го периода зрелого возраста при лептосомии этот показатель меньше, чем у женщин мезосомной группы, в 2,3 раза ($p < 0,05$), мегалосомной – в 3,3 раза ($p < 0,05$) и неопределенной конституции – в 2,4 раза ($p < 0,05$). У женщин 2-го периода зрелого возраста лептосомной конституции данный параметр меньше, по сравнению с мезосомной группой, в 2,2 раза ($p < 0,05$), мегалосомной – в 3,6 раза ($p < 0,05$), неопределенной конституции – в 2,7 раза ($p < 0,05$). Процентное содержание жирового компо-

нента, по нашим данным, признак у девушек лептосомной конституции, больше, чем в мезосомной группе, в 1,8 раза ($p < 0,05$), мегалосомной – в 1,6 раза ($p < 0,05$), а, по сравнению с неопределенной конституцией оно в 1,7 раза меньше ($p < 0,05$). У женщин первого периода зрелого возраста лептосомной конституции процентное содержание жирового компонента ниже в 2,1 раза ($p < 0,05$), чем у женщин мезосомной, в 1,8 раза ($p < 0,05$) – мегалосомной групп и в 1,9 раза ($p < 0,05$) – группы неопределенной конституции. Этот показатель у представительниц мезосомной, мегалосомной и неопределенной групп меньше в 1,8 раза ($p < 0,05$) у женщин лептосомной конституции второго периода зрелого возраста.

По сравнению с женщинами других конституций индивидуальные минимальный и максимальный показатели абсолютного и процентного содержания жирового компонента тела у женщин лептосомной конституции ниже.

Нами проведен анализ особенностей абсолютного и процентного количества жирового компонента в возрастном аспекте. При лептосомной конституции у женщин первого периода зрелого возраста абсолютное значение показателя, по сравнению с девушками, не изменяется, а процентное его количество снижается в 1,1 раза ($p < 0,05$). Во втором периоде зрелого возраста, сравнительно с девушками, абсолютное количество жирового компонента при лептосомии возрастает в 1,1 раза ($p < 0,05$), а процентное содержание этого компонента остается почти неизменным. У женщин первого периода зрелого возраста мезосомной конституции абсолютное содержание жирового

компонента в 1,1 раза выше ($p < 0,05$) относительно показателей девушек, при том, что его процентное содержание остается неизменным. Абсолютное количество жирового компонента в мезосомной группе второго периода зрелого возраста увеличивается в 1,2 раза ($p < 0,05$) по отношению к девушкам и в 1,1 раза ($p > 0,05$) увеличивается также процентное содержание. У женщин первого периода зрелого возраста мегалосомной конституции абсолютное содержание жирового компонента тела в 1,1 раза больше ($p > 0,05$), чем у девушек. Процентное содержание при этом практически не изменяется. По сравнению с девушками абсолютное количество жирового компонента при мегалосомии во втором периоде зрелого возраста увеличивается в 1,3 раза ($p < 0,05$) и процентное содержание этого компонента тела – в 1,2 раза ($p < 0,05$). Абсолютное содержание жирового компонента тела у женщин 1-го периода зрелого возраста неопределенной конституции в 1,2 раза больше ($p < 0,05$), чем у девушек, процентное его содержание при этом не меняется. Во 2-м периоде зрелого возраста, сравнительно с девушками, абсолютное количество жирового компонента при неопределенной конституции увеличивается в 1,5 раза ($p < 0,05$), процентное содержание этого компонента – в 1,1 раза ($p > 0,05$).

Персональные минимум и максимум абсолютного и процентного содержания жирового компонента у женщин второго периода зрелого возраста женщин разных конституций в основном больше, чем у девушек.

Таблица 3

Абсолютное и относительное содержание жирового компонента тела у девушек (I), женщин первого (II) и второго периодов (III) зрелого возраста разных конституциональных групп ($X \pm Sx$; min-max)

Возраст	Конституция			
	лептосомная	мезосомная	мегалосомная	неопределенная
Жировой компонент (кг)				
I	$8,4 \pm 0,2$ 5,4–11,5	$17,8 \pm 0,3$ 12,0–32,4	$26,7 \pm 0,3$ 15,6–35,4	$17,5 \pm 0,6$ 12,0–29,1
II	$8,6 \pm 0,2$ 5,5–12,9	$19,1 \pm 0,3$ 11,3–33,1	$28,0 \pm 0,3$ 16,1–36,1	$20,5 \pm 0,3$ 17,3–30,4
III	$9,6 \pm 0,1$ 7,6–13,2	$21,2 \pm 0,4$ 13,4–34,1	$34,0 \pm 0,5$ 17,5–49,0	$25,5 \pm 0,7$ 20,1–36,6
Жировой компонент (%)				
I	$18,4 \pm 0,2$ 15,0–22,3	$32,9 \pm 0,3$ 20,0–45,3	$29,6 \pm 0,4$ 12,4–42,3	$30,2 \pm 0,5$ 22,4–41,0
II	$16,4 \pm 0,2$ 15,2–24,6	$33,7 \pm 0,3$ 20,1–44,0	$28,7 \pm 0,4$ 14,1–40,2	$31,6 \pm 0,4$ 26,1–42,6
III	$19,1 \pm 0,1$ 17,1–22,2	$34,9 \pm 0,3$ 22,0–47,6	$34,7 \pm 0,4$ 15,4–40,0	$34,7 \pm 0,4$ 26,0–42,5

В целом при изучении киргизской популяции мы показали, что среди женщин юношеского и зрелого возрастов доминирует мезосомная (31–33%) и мегалосомная (30–38%) конституции, доля лептосомной (15–25%) и неопределенной (12–16%) существенно ниже. В структуре лептосомной конституции преобладает стенопластический (66–77%) и редкими являются астенический тонкокостный (18–24%) и ширококостный (5–10%) соматотипы. Среди мезосомных конституций доля мезопластического (31–66%) больше, чем пикнического (34–69%) соматотипов. В структуре мегалосомных конституций преобладает эурипластический высокорослый (22–35%) и низкорослый (58–59%) соматотипы; менее типичны субатлетический (5–16%) и особенно атлетический (0,8–4,4%) соматотипы.

Как выявлено нами, важными являются также материалы о компонентном составе тела женщин юношеского и зрелого возраста – этнических киргизов. Так, абсолютное содержание жирового компонента тела связано с особенностями соматотипа: для женщин этот показатель минимален при астеническом (7,0–8,9 кг) и стенопластическом (10,5–11,1 кг) и имеет максимальное значение – при эурипластическом высокорослом соматотипе (32,0–46,8 кг). При переходе от юношеского ко 2-му периоду зрелого возраста происходит увеличение абсолютно содержания жирового компонента тела (с 17,6 до 22,5 кг).

Близкие данные при проведении соматотипологического анализа женщин славянского этноса зрелого и пожилого возрастов, жительниц Санкт-Петербурга, приводит Д.А. Старчик (2017). По материалам И.С. Аристовой и В.Н. Николенко (2005), полученным при соматотипировании женщин Саратовского региона, большая их доля являются представительницами субатлетического (54,1%) и стенопластического (14,9%) соматотипов. Женщины пикнического типа были выявлены в 4,1%, атлетического – в 3,4% и астенического – крайне редко (0,7%). Мезопластический и эурипластический конституциональные типы авторы не дифференцировали (хотя женщин этих соматотипов не могло не быть в популяции). Вероятно, некоторые разногласия с нашими данными могут быть обусловлены наличием регионарной специ-

фики «конституционального разнообразия» популяции (Б.А. Никитюк, В.П. Чтецов, 1983), а также возрастными модификациями соматотипологического статуса, поскольку авторы изучали преимущественно физический статус у девушек.

Заключение

Таким образом, в работе представлены цифровые материалы, указывающие на наличие существенных конституциональных и возрастных особенностей жирового компонента тела (как абсолютного, так и относительного значений этого показателя), что может быть важным для практической и теоретической медицины.

Список литературы

1. Никитюк Д.Б., Выборная К.В. Зависимость основных антропометрических показателей и показателей состава тела от конституциональной принадлежности мальчиков младшего школьного возраста // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 2. С. 227–228.
2. Сакибаев К.Ш., Никитюк Д.Б., Клочкова С.В. Соматотипологические основы формирования физического статуса человека в постнатальном онтогенезе // Журнал анатомии и гистопатологии. 2015. Т. 4. № 3. С. 106–107.
3. Тутельян В.А., Разумов А.Н., Клочкова С.В., Алексеева Е.А., Рожкова Е.А., Кварацхелия А.Г., Никитюк Д.Б. Особенности макроантропометрических показателей у женщин разных соматотипов // Морфологические ведомости. 2017. № 1 (25). С. 20–22.
4. Pereira D., Severo M., Ramos E., Lucas R., Barros H., Branco J., Santos R.A., Costa L. Potential role of age, sex, body mass index and pain to identify patients with knee osteoarthritis. *International Journal of Rheumatic Disease*. 2017. vol. 20. no. 2. P. 190–198. DOI: 10.1111/1756-185X.12611.
5. Rao W., Su Y., Yang G., Ma Y., Liu R., Zhang S., Wang S., Fu Y., Kou C., Yu Y., Yu Q. Cross-sectional association between body mass index and hyperlipidemia among adults in northeastern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016. vol. 13. no. 5. P. 516–524. DOI: 10.3390/ijerph13050516.
6. Абдыганыев Н.А., Сакибаев К.Ш. Особенности роста антропометрических показателей грудной клетки у школьников-кыргызов, проживающих в условиях высокогорья // Аспирант и соискатель. 2014. № 4 (82). С. 89–93.
7. Петухов А.Б., Никитюк Д.Б., Сергеев В.Н. Антропометрия в системе индексов: значение параметра и практическое применение в медицине // Вопросы диетологии. 2017. Т. 7. № 4. С. 35–42.
8. Петухов А.Б., Никитюк Д.Б., Сергеев В.Н. Медицинская антропология: анализ и перспективы развития в клинической практике. М.: Медпрактика, 2015. 512 с.
9. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Клочкова С.В., Алексеева Н.Т., Рассулова М.А., Погонченкова И.В., Рожкова Е.А., Старчик Д.А., Бурляева Е.А., Выборнов В.Д., Баландин М.Ю., Сорокин А.А., Выборная К.В., Лавриненко С.В. Использование метода комплексной антропометрии в спортивной и клинической практике. М.: Издательство ИП Григорьева Ю.С., 2017. 50 с.

УДК 618.3-06:618.333-008.9

НЕВЫНАШИВАНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ: ЧАСТОТА И ТЕНДЕНЦИИ**¹Самигуллина А.Э., ²Бообокова А.А., ¹Кушубекова А.К.**¹*НЦОМид МЗ КР «Национальный центр охраны материнства и детства Министерства здравоохранения Кыргызской Республики», Бишкек, e-mail: samigullina.68@mail.ru;*²*КТМИПКиК МЗ КР «Кыргызский государственный медицинский институт подготовки и переподготовки кадров» Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, Бишкек*

Проблема невынашивания беременности для современного акушерства остается одной из актуальных проблем и по своей социальной значимости занимает ведущее место, потенцируя демографические потери и нарушения репродуктивного, социального и психологического благополучия женщин. Проведено ретроспективное когортное исследование, в котором представлен анализ уровня и частоты невынашивания беременности в различные сроки беременности за период 2013–2017 гг. по данным клинического родильного дома Национального центра охраны материнства и детства МЗ КР, на основе расчета показателей динамического ряда, коэффициента ранговой корреляции Спирмена и t-теста (*Стьюдента*). За анализируемый период доказано снижение случаев обращения с невынашиванием беременности во всех сроках кроме срока 22–27 недель. Динамика тенденций частоты невынашивания беременности во все сроки беременности имеет неоднозначный волновой характер. Для сроков 1–5 недель и 6–12 недель характерен трехлетний цикл развития данной патологии. Статистически значимое снижение случаев невынашивания беременности характерно только для срока беременности 28–36^{нед}, $p < 0,001$. Структура по срокам прерывания беременности выглядит следующим образом: 22–27 недель – 8,2%, 1–5 недель – 8,6%, 13–21 недель – 15,3%, 28–36^{нед} – 25,3%, 6–12 недель – 42,6% случаев. При этом доля невынашивания беременности составляет 34,6% из общего количества родов. Полученные данные послужат основой для разработки мероприятий прикладной значимости.

Ключевые слова: невынашивание беременности, частота, срок беременности, динамический ряд, ретроспективное исследование, Кыргызская Республика

NON-CARE OF PREGNANCY: FREQUENCY AND TRENDS**¹Samigullina A.E., ²Boobokova A.A., ¹Kushubekova A.K.**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*

The problem of miscarriage for modern obstetrics remains one of the urgent problems and, by its social significance, occupies a leading place, potentiating the demographic losses and violations of the reproductive, social and psychological well-being of women. A retrospective cohort study was conducted in which the analysis of the level and frequency of miscarriage in different periods of pregnancy for the period 2013–2017 was presented according to the clinical maternity hospital of the National Center for Maternal and Child Welfare of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, based on the calculation of the indicators of the dynamic range, Spearman's t-test (student t). For the analyzed period, a decrease in cases of treatment with miscarriage in all terms has been proven except for a period of 22–27 weeks. The trend in the incidence of miscarriage in all periods of pregnancy has an ambiguous wave character. For periods of 1–5 weeks and 6–12 weeks, the three-year development cycle of this pathology is characteristic. A statistically significant reduction in the incidence of miscarriage is characteristic only for the gestation period of 28–36^{weeks}, $p < 0.001$. The structure of the termination of pregnancy is as follows: 22–27 weeks – 8.2%, 1–5 weeks – 8.6%, 13–21 weeks – 15.3%, 28–36^{weeks} – 25.3%, 6–12 weeks – 42.6% of cases. The proportion of miscarriage is 34.6% of the total number of births. The data obtained will serve as the basis for the development of measures of applied significance.

Keywords: miscarriage, frequency, gestational age, time range, retrospective study, Kyrgyz Republic

В настоящее время проблема невынашивания беременности по своей социальной значимости занимает одно из ведущих мест в современном акушерстве и остается одной из важнейших проблем, так как влечет за собой не только демографические потери, но и нарушает репродуктивное, социальное и психологическое благополучие женщины [1].

Литературные данные подчеркивают, что для разных сроков беременности существуют свои критические периоды, для которых характерны различные этиологи-

ческие факторы развития невынашивания беременности [2].

По данным ВОЗ прерывание беременности в сроки от зачатия до 22 недель относят к самопроизвольным абортam, частота которых составляет 15–20%. Статистика преждевременных родов осуществляется с 22-й недели беременности при массе плода более 500 г и частота данной патологии составляет 7–10% [3].

В условиях неблагоприятной демографической ситуации, когда каждые пять лет

на 20 % уменьшается число женщин, способных родить ребенка, особенно актуально сохранение и развитие беременности у супружеских пар, желающих иметь детей [4].

Таким образом, невынашивание беременности – проблема, значение которой не только не уменьшается со временем, но, пожалуй, даже возрастает [5].

Отсутствие работ, направленных на изучение частоты и тенденции невынашивания беременности на различных сроках гестации в Кыргызской Республике обуславливает актуальность данного исследования.

Цель исследования: оценить современные тенденции невынашивания беременности на различных сроках гестации.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на базе Национального центра охраны материнства и детства (НЦОМид) МЗ КР.

Для его проведения выкопированы данные в абсолютных цифрах из ежегодных отчетов КРД НЦОМид за пятилетний период (2013–2017 гг.). Частота невынашивания беременности в различные сроки беременности проанализирована с помощью динамического ряда, для чего были вычислены: абсолютный прирост, показатель наглядности и роста, темпа прироста, значение 1 % прироста, скользящая средняя и укрупнение интервала. Рассчитана доля невынашивания беременности в родах (100%), интенсивный показатель – $P \pm m_p$ (на 1 тысячу родов), коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для оценки статистически значимой разницы выбран коэффициент *Стьюдента*, 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. Статистическая обработка проведена с использованием программного пакета Центра по контролю заболеваемости США OpenEpi 3.03.

Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов в статье.

Результаты исследования и их обсуждение

Из анализа динамического ряда частоты невынашивания беременности за период 2013–2017 гг. в клиническом родильном доме Национального центра охраны материнства и детства МЗ КР следует, что отмечается положительная тенденция снижения данного показателя в 0,8 раз. В 2013 г. было зарегистрировано 1382 эпизода невынашивания беременности, а уже к 2017 г. – 1045 случаев. На долю невынашивания беременности из всего количества родов приходится 34,6 %. В 2013 г. из-за невынашивания беременности репродуктивные потери отмечались у каждой третьей женщины, но уже к 2017 г. ситуация улучшается и данная патология регистрируется у каждой пятой беременной. Ранговые места в структуре

невынашивания беременности представлены следующим образом: срок 22–27 недель – 8,2 %, 1–5 недель – 8,6 %, 13–21 недель – 15,3 %, 28–36⁺ недель – 25,3 %, 6–12 недель – 42,6 % случаев. Прерывание беременности в сроке 1–5 недель за период с 2013 г. по 2017 г. имеет неоднозначную тенденцию (табл. 1). В 2013 г. зарегистрировано 115 случаев прерывания беременности в этом сроке и до 2016 г. отмечается выраженная динамика снижения, до 82 случая зарегистрированных в 2015 г. Однако в 2016 г. обратилось в стационар 108 женщин по поводу прерывания беременности. В процентном соотношении к родам динамика повторяет абсолютные цифры. Так в 2013 г. показатель составил 2,9 %, а уже к 2017 г. был равен 2,0 %. Метод укрупнения интервала выявил, что в 2015–2016 г. отмечается снижение обращений с данной патологией, но для 2017 г. характерно увеличение показателя до 106,0 обращений и данный показатель выше базового 2013 г. С помощью метода скользящей средней установлено, что идет плавное снижение обращений по поводу спонтанного аборта до 2015 г. включительно и дальнейший подъем обращений до 2017 г. Данный анализ позволил выявить цикличность процесса и цикл для невынашивания беременности в сроке 1–5 недель составляет 3 года.

Далее нами произведен расчет показателей динамического ряда (табл. 2), из которого следует, что показатель абсолютного прироста выделяет 2016 г. как год с положительной динамикой (26,0). Показатель наглядности демонстрирует, что наивысший уровень обращений по поводу прерывания беременности в этом сроке приходился на 2013 г., далее снижение показателя в течение двух лет и повторный подъем в 2016 г. с последующим снижением. С помощью показателя наглядности подтвержден цикл 3 года, характерный для данной патологии. Показатели роста, темп роста и значение 1 % прироста также выделяют 2016 г. как год с положительной динамикой.

В структуре невынашивания на срок беременности 6–12 недель приходится первое ранговое место (42,6 %), в абсолютных цифрах в 2013 г. было зарегистрировано 614 обращений по поводу спонтанных выкидышей в этом сроке (табл. 3). За анализируемый период именно в 2013 г. отмечается самый высокий уровень данной патологии, но уже к 2017 г. показатель составил 483 обращения, что в 1,3 раза ниже исходного. При этом отмечается плавное снижение обращений по поводу прерывания беременности до 2015 г. (404 случаев), но в 2016 г. отмечается рост обращений до 445 случаев

и до 483 случаев в 2017 г. В процентном соотношении к родам в 2013 г. показатель составил 15,4% с последующим снижением до 8,8% в 2015 г. и ростом до 9,1% к 2017 г. Динамика снижения случаев обращения до 2017 г. демонстрирует полученный расчет методом укрупнения интервала, а методом скользящей средней подтверждает данную динамику.

В табл. 4 представлены данные анализа динамического ряда данной патологии. Положительная динамика убывания выяв-

лена в 2014 г. (–49,0) и в 2015 г. (–161,0), для остальных лет характерен абсолютный прирост показателя. Показатель наглядности выделяет 2015 г., когда отмечается снижение регистрируемых случаев до 65,8% в сравнении с 2013 г. Показатель роста доказывает положительную динамику снижения в течение двух лет (2014–2015 гг.) с последующим ростом данной патологии. Темп роста также выделяет 2016 г., когда отмечается увеличение случаев обращений по поводу самопроизвольных выкидышей.

Таблица 1

Невынашивание беременности в сроке от 1 недели до 5 недель

Годы	Абс. цифры	Процент к родам	$P \pm m_p$ (на тыс. родов)	Скользящая средняя	Укрупнение интервала
2013	115	2,9	$28,8 \pm 2,6$	113,0	104,5
2014	94	2,2	$21,9 \pm 2,2$	97,0	
2015	82	1,8	$17,8 \pm 2,0$	94,7	95,0
2016	108	2,3	$22,7 \pm 2,2$	98,7	
2017	106	2,0	$19,9 \pm 1,9$	112,2	106,0

Таблица 2

Анализ динамического ряда невынашивания беременности в сроке от 1 недели до 5 недель

Годы	Абс. цифры	Абс. прирост (убыль)	Показатель наглядности, %	Показатель роста, %	Темп роста, %	1 % прироста
2013	115	–	100,0	–	–	–
2014	94	–21,0	81,7	81,7	–18,3	1,1
2015	82	–12,0	71,3	87,2	–12,8	0,9
2016	108	26,0	93,9	131,7	31,7	0,8
2017	106	–2,0	92,2	98,1	–1,9	1,1

Таблица 3

Невынашивание беременности в сроке от 6 недель до 12 недель

Годы	Абс. цифры	Процент к родам	$P \pm m_p$ (на тыс. родов)	Скользящая средняя	Укрупнение интервала
2013	614	15,4	$153,7 \pm 5,7$	638,9	589,5
2014	565	13,2	$131,6 \pm 5,2$	527,7	
2015	404	8,8	$87,8 \pm 4,2$	471,3	424,5
2016	445	9,3	$93,3 \pm 4,2$	444,0	
2017	483	9,1	$90,5 \pm 3,9$	483,7	483,0

Таблица 4

Анализ динамического ряда невынашивания беременности в сроке от 6 недель до 12 недель

Годы	Абс. цифры	Абс. прирост	Показатель наглядности, %	Показатель роста, %	Темп роста, %	1 % прирост
2013	614	–	100,0	–	–	–
2014	565	–49,0	92,0	92,0	–8,0	6,1
2015	404	–161,0	65,8	71,5	–28,5	5,6
2016	445	41,0	72,5	110,1	10,1	4,1
2017	483	38,0	78,7	108,5	8,5	4,5

Анализируя данные по количеству прерываний беременности в сроке 13–21 недель (табл. 5), следует отметить, что в 2013 г. было зарегистрировано наибольшее количество обращений (202 случая) и динамика за анализируемый период в абсолютных числах отмечает периоды подъема и убыли обращений. Так, в сравнении с 2013 г. с 2014 г. отмечается тенденция снижения показателя до 154 случаев, т.е. снижение в 1,3 раза. Но в 2015 г. регистрируется 189 случаев обращений и дальнейший рост в 2016 г. до 191 случая, что ниже базового 2013 г., но в 1,2 раза выше 2014 г. При этом в 2017 г. происходит снижение обращений до 164 случаев. На долю прерываний в этом сроке из структуры родов в 2013 г. приходится 5,1%, а в 2017 г. снижение до 3,1%, т.е. отмечается положительная динамика за весь анализируемый период. Метод укрупнения интервала позволил наглядно увидеть кривую подъема и последующее снижение показателя. С помощью метода скользящей средней удалось выделить цикличность процесса и для данной патологии цикл составил 3 года.

Расчет показателей динамического ряда позволяет выделить 2015–2016 гг. (табл. 6), когда отмечается рост обращений по поводу невынашивания беременности. Абсолютный прирост отмечается в 2015 г. (35,0) и в 2016 г. (2,0), в остальные годы происходит убывание показателя. Показатель наглядности доказывает, что все последующие годы уровень обращений был ниже базового 2013 г., показатель роста отмечает рост обращений в 2015 г. (122,7%) и в 2016 г.

(101,1%) в сравнении с предыдущим годом. Темп роста отмечает снижение на 23,8% в 2014 г. и 14,1% в 2017 г., в остальные годы отмечается рост числа обращений.

Иначе выглядит динамика невынашивания беременности в сроке 22–27 недель (табл. 7). В 2013 г. зарегистрирован 91 случай обращений в родильный дом по поводу очень ранних преждевременных родов с последующим ростом данного показателя до 2017 г. (102 случая). Отмечая рост за весь анализируемый период, следует выделить 2016 г., когда происходит незначительное, но снижение показателя до 92 случаев в год. Однако в процентном соотношении к общему количеству родов происходит снижение обращений с 2,3% в 2013 г. до 1,9% к 2017 г. При этом расчет методом укрупнения интервала и скользящей средней наглядно демонстрирует рост данной патологии за весь анализируемый период.

В табл. 8 представлен анализ показателей динамического ряда частоты очень ранних преждевременных родов в сроке от 22 недель до 27 недель. Из таблицы следует, что расчет абсолютного прироста доказывает ежегодный рост показателей за исключением 2016 г. (–8,0). Показатель наглядности позволяет выделить 2017 г., когда отмечается самый высокий уровень, в сравнении с базовым годом он составил 112,1%. Показатель роста подтверждает, что только 2016 г. имеет снижение показателя в сравнении с предыдущим годом. Темп снижения характерен также только для 2016 г. (–8,0%).

Таблица 5

Невынашивание беременности в сроке от 13 недель до 21 недели

Годы	Абс. цифры	Процент к родам	$P \pm m_p$ (на тыс. родов)	Скользящая средняя	Укрупнение интервала
2013	202	5,1	$50,6 \pm 3,5$	183,6	178,0
2014	154	3,6	$35,9 \pm 2,8$	181,7	
2015	189	4,1	$41,1 \pm 2,9$	178,0	190,0
2016	191	4,0	$40,1 \pm 2,8$	181,3	
2017	164	3,1	$30,7 \pm 2,4$	170,4	164,0

Таблица 6

Анализ динамического ряда невынашивания беременности в сроке от 13 недель до 21 недели

Годы	Абс. цифры	Абс. прирост	Показатель наглядности, %	Показатель роста, %	Темп роста, %	1% прироста
2013	202	–	100,0	–	–	–
2014	154	–48,0	76,2	76,2	–23,8	2,0
2015	189	35,0	93,6	122,7	22,7	1,5
2016	191	2,0	94,6	101,1	1,1	1,8
2017	164	–27,0	81,2	85,9	–14,1	1,9

Таблица 7

Очень ранние преждевременные роды в сроке от 22 недель до 27 недель

Годы	Абс. цифры	Процент к родам	$P \pm m_p$ (на тыс. родов)	Скользкая средняя	Укрупнение интервала
2013	91	2,3	$22,8 \pm 2,4$	92,6	95,0
2014	99	2,3	$23,1 \pm 2,3$	96,7	
2015	100	2,2	$21,7 \pm 2,2$	97,0	96,0
2016	92	1,9	$19,3 \pm 2,0$	98,0	
2017	102	1,9	$19,1 \pm 1,9$	98,0	102,0

Таблица 8

Анализ динамического ряда очень ранних преждевременных родов в сроке от 22 недель до 27 недель

Годы	Абс. цифры	Абс. прирост	Показатель наглядности, %	Показатель роста, %	Темп роста, %	1 % прирост
2013	91	—	100,0	—	—	—
2014	99	8,0	108,8	108,8	8,8	0,9
2015	100	1,0	109,9	101,0	1,0	1,0
2016	92	-8,0	101,1	92,0	-8,0	1,0
2017	102	10,0	112,1	110,9	10,9	0,9

Таблица 9

Преждевременные роды в сроке от 28 недель до 36⁺⁶ недель.

Годы	Абс. цифры	Процент к родам	$P \pm m_p$ (на тыс. родов)	Метод скользящей средней	Метод укрупнения интервала
2013	360	9,0	$90,1 \pm 4,5$	338,0	315,0
2014	270	6,3	$62,9 \pm 3,7$	303,0	
2015	279	6,1	$60,6 \pm 3,5$	313,0	334,5
2016	390	8,2	$81,8 \pm 4,0$	286,3	
2017	190	3,6	$35,6 \pm 2,5$	259,1	190,0

Таблица 10

Анализ динамического ряда преждевременных родов в сроке от 28 недель до 36⁺⁶ недель

Годы	Абс. цифры	Абс. прирост	Показатель наглядности, %	Показатель роста, %	Темп роста, %	1 % прирост
2013	360	—	100,0	—	—	—
2014	270	-90,0	75,0	75,0	-25,0	3,6
2015	279	9,0	77,5	103,3	3,3	2,7
2016	390	111,0	108,3	139,8	39,8	2,8
2017	190	-200,0	52,8	48,7	-51,3	3,9

За анализируемый период частота преждевременных родов с 360 случаев обращений в 2013 г. снизилась к 2017 г. до 190 случаев в год, т.е. отмечается положительная динамика снижения в 1,9 раз (табл. 9). Анализируемый период имеет волнообразный характер с пиками роста и снижения данной патологии, но обращает на себя внимание 2016 г., как самый высокий показатель обращений и переломный, после которого идет снижение в 2,1 раза обращений невынашивания беременности данного срока. В процентном соотношении к общему количеству родов на данный срок прихо-

дится 9,0% в 2013 г. со снижением до 3,6% к 2017 г., следует отметить 2016 г., когда показатель составил 8,2%. С помощью укрупнения интервала наглядно виден пик заболеваемости и последующее снижение. Метод скользящей средней позволяет выделить базовый год как наивысший показатель с последующим достоверным снижением показателя до 2016 г., $p < 0,001$.

При этом абсолютный прирост зарегистрирован в 2015 г. (9,0) и в 2016 г. (111,0) в остальные годы отмечается выраженная убыль случаев невынашивания беременности в этом сроке (табл. 10).

Показатель наглядности подтверждает 2016 г. как самый высокий по уровню патологии. Показатели роста и темп роста позволили выделить 2015–2016 гг. подъема частоты случаев обращений в родильный дом. Тем не менее, снижение в 2,0 раза данной патологии и по обращаемости и в доле общего количества родов является положительным моментом.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ частоты невынашивания беременности, зарегистрированный при различных сроках гестации в клиническом родильном доме НЦОМид МЗ КР, за период 2013–2017 гг. установил, что:

1. За 5-летний период отмечается снижение случаев обращения по поводу невынашивания беременности во всех сроках беременности кроме срока 22–27 недель.

2. Динамика тенденций частоты невынашивания беременности во все сроки беременности имеет неоднозначный волновой характер.

3. Для сроков 1–5 недель и 6–12 недель характерен трехлетний цикл развития данной патологии.

4. Статистически значимое снижение случаев невынашивания беременности характерно только для срока беременности 28–36⁺⁶ недель, $p < 0,001$.

5. Доля невынашивания беременности из всего количества родов составляет 34,6%.

6. Ранговые места в структуре невынашивания распределены следующим образом: 22–27 недель – 8,2%, 1–5 недель – 8,6%, 13–21 недель – 15,3%, 28–36⁺⁶ недель – 25,3%, 6–12 недель – 42,6%.

Список литературы

1. Самигуллина А.Э., Кушубекова А.К. Метаболизм гомоцистеина и роль гипергомоцистеинемии в развитии невынашивания беременности // Известия вузов Кыргызстана. 2015. № 7. С. 36–39.
2. Михалевич С.И., Гришкевич А.Н., Марковская Т.В., Гракович Л.Г. Привычное невынашивание беременности: социальная проблема, медицинские решения // Медицинские новости. 2012. № 2. С. 12–18.
3. Богданова Г.С., Зайдиева З.С., Магометханова Д.М., Зайкин В.А., Назарова Е.А. Невынашивание беременности: общий взгляд на проблему // Медицинский совет. 2012. С. 67–71.
4. Ведищев С.И., Прокопов А.Ю., Жабина У.В., Османов Э.М. // Современные представления о причинах невынашивания беременности. Вестник ТГУ. 2013. Т. 18. Вып. 4. С. 1309–1312.
5. Калдыбекова А.К., Аширбекова А.М., Алимбекова А., Бегалиева Д., Жаксылыкова А.А. Невынашивание беременности // Молодой ученый. 2016. № 8. С. 394–396.

УДК 614.254:615.036

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ РАБОТНИКОВ
МЕДИЦИНСКОГО ПРОФИЛЯ****Семенова Н.В., Вяльцин А.С., Ашвиц И.В., Корнякова В.В., Белан А.И.***ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет», Омск,**e-mail: natali1980-07-21@mail.ru*

Современный темп жизни, увеличение нагрузки в профессиональной деятельности и наличие эмоциональной нестабильности вызывают профессиональное «выгорание» у большей части работающего населения, в том числе у медицинских работников. Многие исследования в области определения данного явления и объяснения причин его появления сводятся к нестабильности нервной системы в условиях стрессовой ситуации. Наряду с этим существуют мнения о других факторах, влияющих на эмоциональную составляющую в профессиональной деятельности. Например, возраст и стаж работы, место работы и оплата труда, личностные качества работника. «Профессиональное выгорание» рассматривается как долговременная стрессовая ситуация, возникающая вследствие постоянных профессиональных стрессов. По мере нарастания карьерной активности происходит накопление усталости, появляется склонность к нервным срывам в экстремальных ситуациях, импульсивность, а также снижение общительности, угнетение в оценке себя и своих профессиональных достижений. Профилактика синдрома эмоционального выгорания у медицинских работников осуществляется в следующих направлениях: просвещение сотрудников о синдроме выгорания, его признаках и сущности; создание комнат отдыха для сотрудников в медучреждении; работа психолога с медицинским коллективом; проведение антистрессовых мероприятий и групповых тренингов; организация активного отдыха с коллективом; обучение сотрудников методам релаксации для снятия психоэмоционального напряжения; поддержка хобби сотрудников.

Ключевые слова: медицинские работники, профессиональное выгорание, факторы риска, группы риска, эмоциональное истощение

PROFESSIONAL BURNING OUT OF WORKERS OF THE MEDICAL PROFILE**Semenova N.V., Vyaltzin A.S., Ashvits I.V., Kornyakova V.V., Belan A.I.***Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: natali1980-07-21@mail.ru*

Modern rate of life, increase in loading in professional activity, existence of emotional instability cause professional «burning out» in the most part of the working population, including in health workers. Many researches in ranges of definition of this phenomenon and an explanation of the reasons of its emergence, come down to instability of a nervous system in the conditions of a stressful situation. Along with it there are opinions on other factors influencing an emotional component in professional activity. For example, age and length of service, place of work and compensation, personal qualities of the worker. «Professional burning out» is considered as the long-term stressful situation arising owing to constant professional stresses. In process of increase of career activity there is a fatigue accumulation, the tendency to nervous breakdowns in extreme situations, impulsiveness and also decrease in sociability, oppression in assessment of and the professional achievements appears. Prevention of a syndrome of emotional burning out at health workers is performed in the following directions: education of employees about a burning out syndrome, its signs and essence; creation of restrooms for employees in medical institution; work of the psychologist with medical collective; holding antistress actions and group trainings; the organization of active holiday with collective; training of employees in methods of a relaxation for removal of psychoemotional tension; support of a hobby of employees.

Keywords: health workers, professional burning out, risk factors, risk groups, emotional exhaustion

По последним данным Всемирная Организация Здравоохранения определяет «синдром выгорания» как физическое, эмоциональное или мотивационное истощение, характеризующееся нарушением продуктивности в работе, усталостью, бессонницей, повышенной подверженностью к соматическим заболеваниям, употреблению алкоголя или других психоактивных веществ и суицидальному поведению [1]. Данный вопрос является актуальным.

Целью работы стало обобщение исследований о влиянии стрессовых ситуаций, факторов и определение групп риска для оценки профессионального выгорания медицинских работников.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- оценить мировые и отечественные данные статистики по вопросу профессионального выгорания медицинских работников;
- проанализировать данные о профессиональном выгорании работников медицинского профиля;
- сформулировать комплекс профилактических мероприятий по сохранению и укреплению здоровья медицинских работников.

Материалы и методы исследования

В исследовании был применен метод социологического опроса. Была разработана анкета, содер-

жащая 10 реквизитов, анкета была валидизирована. В исследовании принимали участие 40 медицинских работников лечебных организаций города. Объектом исследования были медицинские работники, предметом исследования – их здоровье, определение признаков профессионального выгорания на разной стадии процесса. Также был применен статистический метод (создание базы данных, анализ и обработка полученных материалов).

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из перечисленных факторов в синдроме профессионального выгорания (ПВ) является эмоциональная составляющая – эмоциональное истощение, которое имеет большое значение и наименьшую степень изменчивости.

Говоря о мировой статистике (рис. 1), 30% работающего населения подвержены профессиональному выгоранию. К медицинским работникам с наиболее высоким уровнем эмоционального истощения относятся специалисты, работа которых связана с хроническими больными, неизлечимыми или умирающими пациентами (онкология, пульмонология или психиатрия), а к группе с низким уровнем эмоционального истощения с заболеваниями, имеющими благоприятный прогноз (акушерство и гинекология, оториноларингология, офтальмология и др.) [2, 3].

подвержены эмоциональной нагрузке. Считается, что причиной выгорания являются не только низкая оплата труда, но и фиксированные оклады, без учета индивидуального вклада в организацию и интеллектуального потенциала человека [5, 6].

Исследование синдрома выгорания (рис. 2) среди сотрудников отделения неотложной медицины Университета Сегеда показало связь между выгоранием и возрастом, стажем работы в системе здравоохранения, наличием соматических заболеваний, социальной и психологической поддержкой. Все это является единым фактором риска, приводящим к профессиональному выгоранию.

Особое значение имеет внутренний фактор, способствующий появлению эмоционального выгорания. Во многом это зависит от характера человека, его индивидуальности, отношения к своей роли в профессии, обязанностям, обстоятельствам, чувства ответственности и совестливости [7].

Глобально все причины профессионального стресса можно разделить на субъективные и объективные. К таким относятся вредные условия производства (шум, радиация, постоянная опасность для жизни и здоровья и т.д.), интенсивный рабочий график, повышенная ответственность. В то время как субъективные причины стресса у каждого свои [8].

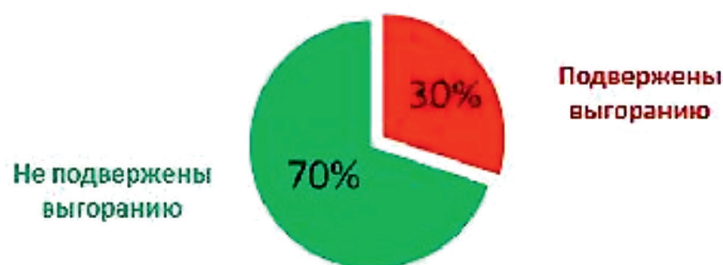


Рис. 1. Распределение профессионального выгорания среди трудоспособного населения стран ЕС (по данным ВОЗ), %

Исследование, проведенное Американским колледжем хирургов (ACS), показало, что более 40% хирургов испытывают выгорание. Таким образом, опрос Американского общества пластических хирургов (ASPS) показал, что более четверти пластических хирургов имеют признаки ПВ, что доказывает высокий риск эмоциональных срывов в этой специальности [4].

На эмоциональную составляющую влияет и место работы, то есть, работающие в государственных медицинских организациях, по сравнению с теми, кто работает в частных учреждениях, гораздо больше

На рис. 3 представлена распространенность симптомов стресса, вызванного у медицинских работников их профессиональной деятельностью. 15,6% респондентов отмечали, что у них часто имеется отрицательная настроенность к выполняемой деятельности, редко – у 62,5%, никогда – у 21,9% опрошенных медицинских работников.

Одним из симптомов эмоциональных реакций при стрессе, вызванном профессиональным выгоранием, являются реакции медицинских работников вне работы, среди близких людей. На рис. 4 представлена

статистика симптомов эмоционального поведения медицинских работников с близкими людьми. 22 % опрошенных отмечали, что часто «срываются» на близких людей, 53 % – редко, 25 % – никогда. Исследова-

тели пришли к общему выводу о том, что отсутствие возможности реализовать большинство карьерных устремлений приводит к повышению уровня эмоционального выгорания, внутреннего напряжения [8].



Рис. 2. Процентное соотношение наиболее значимых факторов риска

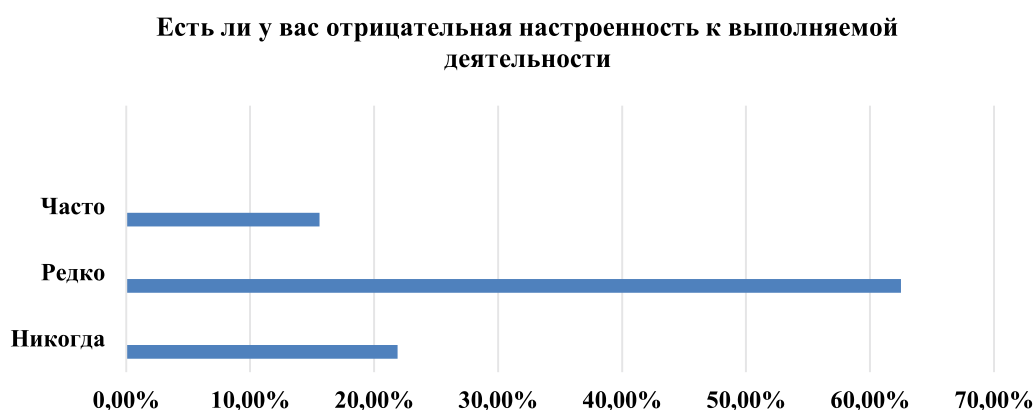


Рис. 3. Распространенность симптомов стресса, вызванных профессиональным выгоранием, %

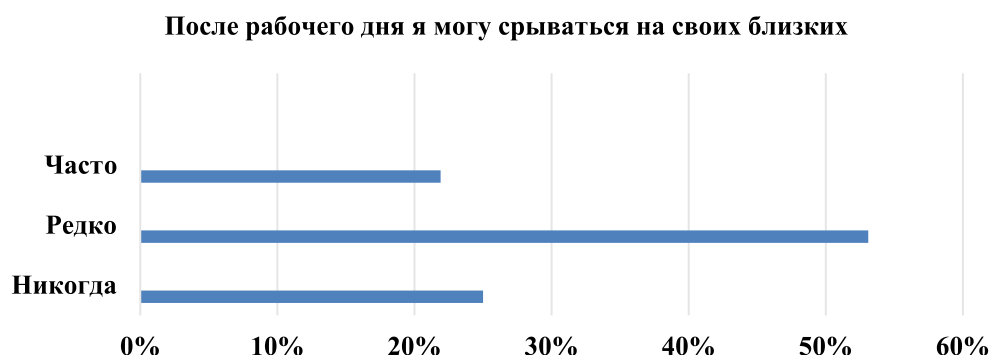


Рис. 4. Симптомы эмоционального поведения медицинских работников при профессиональном стрессе, %

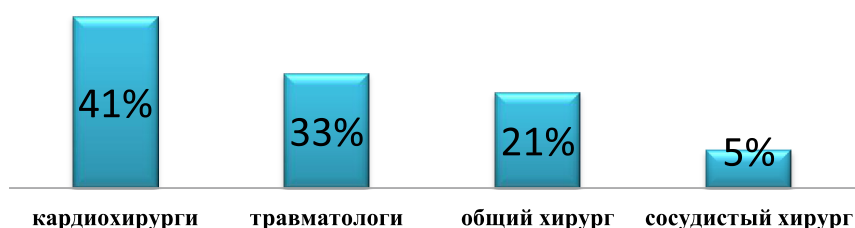


Рис. 5. Процентное соотношение ПВ среди хирургических специальностей

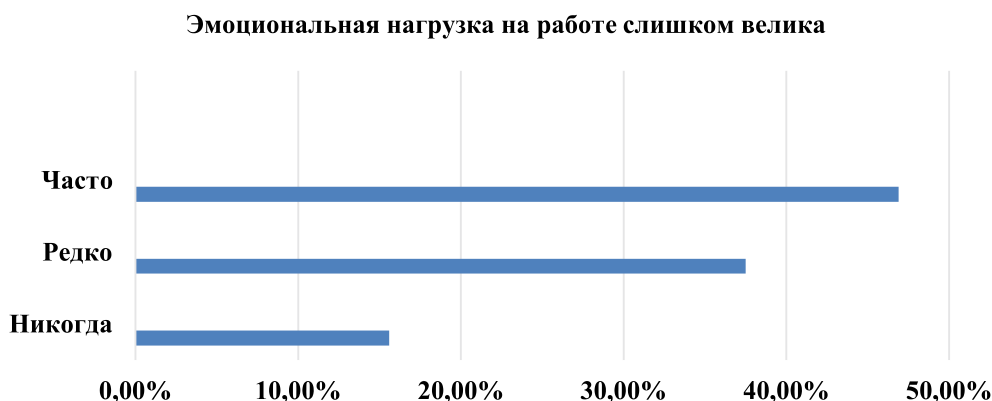


Рис. 6. Оценка эмоциональной нагрузки на рабочем месте медицинских работников, %

К факторам, способствующим развитию ПВ у врачей хирургических специальностей (рис. 5), относят внезапность и новизну клинических случаев, дефицит времени для принятия решений, высокий темп работы, смена биологического цикла «сон – бодрствование», специфический контингент пациентов и т.д.

Как факторы риска были выявлены и гендерные различия при формировании профессионального выгорания. Среди мужчин высокий риск имеют специалисты в области общей и детской психиатрии, общей медицинской практики и профессиональной патологии, внутренних болезней, онкологии, пульмонологии, дерматологии и венерологии; среди женщин – врачи общей медицинской практики и профессиональной патологии, радиологи, терапевты, пульмонологи, дерматологи и венерологи [5]. Женщины-врачи испытывают стресс в 1,5 раза чаще, чем мужчины, доказывая тем самым склонность женщин к эмоциональному истощению, а мужчин к деперсонализации (обесценивание межличностных отношений, негативизм, циничность по отношению к чувствам и переживаниям других людей [9, 10].

На рис. 6 представлена оценка эмоциональной нагрузки у медицинских работни-

ков на их рабочем месте. 46,9% респондентов отмечали, что нагрузка на их рабочем месте была слишком велика, 37,5% считали, что редко на их работе эмоциональная нагрузка бывает высокой, никогда – 15,6%.

Нередко при стрессе и симптомах профессионального выгорания появляются симптомы нарушения сна (рис. 7).

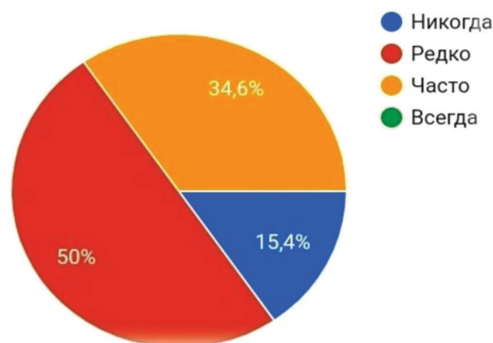


Рис. 7. Имеются проблемы со сном, %

34,6% респондентов имеют значительные нарушения сна, 50% имеют незначительные нарушения сна.

Данные о связи возраста, как фактора риска ПВ и стажа профессиональной деятельности противоречивы. Считается, что наиболее предрасположены к ПВ медицинские работники в возрасте старше 40 лет, со стажем работы – 15 лет и более [9].

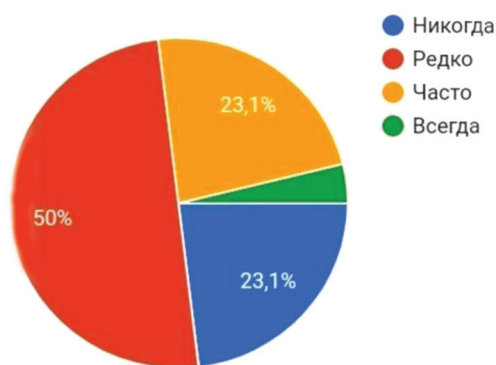


Рис. 8. Используются ли в устной и письменной речи «штампы», слова, синонимы понятия «усталость», %

На рис. 8 представлена информация о том, как часто в своей речи медицинские работники со стрессом и элементами профессионального выгорания употребляют в своей речи слова, сходные со словом «усталость». 3,8% – всегда употребляют подобные штампы, 23,1% респондентов это делают часто, 50% – редко.

Имеется выраженность синдромов и симптомов эмоционального выгорания, у групп разных возрастов – это люди в возрасте 45–55 лет, проработавшие свыше 15 лет в сфере здравоохранения. Наиболее адаптивна и сохранна группа врачей в возрасте 35–45 лет, со стажем от 7 до 15 лет, для них характерны только симптомы, свя-

занные с экономным расходом эмоций. Начинающие свою профессиональную деятельность в медицинской сфере врачи (возраст 26–35, стаж от 1 до 7 лет) имеют выраженный симптом эмоционально-нравственной дезориентации [9].

По К.К. Платонову, на фоне воздействий экстремальных условий среды формируется «эмоциональное напряжение» (яркие переживания психотравмирующих обстоятельств, разочарование в своих возможностях) и «эмоциональная напряженность» (психическая напряженность, вызванная длительной перегрузкой), что приводит к эмоциональному истощению [10].

На рис. 9 представлена распространенность симптомов эмоционального истощения медицинских работников. Более половины опрошенных (56,3%) часто чувствовали отсутствие сил после рабочего дня, всегда – 6,3%, редко – 28,1%, никогда – лишь 9,4% опрошенных.

Нестойкий эмоциональный фон влечет за собой психические расстройства, так что порой даже мысль или контакт с экстренными ситуациями вызывает плохое настроение, бессонницу, чувство страха, обострения хронических заболеваний.

На рис. 10 представлены данные о распространенности обострений хронических заболеваний у медицинских работников. Более чем у половины респондентов (57,7%) отмечались обострения хронических болезней в результате профессиональной деятельности и стресса. Нетрудоспособность медицинских работников почти в половине случаев связана со стрессом. Обследованы врачи общей практики, среди которых высокий уровень тревоги был выявлен в 41% случаев, а клинически выраженная депрессия – в 26% случаев [10].

После рабочего дня ни на что не остается сил

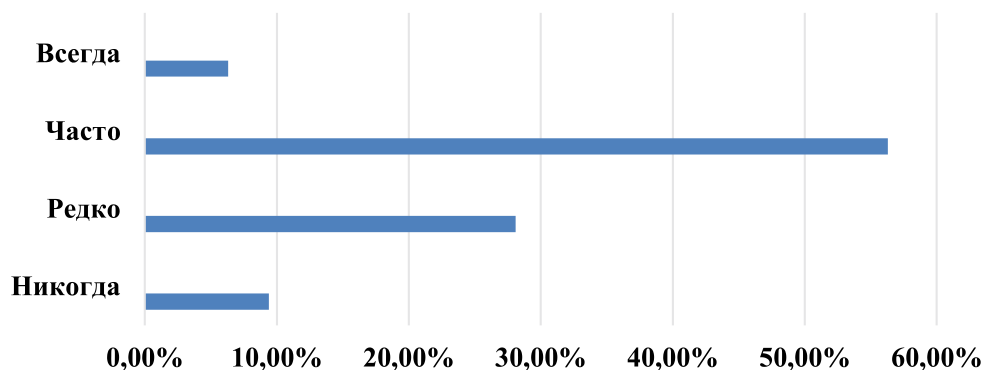


Рис. 9. Распространенность признаков эмоционального истощения среди медицинских работников, %

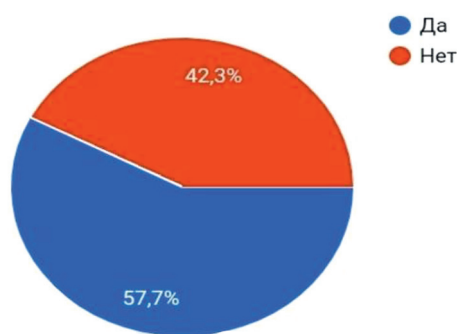


Рис. 10. Имеются ли обострения хронических заболеваний, %

Доказано, что уровень рабочего стресса и депрессий связан со страной и местом работы, семейным положением и полом.

Выводы

1. Медицинские работники представляют собой профессиональную группу риска формирования профессионального выгорания.

2. Профессиональному выгоранию способствуют такие факторы, как место работы (государственное или частное учреждение), низкая организация труда, оплата труда, плохие профессиональные отношения в коллективе, чрезмерно завышенные требования к себе и к результатам своей деятельности, неудовлетворенность работника, уровнем реализации основных потребностей и низкая оценка качества жизни.

3. Важное значение имеют возрастные особенности (люди после 40 менее подвержены ПВ), гендерный признак (женщины имеют высокий риск), а также стаж профессиональной деятельности (чем выше стаж, тем выше риск), тем не менее работники, имеющие стаж более 20 лет, приобретают опыт в решении профессиональных проблем, снижается риск ПВ, формируется эмоциональная стабильность.

4. Были выявлены и личностные показатели, которые влияют на эмоциональный фон (характер человека, его индивидуальность, отношение к своей роли в профессии, обязанностям, обстоятельствам, чувство ответственности и совесть).

Исходя из исследования, выяснилось, что применение тестовой методики и анализа мониторинга ПВ повышает определение риска ПВ на раннем этапе, что в даль-

нейшем поможет быстро организовать проведение психопрофилактических и реабилитационных мероприятий.

Рекомендации: профилактика синдрома эмоционального выгорания у медицинских работников осуществляется в следующих направлениях: просвещение сотрудников о синдроме выгорания, его признаках и сущности; создание комнат отдыха для сотрудников в медучреждении; работа психолога с медицинским коллективом; организация активного отдыха с коллективом; обучение сотрудников методам релаксации для снятия психоэмоционального напряжения; поддержка хобби сотрудников.

Список литературы

1. Берхмиллер А., Завгородний И., Завгородняя Н., Капустник В., Беккеманн И. Связь между синдромом выгорания и особенностями личности работников скорой медицинской помощи // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016. № 116 (12). С. 25–29.
2. Васильева И.В. Григорьев П.Е. Особенности эмоционального выгорания у врачей в зависимости от стажа работы // Таврический журнал психиатрии. 2017. Т. 21. № 1 (78). С. 21–27.
3. Евдокимов В.И., Есауленко И.Э., Губин А.И., Попов В.И. Оценка профессионального выгорания у медицинских работников: метод. рекомендации / Воронеж. гос. мед. акад. им. Н.Н. Бурденко Росздрава, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. Воронеж; СПб.: Политехника-сервис, 2009. 82 с.
4. Костакова И.В. Взаимосвязь факторов эмоционального поведения личности и риска возникновения эмоционального выгорания у медицинских работников // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2016. № 4 (27). С. 44–47.
5. Овчинников Ю.В., Палченкова М.В., Калачёв О.В. Синдром эмоционального выгорания: диагностика, принципы лечения, профилактика // Военно-медицинский журнал. 2015. Т. 336. № 7. С. 17–24.
6. Денисов А.П., Кун О.А., Ляпин В.А. Управление медицинской организацией в современных условиях. Омск, 2015. 164 с.
7. Choi B.S., Kim J.S., Lee D.W., Paik J.W., Lee B.C., Lee J.W., Lee H.S., Lee H.Y. Factors Associated with Emotional Exhaustion in South Korean Nurses: A Cross-Sectional Study. *Psychiatry Investig.* 2018 Jul; 15(7): 670–676. DOI: 10.30773/pi.2017.12.31. Epub. 2018 Jun 15. P. 1054–1057.
8. Hompoth E.A., Töreki A., Pető Z. [Investigation of the burnout syndrome among the employees of the Department of Emergency Medicine at the University of Szeged]. *Orv Hetil.* 2018 Jan; 159(3):113–118. DOI: 10.1556/650.2018.30933. P. 12–14.
9. Munnangi S., Dupiton L., Boutin A., Angus LDG Burnout, Perceived Stress, and Job Satisfaction Among Trauma Nurses at a Level I Safety-Net Trauma Center. *J Trauma Nurs.* 2018 январь / февраль, 25 (1): 4–13. DOI: 10.1097/JTN.0000000000000335. P. 45.
10. Prendergast C., Ketteler E., Evans G. Burnout in the Plastic Surgeon: Implications and Interventions. *Aesthet Surg J.* 2017 Mar 1; 37(3): 363–368. P. 158.

УДК 616-093/-098

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ И СТУДЕНТОВ-СПОРТСМЕНОВ**¹Хуснаризанова Р.Ф., ¹Гайнуллин Р.А., ¹Вильданов Т.Р.,****¹Шагаров Р.Т., ¹Мышляков В.С., ²Аминов Х.И.****¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»****Министерства здравоохранения Российской Федерации, Уфа, e-mail: rasulanesth03@mail.ru;****²ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Магас, e-mail: Mark_onail@mail.ru**

Оценка поверхностной и глубокой микрофлоры кожи в настоящее время является важным показателем неспецифической резистентности организма, но, к сожалению, редко применяется. Цель данной работы – оценить состояние микрофлоры кожных покровов, как показателя неспецифической резистентности организма. Проведена количественная оценка микробиоценоза кожи 40 студентов, проходящих по учебной программе медицинского университета, первого курса. Из них 8 (20%) – лица женского пола, 32 (80%) – лица мужского пола. Средний возраст – 20,1 лет (медиана – 19, межквартильный размах – 18–19). Обследуемая группа была разделена на две подгруппы: студенты, занимающиеся кикбоксингом (n = 20, 50%), контрольная подгруппа, в которую входили студенты, посещающие занятия физической культуры (n = 20, 50%). Оценка поверхностной и глубокой микрофлоры проводилась по Н.Н. Клемпарской и Г.А. Шальновой. В ходе проведенного исследования достоверной разницы показателей поверхностной и глубокой микрофлоры до физических нагрузок между подгруппами не выявлено. Количество КОЕ/6 см² микрофлоры кожных покровов после физических нагрузок студентов-спортсменов значимо (p < 0,05) выше не только аналогичных показателей своей подгруппы до проведения физических нагрузок, но и контрольной группы, что свидетельствует о более высоком напряжении неспецифической резистентности организма. Таким образом, в результате проведенного исследования следует отметить эффективность показателей состояния поверхностной и глубокой микрофлоры кожных покровов для оценки неспецифической резистентности организма. Тем не менее необходимо разработать новые с учетом региональных особенностей, критерии оценки состояния микрофлоры кожных покровов у различных групп населения для оценки неспецифической резистентности организма в условиях воздействия различных факторов.

Ключевые слова: микрофлора кожи, неспецифическая резистентность, иммуноскрининг, иммуномониторинг, поверхностная и глубокая микрофлора кожи, студенты, студенты-спортсмены

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF NONSPECIFIC RESISTANCE OF THE ORGANISM OF STUDENTS AND STUDENT-ATHLETES**¹Khusnarizanova R.F., ¹Gaynullin R.A., ¹Vildanov T.R.,****¹Shagarov R.T., ¹Myshlyakov V.S., ²Aminov Kh.I.****¹Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education «Bashkir State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ufa, e-mail: rasulanesth03@mail.ru;****²Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education «Ingush State University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Magas, e-mail: Mark_onail@mail.ru**

Assessment of superficial and deep skin microflora is important indicator of nonspecific resistance of an organism at the present time, but unfortunately it is seldom used. The purpose of this work to estimate a condition of skin microflora as indicator of nonspecific resistance of an organism. The quantitative assessment of a microbiocenosis of skin of 40 first-year students, passing according to the program of the medical university, was carried out. From them 8 (20%) – females, 32 (80%) – males. Middle age – 20.1 flyings (a median – 19, interquartile range – 18–19). The survey sample was divided into two subgroups: students – training kickboxing (n = 20, 50%), control subgroup into which the students attending classes of physical culture entered (n = 20, 50%). Assessment of superficial and deep microflora was carried out according to N.N. Klemparskaya and G.A. Shalnovaya. During the conducted research of a reliable difference of indicators of superficial and deep microflora before exercise stresses between subgroups was not revealed. Quantity KOE/6cm² of skin microflora of student-athletes after exercise stresses significantly (p < 0.05) more not only in their group before exercise stresses but also than control group that testifies to more high tension of nonspecific resistance of an organism. Nevertheless, it is necessary to develop new evaluation criteria of skin microflora conditions of various population groups for assessment of nonspecific resistance of an organism in the conditions of influence of various factors.

Keywords: skin microflora, nonspecific resistance, immunoscreening, immune monitoring, superficial and deep skin microflora, students, student-athletes

В современной системе высшего образования студенты подвергаются ежедневно психофизическому и умственному напряжению [1], на них влияют различные стрессогенные факторы, связанные с выбо-

ром образовательного профессионального маршрута, овладением знаниями и навыками основной деятельности, межличностными взаимодействиями и взаимодействиями с окружающей социальной средой [2],

в особую подгруппу из числа студентов нужно выделять студентов-спортсменов, так как они подвергаются дополнительной физической нагрузке [3]. Результатом этого является затрагивание иммунной системы, играющей важную роль в адаптационных и защитных реакциях организма, что приводит к нарушению естественной резистентности [4, 5] и к расстройству функционирования других систем организма [6–9]. В конечном итоге происходит ухудшение здоровья и общей работоспособности, ослабление мотивации к обучению, снижение успеваемости, возникновение психоэмоциональных расстройств [10, с. 412–413; 11].

Большое значение в диагностике до- и послеоперационных нарушений гомеостаза имеет угнетение системы неспецифической резистентности [12], которая включает в себя: кожу, слизистые оболочки, лимфатические узлы, воспаление, фагоцитоз, β -лизины, лизоцим, комплемент, пропердин, все это обеспечивает устойчивость организма к микробным воздействиям. Кожа является первым фактором системы неспецифической резистентности организма, который встречается с неблагоприятными факторами окружающей среды. Происходит нарушение функционального состояния биологических барьеров – кожных покровов и слизистых оболочек, что обусловлено угнетением активности тканевых бактерицидных субстанций, лактопероксидазы, лактоферрина, гидролитических ферментов [13], что отражается на количественном составе микроорганизмов и появлению транзитных форм. В настоящее время оценка поверхностной и глубокой микрофлоры кожи, к сожалению, редко применяется, несмотря на доступность, высокую информативность и простоту в использовании.

Цель исследования: оценка состояния микрофлоры кожных покровов, как показателя неспецифической резистентности организма.

Материалы и методы исследования

Проведена количественная оценка микробиоценоза кожи 40 студентов, проходящие по учебной программе первого курса на базе Башкирского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации. Из них 8 (20%) – лица женского пола, 32 (80%) – лица мужского пола. Средний возраст – 20,1 лет (медиана – 19, межквартильный размах – 18–19). Исследуемая группа была разделена на две подгруппы: студенты, занимающиеся кикбоксингом ($n = 20$, 50%), контрольная подгруппа, в которую входили студенты, посещающие занятия физической культуры ($n = 20$, 50%).

Оценка поверхностной и глубокой микрофлоры проводилась по Н.Н. Клемпарской и Г.А. Шальной [14]. Отпечатки кожи брали с локтевого сгиба левой руки с помощью бакпечаток параллельно на две среды: кровяной агар (КА) и среду Коростылева, до и после физических нагрузок. Для изучения поверхностной микрофлоры отпечатки с кожи отобраны без ее предварительной обработки, время аппликации – 5 с. При исследовании глубинной аутофлоры тот же участок кожи интенсивно обрабатывали ватным тампоном, смоченным 0,25% раствором аммиака, после подсыхания (1–1,5 мин) брали отпечатки. Подсчет колоний, выросших на питательных средах, был проведен спустя 24–48 ч, инкубация при 37 °С. Результат оценивался в виде КОЕ/6 см² кожи.

При интерпретации результатов учитывалось, что в норме на коже у здоровых людей при посеве на кровяном агаре обнаруживается 30–50 КОЕ поверхностной микрофлоры на 6 см² кожи, 50–100 КОЕ/см² глубинной аутофлоры, число гемолитических форм микробов не превышает 10% от общего числа. На среде Коростылева рост поверхностной аутофлоры в норме составляет 0–20 КОЕ/см², глубинной до 0–50 КОЕ/см²; количество манныразлагающих (МР) кокков колеблется в пределах 0–10% от общей численности микроорганизмов [14]. Увеличение количества гемолитических и манныразлагающих форм микробов свидетельствует о более патогенном составе кожной микрофлоры, что, в свою очередь, зависит от нарушения взаимоотношений макро- и микроорганизмов и указывает на ослабление защитных сил организма.

Математическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета прикладных программ Statsoft Statistica (США), версия 10.0. согласно рекомендациям по проведению медицинской статистики. При статистической обработке полученных данных были оценены такие параметры, как средние арифметические значения, стандартное отклонение, стандартная ошибка среднего, проверка на нормальность распределения проводилась с использованием критерия Колмогорова – Смирнова. Статистическая значимость различий между подгруппами оценивалась по критерию Манна – Уитни. Различия до и после физических нагрузок рассчитывались по критерию Вилкоксона. Различия считались достоверными при уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов исследования показал, что до проведения физических нагрузок содержание поверхностной и глубокой микрофлоры на кровяном агаре в группе 40 студентов составило $45 \pm 0,7$ и $91,3 \pm 1,2$, на среде Коростылева – $20,2 \pm 1,2$ и $5,9 \pm 0,9$ соответственно. После исключения из выборки данных, содержащих грубые ошибки, в первой подгруппе осталось 18 человек, во второй – 19. Поверхностная микрофлора кожи студентов-спортсменов до тренировок на кровяном агаре – $48 \pm 0,7$, в контрольной подгруппе – $43,3 \pm 1,2$, на среде Коростылева – $22 \pm 1,2$ и $19,5 \pm 0,9$ соответственно. Глубокая микрофлора на кровяном агаре в 1 подгруппе

пе – $94 \pm 1,4$, во 2 подгруппе – $87,6 \pm 1,4$, на среде Коростелева – $22,5 \pm 0,8$ и $16,8 \pm 0,8$ соответственно. Процентное число гемолитических форм из общего числа поверхностной и глубокой микрофлоры в подгруппе студентов-спортсменов составило 13,5% и 17,6%, что выше нормы, 4,2% и 18,3% в контрольной подгруппе. В подгруппе студентов – спортсменов маннитразлагающих кокков до и после тренировок не обнаружено. В контрольной подгруппе составило – 1,2% и 2,1% соответственно поверхностной и глубокой микрофлоре, что также укладывается в пределы нормы. Статистических различий между студентами-спортсменами контрольной подгруппой по общему числу поверхностных и глубоких КОЕ/6 см² на кровяном агаре и среде Коростелева не выявлено ($p > 0,05$), что является нормой, однако отмечается достоверная разница ($p < 0,05$) по содержанию гемолитических форм, что позволяет нам предположить, что на первой подгруппе, занимающихся регулярно спортом, сказывается напряжение в виде физических нагрузок.

Из данных представленных в таблице следует, что после физических нагрузок количество поверхностной микрофлоры, выросшей на кровяном агаре в 1 и 2 подгруппах, достоверно ($p < 0,005$) увеличилось в 0,8 раз соответственно. На среде Коростелева, напротив, снизилось ($p < 0,001$) в 3,2 и 3,8 раза, что может быть связано с бактерицидными свойствами пота. Глубокая

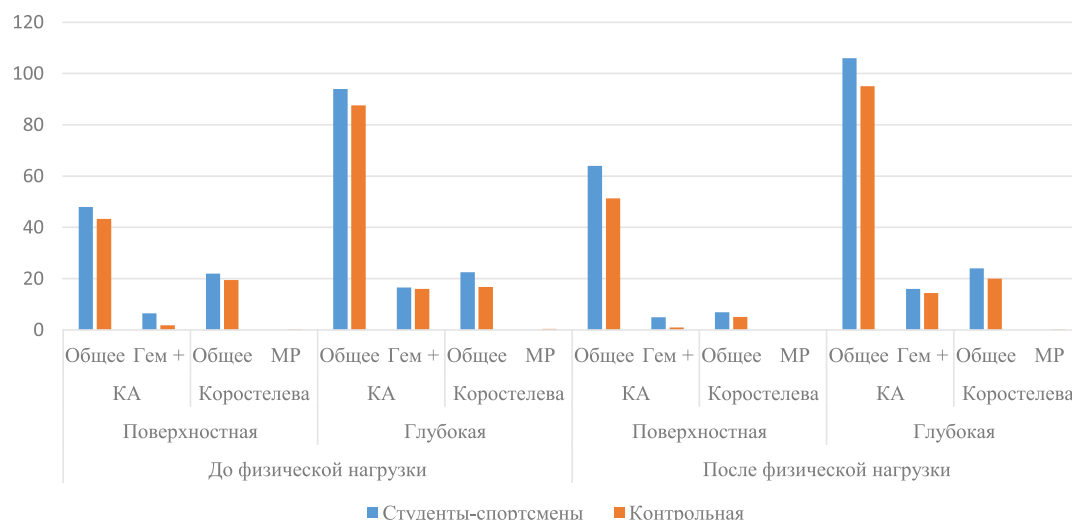
микрофлора на кровяном агаре в подгруппе студентов-спортсменов и в подгруппе контроля увеличилась в 0,9 и 0,9 раза, уровень достоверности составил $p < 0,005$ и $p < 0,05$ соответственно, что указывает на напряжение в неспецифической резистентности организма обеих подгрупп. Достоверных различий глубинной микрофлоры на среде Коростелева до и после физических нагрузок не установлено. Также достоверно ($p < 0,05$) выявлено снижение количества гемолитических форм в подгруппе студентов-спортсменов и контрольной в 1,7 и 2,2 раза. Количество маннитразлагающих кокков в пределах нормы, достоверных различий нет.

Сравнительный анализ показателей содержания поверхностной микрофлоры на кровяном агаре и среде Коростелева до физических нагрузок, между контрольной подгруппой и подгруппой студентов-спортсменов не выявило достоверных различий, несмотря на это на рисунке видно, что небольшие отличия существуют. Однако содержание гемолитических форм студентов-спортсменов превышают в 3,6 раза контрольной подгруппы. После физических нагрузок, в первой подгруппе количество поверхностной и глубокой микрофлоры в 1,2 и 1,1 раза выше контрольной, уровень достоверности $p < 0,05$. Содержание гемолитических форм студентов – спортсменов превышают в 5 раз контрольной подгруппы.

Аутофлора кожи студентов-спортсменов и контрольной подгруппы до и после тренировок

Среда	Группа студентов	Период	Показатель ($M \pm \text{Std.err.}$)			
			Поверхностная микрофлора		Глубокая микрофлора	
			Всего	Гем. форма / маннитразлагающая форма	Всего	Гем. форма / маннитразлагающая форма
				%		%
Кровяной агар	1 – студенты-спортсмены n = 18	До тренировок	$48 \pm 0,7$	13,5	$94 \pm 1,4$	17,6
		После тренировок	$64 \pm 2,4^{***}$	7,8**	$106 \pm 1,2^{***}$	15,1
	2 – контрольная подгруппа n = 19	До тренировок	$43,3 \pm 1,2$	4,2	$87,6 \pm 1,4$	18,3
		После тренировок	$51,3 \pm 0,7^{***}$	1,9**	$95,1 \pm 1,2^*$	15,1
Среда Коростелева	1 – студенты-спортсмены n = 18	До тренировок	$22 \pm 1,2$	0	$22,5 \pm 0,8$	0
		После тренировок	$6,9 \pm 0,7^{****}$	0	24 ± 1	0
	2 – контрольная подгруппа n = 19	До тренировок	$19,5 \pm 0,9$	1,2	$16,8 \pm 0,8$	2,1
		После тренировок	$5,1 \pm 0,7^{****}$	0	$20 \pm 1,8$	1

Примечание: * – статистически достоверные различия до и после тренировок $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,005$; **** – $p < 0,001$. На кровяном агаре учитывалась гемолитическая форма, на среде Коростелева – маннитразлагающая форма.



Сравнительный анализ аутофлоры кожи между студентами-спортсменами и контрольной подгруппой

При сравнении содержания поверхностной и глубокой микрофлоры у женщин и мужчин существенных различий не выявлено ($p \geq 0,5$).

Заключение

1. В ходе проведенного исследования достоверной разницы показателей поверхностной и глубокой микрофлоры до физических нагрузок между подгруппами не выявлено.

2. Количество КОЕ/6 см² микрофлоры кожных покровов после физических нагрузок студентов-спортсменов значимо ($p < 0,05$) выше не только аналогичных показателей своей подгруппы до проведения физических нагрузок, но и контрольной группы, что свидетельствует о более высоком напряжении неспецифической резистентности организма.

3. Таким образом, в результате проведенного исследования следует отметить эффективность показателей состояния поверхностной и глубокой микрофлоры кожных покровов для оценки неспецифической резистентности организма. Тем не менее необходимо разработать новые с учетом региональных особенностей, критерии оценки состояния микрофлоры кожных покровов у различных групп населения для оценки неспецифической резистентности организма в условиях воздействия различных факторов.

Список литературы

1. Фетисов А.С. Проблемы адаптации студентов к образовательной деятельности в вузе // Мир образования – образование в мире. 2010. № 1. С. 148–156.
2. Поздняков И.А. Проблемы адаптации иностранных студентов в России в контексте педагогического сопровождения // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2010. № 121. С. 161–167.

3. Орловская Ю.В., Фирсова И.С., Шафранская А.Н. Тест аутомикрофлоры кожи как критерий резистентности организма на производстве и в спорте при реализации программ восстановительной медицины // Вестник восстановительной медицины. 2008. № 3 (25). С. 52–53.

4. Полиевский С.А., Иванов А.А., Церябина В.В. Эффективность применения биокорректора «Суперпротамин» в восстановительном лечении больных после сотрясения головного мозга // Вестник восстановительной медицины. 2009. № 1 (29). С. 77–79.

5. Потехина Н.Н. Научное обоснование системы нутриционной профилактики заболеваний, связанных со снижением естественной резистентности организма военнослужащих: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Москва, 2004. 47 с.
6. Нобл У.К. Микробиология кожи человека. Пер. с англ. М., 1986. 493 с.
7. Замбрицкий О.Н., Езепчик Ю.И., Герасимчук М.О. Оценка состояния неспецифической резистентности организма по иммунологическим показателям слюны и кожи // Здоровье и окружающая среда. 2012. № 21. С. 73–77.

8. Лавинский Х.Х., Кулеша З.В., Рябова Н.В. Иммуни-тет как интегральный показатель функционального состояния организма // Здоровье и окружающая среда. 2011. № 18. С. 41–44.
9. Khusnarizanova R.F., Vildanov T.R., Shagarov R.T. Evaluation of skin microflora in people who have been in extreme conditions. European Journal of Natural History. 2018. № 1. P. 31–32.
10. Жариков Н.М., Тюльпин Ю.Г. Психиатрия. М., 2009. 832 с.

11. Эрдынеева К.Г., Филиппова В.П. Суицидальное поведение студентов: кросскультурное исследование. М., 2011. 251 с.
12. Орловская Ю.В., Фирсова И.С., Шафранская А.Н. Тест аутомикрофлоры кожи как критерий резистентности организма на производстве и в спорте при реализации программ восстановительной медицины // Вестник восстановительной медицины. 2008. № 3 (25). С. 52–53.

13. Рахманин Ю.А., Литвинов Н.Н. Научные основы диагностики донозологических нарушений гомеостаза при хронических химических нагрузках // Гигиена и санитария. 2004. № 1. С. 9–11.

14. Клемпарская Н.Н., Шальновская Г.А. Методические рекомендации по оценке иммунологической реактивности людей на основании состояния аутофлоры кожи и полости рта. МЗ СССР. М., 1978. 22 с.

УДК 617-089-08:615.273.52

КЛИНИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МОНИТОРИНГ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ИНЦИДЕНТА В ВИДЕ КРИТИЧЕСКОЙ ПРОСВЕТНОЙ КРОВОПОТЕРИ

^{1,2}Чынгышова Ж.А., ²Чапыев М.Б., ²Эраалиев Б.А., ²Мамажусупов Н.А.

¹Кыргызская государственная медицинская академия имени И.К. Ахунбаева,
Бишкек, e-mail: chapyev75@mail.ru;

²Национальный хирургический центр Министерства здравоохранения
Кыргызской Республики, Бишкек

В статье изложены результаты стратификационного мониторинга интраоперационных критических инцидентов, связанных с острой кровопотерей. С учетом того, что хирургическую тактику во многом определяет не только скорость просветного кровотечения, но и степень острой кровопотери, а также такие факторы риска, как преклонный возраст пациентов и тяжесть их состояния, обобщены результаты интраоперационной инфузионно-трансфузионной терапии (ИО ИТТ) в рамках анестезиолого-реанимационного обеспечения хирургических вмешательств у пациентов с ЯБ ДПК, осложненной кровотечением, основываясь на принципах доказательной медицины (ДМ). Предметом исследования было сравнительное обоснование вариантов программы ИО ИТТ в зависимости от предпринятой тактики: 1) активной; 2) активно-выжидательной. Нужно отметить, что исходным утверждением было то же самое, что и при освещении хирургических аспектов: во-первых, мета-анализ диссертационных и монографических исследований показали что смертность возрастает с каждым новым кровотечением и с каждой порцией кровопотери, поэтому дожидаться повторного кровотечения и повторной кровопотери принципиально неправильно, то есть нужно оперировать, но под прикрытием ИО ИТТ, желательно в ранние сроки; во-вторых, факт активного язвенного кровотечения, не поддающегося консервативной остановке, а также факт усугубляющейся просветной кровопотери автоматически выдвигает вопрос об экстренной либо срочной операции под прикрытием ИО ИТТ; в-третьих, мнение о чрезмерной опасности операции у активно кровоточащего больного и значительной просветной кровопотери в значительной мере преувеличено. Как правило, в таких случаях опасна не операция, а излишнее выжидание, то есть нужно решаться на операцию под прикрытием ИО ИТТ в ранние сроки.

Ключевые слова: мониторинг, интраоперационная кровопотеря, полость

CLINICAL AND PROBABILITY MONITORING OF INTRAOPERATIVE INCIDENT IN THE FORM OF CRITICAL CLEAR BLOOD LOSS

^{1,2}Chyngyshova Zh.A., ²Chapayev M.B., ²Eraaliev B.A., ²Mamazhusupov N.A.

¹Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev, Bishkek, e-mail: chapyev75@mail.ru;

²National surgical center of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek

In article results of stratification monitoring of the intraoperative critical incidents connected with sharp blood loss are stated. Taking into account that, the fact that surgical tactics is defined in many respects by not only the speed of cavity bleeding, but also degree of sharp blood loss and also such risk factors as old age of patients and weight of their state results of interoperation infusion-transfusion therapy (IO ITT) within anesthesiologist-resuscitation ensuring surgical interventions at patients from stomach ulcer of a stomach and duodenum complicated by bleeding are generalized. At the same time based on the principles of the evidential medicine (EM). Comparative justification of versions of the IO ITT program depending on the undertaken tactics was an object of research: 1) Active; 2) Active and waiting. It should be noted that the same, as at illumination of surgical aspects was an initial statement: first, meta-analysis of dissertation and monographic researches was shown that mortality increases with each new bleeding and every portion of blood loss therefore to wait for repeated bleeding and repeated blood loss essentially incorrectly, that is it is necessary to operate, but under cover of IO ITT, it is desirable in early terms; secondly, the fact of the active ulcer bleeding which is not giving in to a conservative stop and also the fact of the aggravated cavity blood loss automatically puts forward a question of the emergency or urgent operation under cover of IO ITT; thirdly, opinion on excessive danger of operation at actively bleeding patient and considerable cavity blood loss considerably it is increased. As a rule, in such cases not operation, but excessive waiting is dangerous, that is it is necessary to decide on operation under cover of IO ITT in early period.

Keywords: monitoring, intraoperative blood loss, cavity

Национальный хирургический центр (НХЦ) на протяжении последних 10 лет (2007–2017) ведет исследовательскую работу по повышению эффективности интраоперационной инфузионно-трансфузионной терапии (ИО ИТТ) у больных с язвен-

ной болезнью двенадцатиперстной кишки (ЯБ ДПК), осложненной острым и массивным просветным кровотечением.

Цель работы: стратификация мониторинга интраоперационных критических инцидентов, связанных с острой кровопотерей.

Материалы и методы исследования

С учетом того, что хирургическую тактику во многом определяет не только скорость просветного кровотечения, но и степень острой кровопотери, а также такие факторы риска, как преклонный возраст пациентов и тяжесть их состояния, обобщены результаты ИО ИТТ в рамках анестезиолого-реанимационного обеспечения хирургических вмешательств у пациентов с ЯБ ДПК, осложненной кровотечением.

При этом основываясь на принципах доказательной медицины (ДМ). Предметом исследования было сравнительное обоснование вариантов программы ИО ИТТ в зависимости от предпринятой тактики: 1) активной; 2) активно-выжидательной.

Нужно отметить, что исходным утверждением было то же самое, что и при освещении хирургических аспектов: во-первых, метаанализ диссертационных и монографических исследований показал, что смертность возрастает с каждым новым кровотечением и с каждой порцией кровопотери, поэтому дожидаться повторного кровотечения и повторной кровопотери принципиально неправильно, то есть нужно оперировать, но под прикрытием ИО ИТТ, желательно в ранние сроки; во-вторых, факт активного язвенного кровотечения, не поддающегося консервативной остановке, а также факт усугубляющейся просветной кровопотери автоматически выдвигает вопрос об экстренной либо срочной операции под прикрытием ИО ИТТ; в-третьих, мнение о чрезмерной опасности операции у активно кровоточащего больного и значительной просветной кровопотери в значительной мере преувеличено. Как правило, в таких случаях опасна не операция, а излишнее выжидание, то есть нужно решаться на операцию под прикрытием ИО ИТТ в ранние сроки.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами выполнена выборка данных ряда диссертаций за период 2000–2009 гг., в материалах которых превалирует та или иная хирургическая тактика, основанная, прежде всего, на таких аргументах, как скорость кровотечения (Фактор № 1), тяжесть состояния пациента (Фактор № 2); степень кровопотери (Фактор № 3), преклонный возраст пациентов (Фактор № 4).

Итак, в табл. 1 приведены сводные данные по диссертационным исследованиям, авторы которых по результатам своих исследований придерживаются и рекомендуют активную хирургическую тактику у больных с ЯБ ДПК, осложненной просветной кровопотерей, основываясь на том исходном утверждении, что с каждой кровопотерей происходит ослабление компенсаторных возможностей организма, а потому следует активизировать сроки хирургического вмешательства под прикрытием ИО ИТТ.

Как видно из табл. 1, практически у большинства авторов, включенные в метаанализ при использовании активной хирургической тактики ОШ достигает 3,2–3,8, свидетельствующих о том, что шансы на благоприятный исход составляют 32–38%. Риск неблагоприятного исхода не превышает $1,8 \pm 0,4$.

Параллельно нами выполнена выборка данных ряда диссертаций, в материалах которых превалирует выжидательная хирургическая тактика (табл. 2).

Как видно из табл. 2, практически у большинства авторов, включенные в метаанализ при использовании выжидательной хирургической тактики ОШ не достигает 3,0. Лишь у 3-х авторов этот показатель превышает 3,0.

Нами выделены несколько категорий авторов, в зависимости от того, на каком факторе (№ 1–4) они акцентируют внимание и какой соответствующий маршрут (№ 1–5) внутригоспитального продвижения пациентов они считают предпочтительным:

1-я категория – это сторонники ранних и радикальных операций под прикрытием ИО ИТТ, которые акцентируют внимание на факторе № 1 (скорость кровотечения) и считают, что для пациентов наиболее предпочтительным является маршрут № 1 (приемное отделение → операционная);

Таблица 1

Результаты выкопировки диссертационных данных сторонников активной тактики по оценке благоприятного (+) и неблагоприятного (–) исходов с расчетом ОШ и ОР

Ф.И.О. диссертанта	Год	Активная тактика		Выжидательная тактика		Показатели	
		+	–	+	–	ОШ	ОР
Томников В.Ю.	2000	55	10	48	5	3,4	2,6
Алмазкин В.Ю.	2000	46	8	39	6	3,1	2,2
Алекберзаде А.В.	2003	168	29	102	26	3,6	2,7
Воробьев В.М.	2006	77	18	62	22	2,6	1,8
Коваленко А.А.	2007	62	12	42	15	2,7	1,9
Авад Х.М.	2009	52	4	46	4	3,8	2,6
Абуладзе И.О.	2009	66	10	45	18	2,8	2,1
Алыбаев Э.А.	2009	54	42	12	36	22	14
Исмаилов К.К.	2007	72	5	32	6	3,0	1,9

Таблица 2

Результаты выкопировки диссертационных данных сторонников активно-выжидательной тактики по оценке благоприятного (+) и неблагоприятного (–) исходов с расчетом ОШ и ОР

Ф.И.О. диссертанта	Год	Активная тактика		Выжидательная тактика		Показатели	
		+	–	+	–	ОШ	ОР
Голубев С.В.	2000	48	9	122	20	2,6	1,9
Кутманбеков А.К.	2002	123	28	157	39	2,6	2,0
Вайташевская Н.В.	2005	56	12	102	26	2,5	1,8
Евсеев М.А.	2005	62	14	126	23	3,2	2,5
Кривоносов К.В.	2005	74	14	120	22	2,6	1,6
Антонов В.Н.	2006	32	8	74	14	2,3	1,4
Андреасян А.Р.	2006	46	9	66	12	3,6	2,1
Варданян Э.С.	2008	40	8	88	12	3,1	1,9
Абуладзе И.О.	2009	88	4	69	8	2,9	2,0
Краснов О.А.	2009	122	12	101	14	2,8	2,1
Комаров Л.Н.	2009	34	3	45	8	3,4	2,0

2-я категория – сторонники экстренных операций и интенсивной предоперационной ИТТ, которые считают приоритетным при выборе хирургической тактики фактор № 2 (тяжесть состояния пациента), а что касается маршрутизации больных, то они предпочитают рекомендовать маршрут № 2 (приемное отделение → ОАР (отделение анестезиологии и реанимации) → операционная);

3-я категория – сторонники активно-выжидательной тактики, рекомендуемые отсроченные операции, и предоперационной ИТТ, которые заостряют внимание на факторе № 3 (степень острой кровопотери) и рекомендуют придерживаться маршрута № 3 (приемное отделение → эндоскопическое отделение → ОАР);

4-я категория – сторонники активно-выжидательной тактики и предоперационной ИТТ, которые считают важным и определяющим хирургическую тактику такой фактор, как преклонный возраст больных (Фактор № 4), а в качестве оптимального продвижения пациентов рекомендуют маршрут № 4 (приемное отделение → эндоскопическое отделение – ОАР);

5-я категория – сторонники выжидательной тактики на фоне предоперационной ИТТ с учетом разных факторов риска, которые уверены в том, что выбор хирургической тактики должен быть определен на основании учета всех факторов риска в комплексе. Они рекомендуют чаще использовать маршрут № 5 (приемное отделение → специализированное отделение).

Со сторонниками 1-й категории и их установками солидарны ряд исследователей, в числе которых В.К. Гостищев и со-

авт. (2007) [1], И.И. Затевахин и соавт. (2011) [2], Н.А. Яицкий и соавт. (2012) [3], которые подчеркивают, что результаты экстренных операций по поводу рецидивов дуоденальных кровотечений неблагоприятны: летальность составляет 34–73 %, а у пациентов > 60 лет этот показатель > 80 %. В этом аспекте следует провести экстренную операцию на высоте кровотечения в условиях адекватной ИО ИТТ.

Со сторонниками 2-й категории солидарны ряд исследователей, в числе которых А.К. Кутманбеков (2012) [4], И.О. Абуладзе (2009) [5], К.К. Исмаилов (2017) [6], которые приводят сведения о том, что применение в рамках дифференцированной хирургической тактики лечебно-диагностического алгоритма, основанного на комплексном прогнозировании рецидива язвенного кровотечения и оценке тяжести состояния пациента, позволяет исключить возникновение повторной геморрагии и объективизирует возможность проведения неотложных оперативных вмешательств у больных разных возрастных групп.

Такой подход снижает летальность при ЯБ ДПК, осложненной просветной кровопотерей во всех возрастных группах [4–6].

Ряд авторов монографий, посвященных проблеме ЯБ, в числе которых С.А. Алексеев и соавт. (2000) [7], В.К. Гостищев и соавт. (2015) [8], С.А. Афендулов и соавт. (2016) [9], указывают на то, что выбор тактики лечения при язвенном кровотечении должен носить индивидуальный характер и основываться на результатах эндоскопического исследования, степени кровопотери, надежности гемостаза, достоверном

прогнозе вероятности рецидива кровотечения, а также учета операционно-анестезиологического риска. По их мнению, предпочтительной является все же активно-выжидательная тактика [7–9].

Со сторонниками 3-й категории выражают свое согласие следующая группа исследователей, в числе которых В.М. Воробьев (2006) [10], В.Н. Антонов (2006) [11], А.В. Климашевич (2007) [12], которые считают, что необходимость экстренной операции нужно признавать лишь при рецидивных дуоденальных кровотечениях, а во всех остальных случаях необходимо придерживаться выжидательной тактики. Причем в первоочередную задачу должна входить коррекция кровопотери в ОАР [10–12].

По мнению большинства исследователей [13–15], наиболее радикальной операцией у больных с ЯБ ДПК, осложненной просветной кровопотерей, является резекция желудка. Безусловно, она может оказаться трудно выполнимой, но все же такой объем операции необходим даже в условиях острой кровопотери, но под прикрытием ИО ИТТ.

Также со сторонниками 4-й категории выражают согласие следующие исследователи: В.М. Воробьев (2006) [10], В.Н. Антонов (2006) [11], А.В. Климашевич (2007) [12], которые считают, что уменьшение у больных с язвенным кровотечением числа неотложных операций при дифференцированном тактическом подходе является основной причиной снижения общей летальности у пациентов преклонного возраста [10–12].

А такие исследователи, как А.К. Кутманбеков (2012) [4], В.Н. Антонов (2006) [11], считая, что выявленные негативные последствия выжидательной и активной тактики у больных старших возрастных групп позволяет рекомендовать хирургам и анестезиологам-реаниматологам отказаться от активных тактических подходов у пациентов пожилого и старческого возраста [4, 11].

Со сторонниками 5-й категории солидарны авторы, в числе которых С.А. Алексеев и соавт. (2000) [7], С.А. Афендулов и соавт. (2001) [8], В.К. Гостищев и соавт. (2005) [9] считают, что показания к неотложной операции при язвенном кровотечении возникают примерно у 25 % больных, однако на практике этот вопрос решают поразному и оперируют от 25 % до 82,3 % язвенных кровотечений. Причем результаты активных операций обнадеживают [7–9].

Таким образом, клинический и вероятный мониторинг непосредственных результатов различных тактических подходов позволяет аргументировать хирургическую, а также анестезиолого-реанимационную

тактику у пациентов с ЯБ ДПК, осложненной острой кровопотерей.

Мы склонны придерживаться дифференцированного тактического подхода, включающего комплекс мероприятий по оценке степени кровопотери, тяжести состояния пациента, прогнозированию рецидива геморрагии, применению оптимальной программы ИО ИТТ, наряду с активной гемостатической терапией. Речь идет об активной тактике. Однако не лишена логики активно-выжидательная тактика, по сравнению с выжидательной. Активно-выжидательная тактика позволила многим авторам уменьшить число неотложных оперативных вмешательств, избегать при возникновении рецидива кровотечения так называемых «операций отчаяния» при неадекватном для проведения вмешательства статусе пациента, что подтверждено принципиальным снижением уровня общей летальности у данной категории больных.

На наш взгляд, опыт НХЦ, а также метаанализ соответствующих источников информации показал, что в основе улучшения непосредственных результатов хирургического лечения больных с язвенными кровотечениями лежит снижение доли экстренных паллиативных операций, дающих большое число осложнений и высокую летальность, и, наоборот, увеличение доли резекции желудка, а в ряде наблюдений по показаниям – органосохраняющих вмешательств, выполняемых в срочном и отсроченном порядке.

Выводы

Как в 1-й, так и во 2-й период результаты мета-анализа диссертационных и монографических исследований свидетельствуют о том, что исходы операций находятся не только в прямой зависимости от таких факторов, как скорость кровотечения, тяжесть состояния пациентов, массивности кровопотери и преклонного возраста пациентов. Установлено, что в оба периода исследования экстренные операции являются более результативными, нежели отсроченные операции.

Список литературы

1. Гостищев В.К. Проблема выбора метода лечения при острых гастродуоденальных язвенных кровотечениях // Хирургия. 2017. № 7. С. 7–11.
2. Затевахин И.И. Новые технологии в лечении язвенных гастродуоденальных кровотечений. М., 2011. 166 с.
3. Яицкий Н.А. Язвы желудка и двенадцатиперстной кишки. М.: «Мед-пресс информ», 2012. 376 с.
4. Кутманбеков А.К. Комплексное определение метода и срока лечения при гастродуоденальных кровотечениях язвенной этиологии: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Бишкек, 2012. 45 с.

5. Абуладзе И.О. Кровотечение из острых гастродуоденальных язв: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2009. 18 с.
6. Исмаилов К.К. Пилорoduоденопластика при перфоративных пилорoduоденальных язвах с противорецидивной терапией: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Бишкек, 2016. 22 с.
7. Алексеенко С.А. Язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки. Хабаровск, 2000. 120 с.
8. Гостищев В.К. Острые гастродуоденальные язвенные кровотечения: от стратегических концепций к лечебной тактике. М., 2015. 350 с.
9. Афендулов С.А. Стратегия хирургического лечения язвенной болезни // Хирургия. 2016. № 5. С. 26–28.
10. Воробьев В.М. Выбор тактики лечения больных с острыми гастродуоденальными кровотечениями язвенной этиологии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 2006. 21 с.
11. Антонов В.Н. Эндоскопический гемостаз и прогноз рецидива кровотечения при хронических гастродуоденальных язвах (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иркутск, 2006. 19 с.
12. Климашевич А.В. Мониторинговая коррекция желудочной секреции в профилактике рецидива язвенного гастродуоденального кровотечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Саратов, 2007. 24 с.
13. Авад Х.М. Хирургическая тактика и выбор метода операции при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, осложненной кровотечением: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2009. 22 с.
14. Grilli, R. Practice guidelines developed by specialty societies: The need for a critical appraisal // Lancet. 2010. V. 355. № 2. P. 103–106.
15. Алыбаев Э.У., Абдуллаев Ж.С. Эндоскопическая картина оперированного желудка после различных вариантов операций при перфоративных и кровоточащих гастродуоденальных язвах // Хирургия Кыргызстана. 2016. № 3. С. 40–43.

УДК 611.811.018

ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ КОРЫ ПОЛЯ 7 ВЕРХНЕЙ ТЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ МОЗГА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ

Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И.

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, e-mail: pavelscn@yandex.ru

Изучена толщина коры и толщина цитоархитектонических слоёв коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в трёх возрастах: I группа – зрелый возраст (мужчины – $28,0 \pm 5,1$ лет, женщины – $25,8 \pm 6,1$ лет); II группа – пожилой возраст (мужчины – $66,2 \pm 5,4$ лет, женщины – $67,2 \pm 4,8$ лет); III группа – старческий возраст (мужчины – $86,0 \pm 2,3$ лет, женщины – $83,2 \pm 2,9$ года). Всего изучено 15 мозгов мужчин и 15 мозгов женщин, не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями, причиной смерти которых являлся несчастный случай или соматическая патология. Исследование выполнено на фронтальных срезах мозга мужчин и женщин толщиной 20 мкм, окрашенных по методу Ниссля. Полученные данные показывают различие возрастных изменений толщины коры поля 7 и толщины цитоархитектонического слоя III поля 7 коры мозга мужчин и женщин. Установлено, что для мужчин характерно значимое уменьшение толщины коры изученной области мозга только в пожилом возрасте, а для женщин в пожилом и старческом возрастах. Для слоя III поля 7 коры мозга женщин, так же как и для толщины коры поля 7, характерно более раннее уменьшение значения его толщины.

Ключевые слова: старение, мозг мужчин, мозг женщин, поле 7, кора мозга

CHANGES IN THE THICKNESS OF CORTEX AREA 7 OF SUPERIOR PARIETAL REGION OF MEN'S AND WOMEN'S BRAIN IN AGING

Agapov P.A., Bogolepova I.N., Malofeeva L.I.

Research Center of Neurology, Moscow, e-mail: pavelscn@yandex.ru

The thickness of the cortex and the thickness of the cytoarchitectonic layers of the cortex area 7 of the superior parietal lobule of brains of men and women were studied at three ages: group I – mature age (men 28.0 ± 5.1 years old, women 25.8 ± 6.1 years old), group II – elderly age (men 66.2 ± 5.4 years old, women 67.2 ± 4.8 years old), group III – senile age (men 86.0 ± 2.3 years old, women 83.2 ± 2.9 years old). Totally, there were studied 15 brains of men and 15 brains of women who didn't suffer from any mental and neurological diseases during their lifetime, the cause of death was an accident or somatic pathology. The study was performed on the total frontal slices of brains of men and women, the slices which were painted by Nissle method were 20 mkm thick. Our research showed differences of age-related changes of the thickness of cortex area 7 and the thickness of cytoarchitectonic layer III of cortex area 7 of men's and women's brain. We established that a significant reduction of the cortex thickness of the studied area of brain cortex occurs only at an elderly age for men and at an elderly and a senile age for women. For layer III of cortex area 7 of women's brain, as well as for the thickness of cortex area 7 there is an earlier and more expressed reduction of thickness.

Keywords: aging, brain of men, brain of women, area 7, cortex

Верхняя теменная область мозга человека играет важную функциональную роль при взаимодействии человека с окружающим пространством, а именно участвует в контроле движений и вторичной переработке зрительной информации, в восстановлении из памяти зрительных образов и их фиксации [1]. Она отвечает за переключение и поддержание внимания, за восприятие пространства [2, 3]. Методами функциональной магнитно-резонансной томографии показаны отличия между мужчинами и женщинами в ориентации в пространстве и при выполнении тестов мысленного вращения предметов, в скорости выполнения которых мужчины превосходят женщин [4], а также выявлены отличия активации структур мозга мужчин и женщин, участвующих в этих процессах [5].

На протяжении многих лет остаётся актуальным изучение старения мозга человека. В результате исследований создан ряд

теорий старения человека [6]. Рассматривая темпы возрастных изменений мозга человека, в литературе наибольшее распространение получила лобная гипотеза [7, 8], которая была создана на основе анализа исследований возрастных изменений когнитивных способностей человека и морфологических особенностей строения и развития коры мозга, начиная от пренатального онтогенеза и заканчивая старческим периодом жизни человека. Авторы, придерживающиеся данной теории, считают, что наиболее рано начинают стареть филогенетически новые структуры мозга, то есть «последние сформировавшиеся в онтогенезе – первые на выход из строя», а именно, процесс старения в некотором смысле является обратным по отношению к филогенетическому развитию: области мозга, заканчивающие формирование своей структуры наиболее поздно являются более уязвимыми к возрастным изменениям.

В последние десятилетия, благодаря развитию методов магнитно-резонансной томографии (МРТ), появились новые данные, характеризующие старение мозга. Эти методы позволяют оценивать толщину коры и количество серого вещества комплексно во всем мозге и в отдельных его структурах [9]. На сегодняшний день методами МРТ, проведенных на больших выборках, показано возрастное уменьшение толщины коры как во всем мозге, так и в отдельных его регионах. В последние годы совершенствование методов исследования происходило огромными темпами, что привело к появлению работ, в которых изображения, полученные методом МРТ, могут быть сопоставимы по своей детализации с гистологическими срезами [10]. Однако на МРТ-изображениях высокого разрешения невозможно дифференцировать отдельные цитоархитектонические слои коры мозга и точно определить границы цитоархитектонических полей коры мозга, что не позволяет более детально, на клеточном уровне, изучить возрастные изменения, происходящие в мозге человека, понять их механизм и природу возникновения. Поэтому, несмотря на преимущества современных методов нейровизуализации, изучение цитоархитектоники коры мозга человека остаётся актуальным и на сегодняшний день. Работ, посвященных изучению изменениям толщины коры мозга человека в процессе старения, выполненных на гистологических срезах, встречается в литературе крайне мало, а публикации по изучению старения коры поля 7 верхней теменной области на цитоархитектонических срезах мозга человека практически отсутствуют.

Целью нашей работы стало: цитоархитектоническое изучение изменения толщины коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в процессе старения.

Материалы и методы исследования

Изучение коры поля 7 мозга мужчин и женщин проведено на непрерывных сериях фронтальных парафинных срезов левых и правых полушарий мозга 15 мужчин и 15 женщин трех возрастных групп: I группа – зрелый возраст (мужчины – $28,0 \pm 5,1$ лет, женщины – $25,8 \pm 6,1$ лет); II группа – пожилой возраст (мужчины – $66,2 \pm 5,4$ лет, женщины – $67,2 \pm 4,8$ лет); III группа – старческий возраст (мужчины – $86,0 \pm 2,3$ лет, женщины – $83,2 \pm 2,9$ года). Окраска препаратов выполнена по методу Ниссля. Толщина срезов составляла 20 мкм. Во всех случаях изучался мозг мужчин и женщин, умерших от несчастного случая или соматической патологии и не страдавших при жизни психическими и неврологическими заболеваниями.

На каждом 40-м срезе выделялся участок коры поля 7 в центре медиальной поверхности верхней теменной области в соответствии с цитоархитектонической характеристикой данного поля.

Исследование толщины коры проводилось на участках коры с выраженной радиарной исчерченностью, измерялась общая толщина коры и толщина отдельных цитоархитектонических слоёв коры поля 7. Измерения толщины коры проводились на стереомикроскопе МБС-9, оборудованном камерой-окулярном DCM 130 в программе Scopephoto.

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 12. Отличия изученных показателей определялись с использованием U-критерия Манна – Уитни и считались достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Измерив толщину коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в трёх возрастных группах, мы выявили изменение её толщины.

Толщина коры поля 7 мозга мужчин зрелой группы составляла в среднем 2,510 мм в правом полушарии и 2,563 мм в левом, в пожилом возрасте у мужчин отмечается статистически значимое снижение ($p \leq 0,005$) её толщины в левом полушарии на 5,3%, в правом полушарии на 6,2%. В старческом возрасте при сравнении с пожилым возрастом значение толщины коры у мужчин практически не изменилось (уменьшение менее 1%). В среднем в популяции мужчин толщина коры поля 7 в процессе старения от зрелого возраста к старческому возрасту снизилась на 6,9% как в левом, так и в правом полушарии (рис. 1).

Толщина коры поля 7 мозга женщин в пожилом возрасте значимо ($p \leq 0,005$) уменьшается в левом полушарии мозга – на 6,3%, в свою очередь в правом полушарии толщина коры снижается на 3,1%. В старческом возрасте толщина коры поля 7 коры мозга женщин продолжает уменьшаться в обоих полушариях ($p \leq 0,005$), так в левом полушарии мозга она становится меньше по сравнению с пожилым на 11,7%, в правом полушарии на 16,1%.

Общее снижение толщины коры поля 7 мозга женщин в процессе старения составляло в левом полушарии 18%, в правом полушарии 19,2%, что значительно больше, чем у мужчин (рис. 2).

При изучении толщины цитоархитектонического слоя III коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин мы выявили возрастные изменения его толщины. Толщина ассоциативного слоя III в коре мозга мужчин пожилой группы практически не изменилась по отношению аналогичному показателю зрелой группы в обоих полушариях, а в старческой группе его толщина уменьшилась на 7,5% в левом полушарии и на 8,3% в правом полушарии.

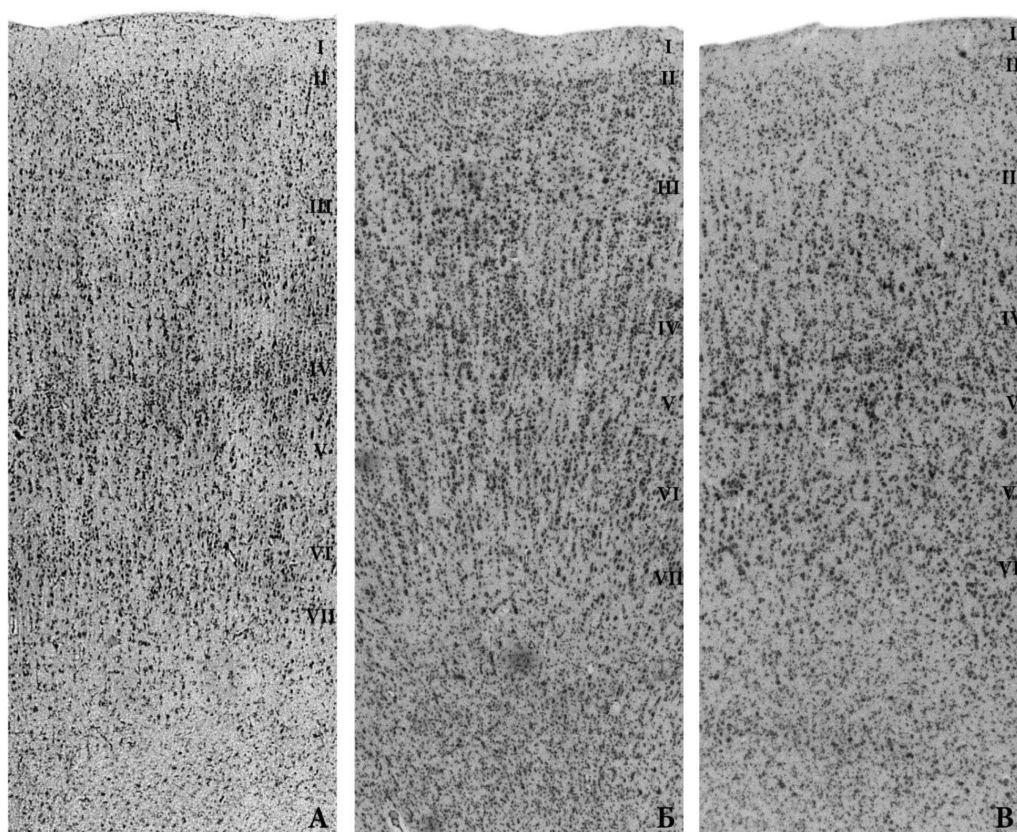


Рис. 1. Цитоархитектоника коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин (правое полушарие): А – зрелый возраст, Б – пожилой возраст, В – старческий возраст

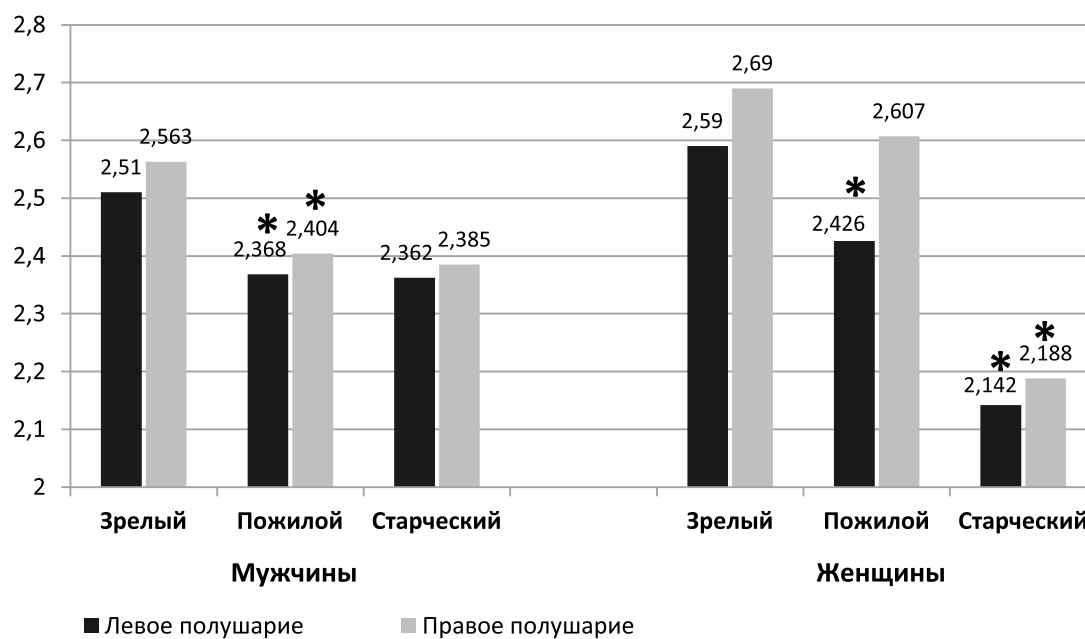


Рис. 2. Толщина коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в разных возрастных группах (мм): * – статистически значимое отличие от предыдущей возрастной группы ($p \leq 0,05$)

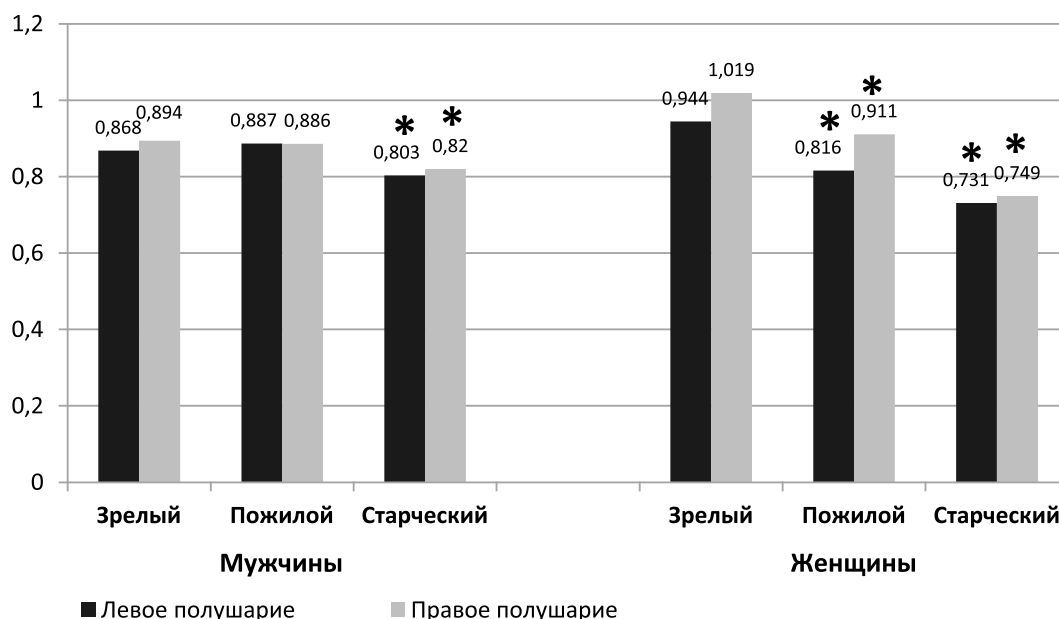


Рис. 3. Толщина цитоархитектонического слоя III коры поля 7 верхней теменной области мозга мужчин и женщин в разных возрастных группах (мм): * – статистически значимое отличие от предыдущей возрастной группы ($p \leq 0,05$)

У женщин толщина слоя III в пожилом возрасте, при сравнении с аналогичным в группе женщин зрелого возраста, снизилась на 13,5% в левом и на 10,6% в правом полушарии. При измерении ширины слоя III коры поля 7 в группе женщин старческого возраста, произошло уменьшение его толщины ещё на 9,0% в левом полушарии и на 16% в правом полушарии. Толщина ассоциативного слоя III в группе женщин старческого возраста по сравнению со зрелым возрастом уменьшилась на 22,5% в левом полушарии и на 26,5% в правом полушарии. Таким образом, у женщин в каждой возрастной группе толщина ассоциативного слоя III статистически значимо ($p \leq 0,005$) уменьшалась, по сравнению с мужчинами, у которых значимое ($p \leq 0,005$) уменьшение аналогичных показателей произошло только в старческом возрасте (рис. 3).

В результате наших исследований мы выявили возрастное снижение толщины коры поля 7 мозга человека, что согласуется с другими морфометрическими работами, выполненными на гистологических срезах, где рассматривались аналогичные показатели, но в других цитоархитектонических областях коры мозга человека. S.H. Freeman et al. [11] показал возрастное снижение толщины коры различных областей мозга и привёл данные в пересчете на среднее уменьшение её толщины в год, после 60 лет. По его

данным, в лобной области толщина коры уменьшается на 0,8% в год, а в височной областях мозга на 0,67% в год, однако автор не уточнил, в каких именно цитоархитектонических полях проводились измерения и привел результаты по среднему значению толщины коры определенных областей в целом. Уменьшение толщины коры верхней теменной области также согласуется с данными МРТ-исследований регионального истончения коры мозга человека, причем по данным таких исследований верхняя теменная область является одной из областей, где происходят наибольшие возрастные изменения толщины коры [7]. Верхняя теменная область относится к ассоциативным структурам мозга, она участвует в сложных когнитивных функциях, например таких, как восприятие себя, участвует в работе эпизодической и оперативной памяти [12, 13], которые связаны с функциями лобной области. Мы также показали возрастное снижение толщины коры при изучении поля 10 лобной области, где к старческому возрасту мы обнаружили уменьшение толщины коры в среднем на 17% [14].

Возрастное уменьшение толщины коры, возможно, связано с атрофическими процессами, протекающими в мозге, и прежде всего с гибелью нейронов, так по нашим данным в поле 7 с возрастом наблюдается уменьшение плотности расположения ней-

ронов [15]. Уменьшение их плотности по данным литературы характерно и для других полей коры мозга и подкорковых структур мозга. Например, в цитоархитектоническом поле 44 плотность нейронов к старческому возрасту снижается на 22 % [16].

А.В. Павлов сообщает, что при старении снижение количества нейронов в соседних телах при старении достигает 39 % [17]. Однако в литературе имеется и другая точка зрения – число нейронов в старости почти не меняется [18]. По мнению В. Pakkenberg at al., количество нейронов в течение жизни снижается не более чем на 10 % и эти различия проявляются только в старческом возрасте [19]. S.H. Freeman at al. в своем исследовании также не обнаружил достоверного снижения плотности нейронов в процессе старения в лобной, височной области и гиппокампе [11].

Скорость старения верхней теменной области мозга человека отличается в правом и левом полушарии мозга, что также показано в работах И.Н. Боголеповой и др. [20, 21] при изучении других структур мозга, поскольку их строение отличается в левом и правом полушариях [22, 23].

В литературе, и по нашим данным, показано возрастное уменьшение размеров нейронов в коре мозга человека [24, 25], то есть уменьшение размера нейронов может вносить свой вклад в процесс её истончения. Нами были найдены единичные работы, в которых сообщается о компенсаторной гипертрофии нейронов гиппокампа в пожилом возрасте с последующим уменьшением их размера в старческом возрасте [26, 27].

Уменьшение толщины коры может быть также связано с атрофией волокон. Из работ, посвященных изучению возрастных изменений белого и серого вещества мозга методами магнитно-резонансной томографии известно, что количество белого вещества может значительно снижаться в процессе старения вплоть до 30 % по сравнению со зрелым возрастом [19], это означает, что количество связей в коре мозга также уменьшается. При изучении синаптических связей и дендритов в коре мозга при старении разными исследователями получены данные о уменьшении их количества от 25 % до 50 % в процессе нормального старения [28]. Некоторые авторы отводят главную роль уменьшению количества синапсов и дендритов в процессе снижения толщины коры мозга человека при старении [11].

Кроме того, плотность капилляров в коре мозга человека с возрастом также значительно уменьшается. Например, по данным О.Г. Сероуха и С.Ю. Масловского, плотность капилляров в постцентральной

извилине после 60 лет уменьшается приблизительно на 12 % по сравнению со зрелым возрастом, однако авторы не уточнили, в какой именно цитоархитектонической структуре проводился подсчет изучаемых показателей коры мозга женщин [29].

Значение не всех цитоархитектонических характеристик коры мозга в процессе старения уменьшается, в частности в результате многочисленных морфологических исследований мозга человека установлено значительное увеличение с возрастом количества общей глии [30]. По мнению исследователей, это связано с компенсаторными и защитными реакциями, направленными на борьбу с последствиями протекающих атрофических изменений головного мозга.

Таким образом, если сложить вместе все количественные изменения, происходящие в коре мозга человека, то её истончение является неизбежным процессом, сопровождающим старение мозга человека в результате комплексных возрастных изменений, затрагивающих все структурные элементы мозга, среди которых сложно выделить основную причину, приводящую к уменьшению толщины коры.

При дифференцированном подходе к изучению особенностей, возрастных изменений в мозге человека, выявляется множество интересных фактов, имеющих практическое значения. А именно, мы выявили, что уменьшение толщины коры поля 7 мозга мужчин и женщин в процессе старения различно. У мужчин наблюдается её статистически значимое уменьшение в пожилом возрасте, а дальнейшее изменение в старческом возрасте незначительно. В свою очередь у женщин в пожилом возрасте также наблюдается уменьшение толщины коры поля 7 верхней теменной области мозга, но наибольшее уменьшение её толщины происходит в старческом возрасте. При сравнении с группой мужчин, общее уменьшение толщины коры в процессе старения у женщин больше. Полученные нами данные согласуются с результатами исследований объема серого вещества мозга мужчин и женщин в различных возрастных периодах методами магнитно-резонансной томографии, в которых описаны различия в количестве серого вещества теменной области мозга мужчин и женщин [31].

Одним из главных преимуществ изучения толщины коры на тотальных гистологических срезах мозга является возможность дифференцировать и измерить отдельные цитоархитектонические слои коры мозга. Благодаря использованию в своей работе методики изучения цитоархитектоники мозга человека, мы обнаружили отличия

толщины коры мозга мужчин и женщин в разных возрастных периодах на уровне цитоархитектонических слоёв. Сравнив толщину ассоциативного слоя III коры поля 7, мы выявили, что у мужчин его толщина значимо уменьшилась только в старческом возрасте, а у женщин уже в пожилом, причем у женщин в старческом возрасте её толщина снижается в три раза более выражено, чем у мужчин. Различия возрастных изменений в слое III коры мозга мужчин и женщин проявляются не только в отличии темпов уменьшения его толщины. По данным наших исследований, опубликованных ранее [15], в нем выявлены аналогичные тенденции в процессе старения в изменении ведущих морфометрических показателей, характеризующих его цитоархитектонику.

Заключение

Полученные нами данные свидетельствуют о различии возрастных изменений толщины коры поля 7 и толщины цитоархитектонического слоя III поля 7 коры мозга мужчин и женщин. Нами установлено, что для мужчин характерно значимое уменьшение толщины коры только в пожилом возрасте, а для женщин в пожилом и старческом возрастах. Для слоя III поля 7 коры мозга женщин, так же как и для толщины коры поля 7, характерно более раннее и более выраженное уменьшение значения его толщины по сравнению с мозгом мужчин. Таким образом, на основании результатов исследования можно говорить о наличии разных темпов старения мозга мужчин и мозга женщин.

Список литературы

- Hayashi S., Terada S., Oshima E., Sato S., Kurisu K., Takenoshita S., Yokota O., Yamada N. Verbal or Visual Memory Score and Regional Cerebral Blood Flow in Alzheimer Disease. *Dement Geriatr. Cogn. Dis. Extra.* 2018. V. 8 (1). P. 1–11. DOI: 10.1159/000486093.
- Kawamichi H., Sugawara S.K., Hamano Y.H., Kitada R., Nakagawa E., Kochiyama T., Sadato N. Neural correlates underlying change in state self-esteem. *Sci. Rep.* 2018. V. 8 (1). P. 1798. DOI: 10.1038/s41598-018-20074-0.
- Connolly J.D., Goodale M.A., Desouza J.F., Menon R.S., Vilis T. A comparison of frontoparietal fMRI activation during anti-saccades and anti-pointing. *J. Neurophysiol.* 2000. V. 84. № 3. P. 1645–1655.
- Saucier D.M., Green S.M., Leason J., MacFadden A., Bell S., Elias L.J. Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? *Behav. Neurosci.* 2002. V. 116. № 3. P. 403–410.
- Jordan K., Wüstenberg T., Heinze H.J., Peters M., Jäncke L. Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia.* 2002. V. 40. № 13. P. 2397–2408.
- Гомазков О.А. Клеточные и молекулярные принципы старения мозга // *Успехи современной биологии.* 2012. Т. 132. № 2. С. 141–154.
- McGinnis S.M., Brickhouse M., Pascual B., Dickerson B.C. Age-Related Changes in the Thickness of Cortical Zones in Humans. *Brain Topography.* 2011. V. 24 (3–4). P. 279–291.
- West R.L. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychol. Bull.* 1996. V. 120 (2). P. 272–292.
- Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Кадыхов А.С., Боголепова И.Н., Белопасова А.В. Функциональная асимметрия речевых структур у здоровых людей, выявляемая при помощи функциональной магнитно-резонансной томографии // В сборнике: *Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга. Экспериментальные и теоретические аспекты нейропластичности: материалы Всероссийской конференции с международным участием* / Под общ. ред.: С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. 2010. С. 361–368.
- Sengupta S., Fritz F.J., Harms R.L., Hildebrand S., Tse D.H.Y., Poser B.A., Goebel R., Roebroeck A. High resolution anatomical and quantitative MRI of the entire human occipital lobe ex vivo at 9.4T. *Neuroimage.* 2018. V. 168. P. 162–171.
- Freeman S.H., Kandel R., Cruz L., Rozkalne A., Newell K., Frosch M.P., Hedley-Whyte E.T., Locascio J.J., Lipsitz L.A., Hyman B.T. Preservation of neuronal number despite age-related cortical brain atrophy in elderly subjects without Alzheimer disease. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* 2008. V. 67 (12). P. 1205–1212.
- Nejad A.B., Fossati P., Lemogne C. Self-referential processing, rumination, and cortical midline structures in major depression. *Front. Hum. Neurosci.* 2013. V. 7. P. 666. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00666.
- Freton M., Lemogne C., Bergouignan L., Delaveau P., Lehericy S., Fossati P. The eye of the self: precuneus volume and visual perspective during autobiographical memory retrieval // *Brain Struct. Funct.* 2014. V. 219. P. 959–968. DOI: 10.1007/s00429-013-0546-2.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Префронтальная кора мозга мужчин и женщин в старческом возрасте // *Морфологические ведомости.* 2018. Т. 26. № 1. С. 28–32.
- Агапов П.А., Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Изменение цитоархитектоники поля 7 коры верхней теменной области мозга мужчин и женщин в процессе старения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2018. № 3. С. 166–174.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Возрастные изменения цитоархитектоники коры речедвигательной зоны мозга у мужчин и женщин // *Морфологические ведомости.* 2017. Т. 25. № 1. С. 32–36.
- Павлов А.В. Морфологическая характеристика изменений цитоангиоархитектоники ядер сосцевидных тел человека в зависимости от пола и возраста // *Современные проблемы науки и образования.* 2012. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5557> (дата обращения: 20.01.2019).
- Fabricius K., Jacobsen J.S., Pakkenberg B. Effect of age on neocortical brain cells in 90+ year old human females – a cell counting study. *Neurobiol. Aging.* 2013. V. 34 (1). P. 91–99. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2012.06.009.
- Pakkenberg B., Gundersen H.J. Neocortical neuron number in humans: Effect of sex and age. *J. Comp. Neurol.* 1997. V. 384. P. 312–320.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Основные принципы структурной асимметрии корковых формаций мозга человека // *Успехи физиологических наук.* 2004. Т. 35. № 3. С. 3–19.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Оржеховская Н.С., Белогрудь Т.В. Цитоархитектоническая асимметрия корковых полей и хвостатого ядра мозга человека // *Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия.* М., 2004. С. 293–311.
- Агапов П.А., Антиухов А.Д., Боголепова И.Н. Межполушарная асимметрия плотности нейрона коры поля 7 верхней теменной области и базолатерального ядра амигдаларного комплекса мозга мужчин и женщин // *Фундаментальные исследования.* 2014. № 5–4. С. 725–729.
- Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В., Малофеева И.Г., Агапов П.А. Структурная

асимметрия зоны Брока мозга женщин // Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга. Экспериментальные и теоретические аспекты нейропластичности: материалы Всероссийской конференции с международным участием / Под общ. ред.: С.Н. Иллариошкина, В.Ф. Фокина. 2010. С. 208–214.

24. Сальков В.Н., Худоевков Р.М. Гендерные и возрастные отличия морфометрических параметров нейронов в черном веществе головного мозга человека // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017. Т. 11. № 3. С. 35–40.

25. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Цитоархитектоника префронтальной коры мозга женщин в пожилом возрасте // *Морфологические ведомости*. 2016. Т. 24. № 3. С. 8–14.

26. Шемяков С.Е., Николенко В.Н., Саркисян К.Д. Возрастные изменения морфометрических показателей нейронов гиппокампа человека // *Морфология*. 2016. Т. 150. № 4. С. 16–19.

27. Ишунина Т.А. Размеры ядер и перикарионов нейронов базального ядра Мейнерта и заднего гипоталамуса в разных возрастных группах // *Успехи геронтологии*. 2015. Т. 28. № 1. С. 37–41.

28. Pannese E. Morphological changes in nerve cells during normal aging. *Brain Struct. Funct.* 2011. V. 216(2). P. 85–89.

29. Сероух А.Г., Масловский С.Ю. Возрастные различия нейроно-глиально-капиллярных взаимоотношений мануальной области постцентральной извилины головного мозга женщин // *Морфология*. 2009. Т. III. № 3. С. 177–181.

30. Verkhatsky A., Rodríguez J.J., Parpura V. Neuroglia in ageing and disease. *Cell Tissue Res.* 2014. V. 357(2). P. 493–503. DOI: 10.1007/s00441-014-1814-z.

31. Gur R.C., Gunning-Dixon F.M., Turetsky B.I., Bilker W.B., Gur R.E. Brain region and sex differences in age association with brain volume: a quantitative MRI study of healthy young adults. *Am. J. Geriatr. Psychiatry.* 2002. V. 10 (1). P. 72–80.

УДК 631.52(575.2)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО ПРИИССЫККУЛЯ

Кенжебаева А.В.*Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, Бишкек,
e-mail: sezim73@mail.ru*

Атомно-эмиссионным спектральным методом исследовано содержание меди, свинца, марганца в органах растений, относящихся к семействам барбарисовые, лоховые, яснотковые, сложноцветные и злаковые, из культурных растений – пшеница озимая (зерновые), эспарцет песчаный (многолетние). Озольнение проб проведено автором в лаборатории биогеохимии и радиэкологии Института биологии Национальной академии наук Кыргызстана в откалиброванной муфельной печи Naberthem. Содержание ТМ в пробах определяли в аккредитованной лаборатории Государственного комитета промышленности, энергетики и недропользования Кыргызской Республики. Содержание элементов в растениях зависит от видовой принадлежности, а также существенно влияют почвенно-геохимические условия, что проявилось в отношении *Hippophae rhamnoides* L. Отмечается неодинаковое накопление элементов разными видами растений и их органами. Проведен расчет коэффициента биологического поглощения, характеризующего интенсивность биогенной миграции. Тяжелые металлы по среднему содержанию в золе растений располагаются в порядке убывания $Mn > Cu > Pb$. Максимальная концентрация меди и свинца в большинстве растений обнаружена в листьях. Марганец накапливается в основном корнями. Зерна пшеницы наиболее защищены от избытка металлов. В цветках содержание меньше, чем в листьях и корнях, но больше, чем в стеблях. *Hippophae rhamnoides* L. отнесена к индикаторам меди, свинец и марганец являются труднодоступными элементами для всех растений.

Ключевые слова: тяжелые металлы, растения, органы растений, коэффициент биологического поглощения

THE CONTENT OF HEAVY METALS OF THE COASTAL ZONE OF THE ESTERN ISSYK-KUL REGION

Kenzhebaeva A.V.*Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin, Bishkek, e-mail: sezim73@mail.ru*

Atomic emission spectral method was used to determine the content of copper, lead, manganese in the organs of plants belonging to the Barberry, Oleaster, Lamiaceae, Compositae and Gramineae families, from cultivated plants – winter wheat (cereals), Hungarian sainfoin (perennial). Different accumulation of elements by different plant species and their organs is observed. The samples were salted by the author in the laboratory of biogeochemistry and radioecology of the Institute of Biology of the National Academy of Sciences of Kyrgyzstan in the calibrated muffle furnace Naberthem. The heavy metals content in samples was determined in the accredited laboratory of the state Committee of industry, energy and subsoil use of the Kyrgyz Republic. The content of elements in plants depends on the species, as well as significantly affect the soil-geochemical conditions, which manifested the ratio *Hippophae rhamnoides* L. Plants-accumulators and plants-indicators of the elements were identified. The calculation of the coefficient of biological absorption, characterizing the intensity of biogenic migration. Heavy metals by the average content in the ash of plants are arranged in descending order $Mn > Cu > Pb$. The maximum concentration of copper and lead in most plants is found in the leaves. Manganese is accumulated mainly in roots. Wheat grains are most protected from metals abundance. Flowers contain less than leaves and roots, but more than in stems. *Hippophae rhamnoides* L. is referred to indicators of copper, lead and manganese are hard to reach elements for all plants.

Keywords: heavy metals plants, plant organ, biological absorption coefficient

Прибрежные экосистемы, как наиболее уязвимые к антропогенному воздействию, являются неотъемлемой частью биосферной территории Иссык-Куль. Естественная растительность прибрежной зоны Восточного Прииссыккуля состоит в основном из видов растений сухих и влажных местообитаний. Здесь широко распространены злаковые и полынные формации, состоящие из злаково-полынных, злаково-разнотравных, полынно-разнотравных ассоциаций, облепиховые формации, состоящие из облепихово-полынных, облепихово-барбарисовых и облепихово-разнотравных ассоциаций. Заросли облепихи, которая является эдификатором, выполняют почво-

защитную и водоохранную функции. Дикорастущие кустарниковые и травянистые растения, произрастающие в прибрежной зоне, имеют лекарственное, пищевое значение, являются ценными кормами для сельскохозяйственных животных. В связи с этим установление уровня содержания тяжелых металлов (ТМ) в растениях играет важную роль в оценке биогенной миграции и необходимо для проведения контроля в целях экологически безопасного их применения.

Известно, что поглощение и накопление химических элементов (ХЭ) по органам растений зависит от многих факторов: содержание в почве, формы подвижности, вида

растений, органа и времени опробования, биохимических свойств самих поллютантов [1, 2]. Показателем степени избирательного поглощения элементов видами растений является коэффициент биологического накопления или поглощения (КБН, КБП), он характеризует потенциальную доступность ТМ растениям и интенсивность био-генной миграции в ландшафте [3–5]. При значениях коэффициента выше единицы растение относится к аккумуляторам, порядка 1 – классифицируется как индикатор, меньше 1 – исключитель [6].

Разными авторами отмечается неравномерность накопления ТМ разными органами. Чаще всего накопление убывает в следующем порядке: корень – стебель – листья – семена (клубни – корнеплоды) [7].

Цель исследования – изучение содержания ТМ в растениях. В задачи входило: 1) изучение содержания ТМ в разных видах растений и их органах; 2) определение КБП видов растений.

Материалы и методы исследования

Отбор растений проводили в летний период 2012–2014 гг. Для исследования были выбраны доминирующие виды растений, относящиеся к следующим семействам: барбарисовые (Berberidaceae); лоховые (Elaeagnaceae); яснотковые (Lamiaceae); астровые или сложноцветные (Asteraceae); злаковые (Poaceae). Из культурных растений – пшеница озимая (зерновые), эспарцет песчаный (многолетние).

Растения отбирали согласно общепринятым методикам. Пробы на определение элементов в растительных органах подготавливали следующим образом: предварительно корни растений промывали проточной, затем дистиллированной водой. Растения высушивали до воздушно-сухого состояния, разделяли на органы, измельчали и упаковывали отдельно. Согласно методике озоления растительных и био-

генных проб образцы органов растений озоляли в мuffleйной печи Naberthem в лаборатории биогеохимии и радиоэкологии Института биологии НАН КР. Содержание ТМ в пробах определяли атомно-эмиссионным спектральным методом в Центральной лаборатории Государственного комитета промышленности, энергетики и недропользования на дифракционном спектрографе ДФС-8. (Регистрационный номер аттестата аккредитации KG 417/КЦА.ИЛ.026).

Для выяснения вклада отдельного органа растения в накопление ТМ, нами рассчитывался коэффициент накопления (КН) элементов для корней, стеблей, листьев, при наличии, для плодов, цветков, зерна, соломы. Расчеты производились по формуле

$$КН = C_{орг} / C_{общ}$$

где КН – коэффициент накопления органа растения, $C_{орг}$ – концентрация элемента в органе, $C_{общ}$ – общее количество элемента в растении [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Тяжелые металлы (Cu, Pb, Mn) определяли в доминирующих видах растений, произрастающих на 10 участках: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* Ledeb), шалфей пустынный (*Salvia deserta* Schang) – уч. 1; облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.) – уч. 3 и 5; мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) – уч. 4; полынь плотная (*Artemisia compacta* Fisch.ex.DS) – уч. 6; полынь поздняя (*Artemisia serotina* Bge) – уч. 7, полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus* L.) – уч. 8, эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria* (Kit.ex Willd) – уч. 9, барбарис разнотравный (*Berberis heteropoda* Schrenk) – уч.10.

Содержание ТМ в растениях (общее), отдельно по органам и коэффициенты биологического поглощения (КБП) представлены в таблице.

Содержание ТМ в органах растений (мг/кг золы) и коэффициенты биологического поглощения (КБП)

№ участка	Название растений, органы растений		Cu	Pb	Mn
1	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> Ledeb)	корни	2,49	0,42	36,75
		стебли	0,85	0,125	14,6
		листья	2,35	0,35	35,3
		цветки	2,28	0,22	13,4
		общее	7,977	1,115	100,05
		КБП	0,398	0,028	0,200
	Шалфей пустынный (<i>Salvia deserta</i> Schang)	корни	3,34	0,36	33,4
		стебли	1,31	0,2	24,45
		листья	6,83	0,975	37,4
		цветки	2,57	0,25	38,75
		общее	14,05	1,785	134
		КБП	0,702	0,045	0,268

Окончание таблицы					
№ участка	Название растений, органы растений		Cu	Pb	Mn
2	Пшеница озимая (<i>Triticum aestivum</i> L.)	корни	3,48	0,81	81,2
		солома	2,2	0,17	27,5
		зерно	1,17	0,15	29,1
		общее	6,85	1,13	137,8
		КБП	0,228	0,56	0,196
3	Облепиха крушиновидная (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	корни	1,98	0,21	29,4
		стебли	0,91	0,4	12,6
		листья	10,825	1,39	38,5
		плоды	1,945	0,3	11,55
		общее	15,65	2,35	92,05
		КБП	1,043	0,078	0,184
4	Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i> L.)	корни	3,53	0,47	82,6
		листья	1,41	следы	1,9
		общее	4,94	0,47	84,5
		КБП	0,247	0,023	0,169
5	Облепиха крушиновидная (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	корни	0,74	следы	14,8
		стебли	1,77	0,245	23,85
		листья	1,83	0,245	40,65
		плоды	3,045	следы	6,2
		общее	7,385	0,49	85,5
		КБП	0,492	0,016	0,285
6	Полынь плотная (<i>Artemisia compacta</i> Fisch.ex.DS)	корни	1,6	1,025	39,2
		стебли	3,65	0,11	29,2
		листья	5,275	1,585	74,2
		общее	10,525	2,72	142,6
		КБП	0,263	0,068	0,285
7	Полынь поздняя (<i>Artemisia serotina</i> Bge)	корни	2,445	0,435	31,35
		стебли	1,62	0,16	16,2
		листья	4,59	1,23	60,45
		общее	8,655	1,825	108
		КБП	0,433	0,091	0,27
8	Полынь эстрагон (<i>Artemisia dracunculus</i> L.)	корни	1,97	0,21	25
		стебли	0,9	0,09	9
		листья	2,255	0,32	40,65
		общее	5,125	0,62	74,65
		КБП	0,427	0,041	0,248
9	Эспарцет песчаный (<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.ex Willd) DC)	корни	3,915	0,55	31,1
		стебли	0,965	следы	39,8
		листья	2,695	0,58	167,2
		общее	7,575	1,13	238,1
		КБП	0,631	0,075	0,595
10	Барбарис разноножковый (<i>Berberis heteropoda</i> Schrenk)	корни	2,43	0,15	22,5
		стебли	1	0,15	16,5
		листья	1,55	0,19	21,85
		плоды	1,815	следы	13,05
		общее	6,795	0,49	73,9
		КБП	0,34	0,07	0,148
Среднее содержание по растениям			8,68	1,28	115,56
Среднее содержание в золе растений (по Ткаличу С.М.) в мг/кг			200	10	7500

Содержание меди колеблется в разных видах растений от 4,94 (мятлик луговой, уч. 4) до 15,65 мг/кг золы (облепиха крушиновидная, уч. 3). При этом в облепихе крушиновидной, произрастающей на горно-долинных светло-каштановых почвах, но отобранной на разных участках, концентрации различаются почти в 2 раза. Концентрация свинца варьирует от 2,72 мг/кг золы в полыни плотной (уч. 6) до 0,49 мг/кг золы в барбарисе разноножковом (уч. 10). Марганца содержится от 73,9 мг/кг золы в барбарисе разноножковом до 238,1 мг/кг золы в эспарцете песчаном.

Среднее содержание ТМ в золе растений находится ниже данных С.М. Ткалича [9] с сохранением общей закономерности: $Mn > Cu > Pb$ (таблица).

Распределение элементов в органах изученных растений в процентах представлено в диаграммах рис. 1–3.

В 4 образцах (тысячелистник обыкновенный, мятлик луговой, эспарцет песчаный, барбарис разноножковый) содержание меди варьирует от 31,24 до 71,45% в корнях, это

выше, чем в листьях. В стеблях всех растений аккумуляция элемента меньше по сравнению с листьями. В цветках тысячелистника обыкновенного и шалфея пустынного накопление меди можно охарактеризовать следующим образом: листья, корни < цветки > стебель. В плодах облепихи, отобранных на разных участках, содержание металла колеблется от 69,16 до 12,42%. Плоды барбариса содержат элемент на 4% больше, чем листья. От избытка меди хорошо защищены зерна пшеницы (рис. 1).

Убывание в накоплении свинца от корней к стеблям, от стеблей к листьям, от листьев к цветкам не выявлено. Так, в шалфее пустынном, облепихе крушиновидной (уч. 3), в видах полыни, эспарцете песчаном, барбарисе разноножковом содержание в листьях выше по сравнению с корнями, варьирует в пределах 38,77–67,39%. У всех растений, кроме облепихи (уч. 5), концентрация ниже в стеблях, чем в листьях. У тысячелистника обыкновенного и шалфея пустынного в цветках прослеживается аналогия с медью (рис. 2).

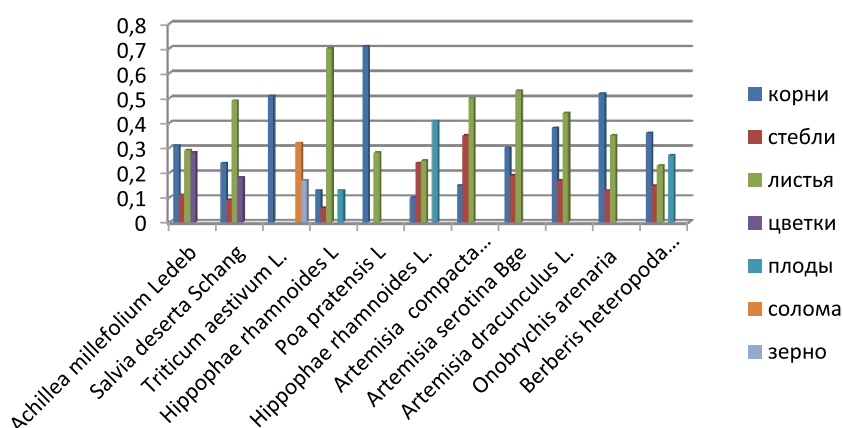


Рис. 1. Содержание меди в различных органах растений (%)

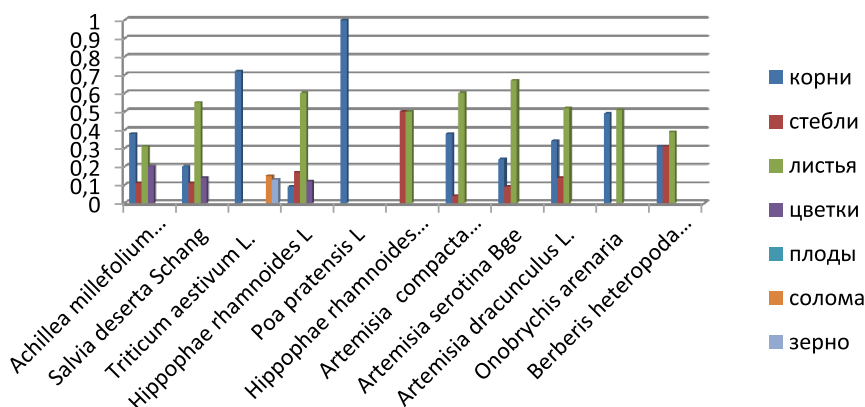


Рис. 2. Содержание свинца в различных органах растений (%)

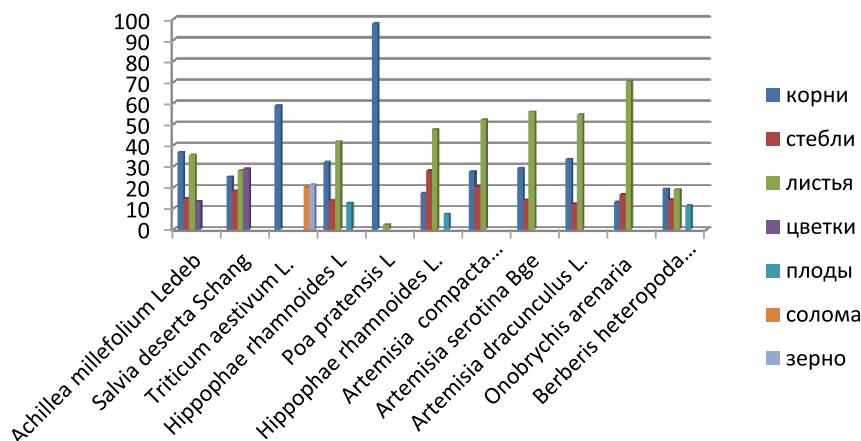


Рис. 3. Содержание марганца в различных органах растений (%)

В тысячелистнике обыкновенном, пшенице озимой и мятлике луговом в корнях сконцентрировано 36,75; 58,92 и 97,75% марганца от общего содержания в растении. Листья облепихи крушиновидной, видов полыни, эспарцета песчаного отличаются повышенным накоплением элемента в листьях по сравнению со стеблями. Приблизительно одинаковое распределение в корнях и листьях у барбариса разноожиного, тысячелистника обыкновенного. На одном уровне отмечено содержание в генеративных органах и стеблях тысячелистника обыкновенного, а также стеблях и цветках шалфея пустынного. Органы запасаания наиболее защищены от вредного воздействия элемента (рис. 3).

Коэффициент биологического поглощения растений. Выявлено, что облепиха крушиновидная (уч. 3) является индикатором меди. Свинец и марганец относятся к труднодоступным элементам (КБП меньше 1) для всех видов растений.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Содержание тяжелых металлов в растениях различается в зависимости от видов, от свойств самих элементов, а также условий местообитания, что ярко выражено у облепихи крушиновидной, отобранной на разных участках.

2. Превышения средних значений концентрации в золе растений относительно данных С.М. Ткалича (1970) не обнаружено.

3. Рассматривая накопление по органам растений, можно отметить, что базипетальными элементами для большинства

растений являются медь, свинец. Пшеница озимая и мятлик луговой проявили в отношении всех элементов акропетальный характер распределения. Для марганца характерно акропетальное накопление, за исключением эспарцета песчаного (отмечается высокое накопление в листьях).

4. Расчеты коэффициентов биологического поглощения показали, что индикатором меди является облепиха крушиновидная (уч. 3). Свинец и марганец являются труднодоступными элементами для всех видов растений.

Список литературы

1. Ковалевский А.Л., Ковалевская О.М. Биогеохимия урановых месторождений и методические основы их поисков. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2010. 356 с.
2. Сигбатуллина М.Ш. Металлы в дикорастущих растениях Татарстана и факторы, определяющие их содержание: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2009. 23 с.
3. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Злобина М.В. Ландшафтоведение. М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2016. 130 с.
4. Попова Л.Ф., Некрасина Е.Н. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга. Архангельск, 2014. 108 с.
5. Алексеенко В.А. Панин М.С., Дженбаев Б.М. Геохимическая экология. Понятия и законы. Бишкек, 2013. 310 с.
6. Baker A.J.M. Accumulators and excluders strategies in the response to plants of heavy metals. Journal of Plant Nutrition. 1981. Vol. 3. P. 643–646.
7. Опекунова М.Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Санкт-Петербург, 2013. 36 с.
8. Романькова А.А., Батлуцкая И.В. Содержание кадмия и свинца в высших растениях на территории Красненского района Белгородской области // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. № 3 (98). Вып. 14. С. 68–75.
9. Ткалич С.М. Фитогеохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1970. 176 с.

УДК 612.179.1:616-092.9

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ИНГИБИРОВАНИИ HCN-КАНАЛОВ У КЛЕТОК ПРАВОГО ПРЕДСЕРДИЯ 13-ДНЕВНЫХ ЭМБРИОНОВ КУРИЦЫ И МЫШИ

Лебедева Е.А., Гонотков М.А., Головки В.А.

Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, e-mail: lebedeva.physiol.komisc@ya.ru

Ток, активируемый гиперполяризацией (I_h), протекающий по HCN-каналам, участвует в формировании фазы медленной диастолической деполяризации у клеток водителя ритма синоаурикулярной области сердца взрослых млекопитающих. Однако функциональный вклад HCN-каналов в генерирование электрических импульсов в эмбриональном сердце остается до конца не ясным. В данной работе с помощью микроэлектродной техники и фармакологического анализа оценен вклад HCN-каналов в генерацию электрических импульсов клеток правого предсердия у эмбрионов курицы и мыши. Анализ эффектов ионов цезия (2 мМ) и ивабрадина (3 мкМ) у клеток эмбрионов мыши показал, что экспозиция этих блокаторов уменьшает частоту генерации потенциалов действия в среднем на 30% за счет увеличения длительности фазы диастолической деполяризации (фаза 4). Тогда как ингибирование HCN-каналов у клеток синоаурикулярной области куриного эмбриона не приводит к отрицательному хронотропному эффекту. Заключаем, что на данном этапе эмбриогенеза HCN-каналы в миокарде эмбрионов мыши играют более, а у куриных эмбрионов – менее важную роль в формировании медленной диастолической деполяризации и регуляции частоты спонтанных сокращений.

Ключевые слова: ивабрадин, ионы цезия, сердце эмбриона, ток, активируемый гиперполяризацией, мышь, курица

PECULIARITIES OF SPONTANEOUS ACTIVITY GENERATION AT HCN-CHANNELS INHIBITION IN RIGHT ATRIUM CELLS OF 13-DAY-OLD EMBRYONIC CHICK AND MOUSE

Lebedeva E.A., Gonotkov M.A., Golovko V.A.

Institute of Physiology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, FRC Komi SC UB RAS, Syktivkar, e-mail: lebedeva.physiol.komisc@ya.ru

Hyperpolarization-activated current (I_h), formed by HCN – channels, is supposed to be important for the regulating and the generation of spontaneous activity in sinoatrial nodal myocytes of adult mammals. However, the contribution HCN – channels to cellular mechanism that initiate and regulate this process in embryonic heart are not yet well understood. In this study using microelectrode technique and pharmacological analysis we investigated the role HCN-channel to the generation of spontaneous activity in the right atrial cells of mouse and chicken embryos. We studied the effects of cesium (2 mM) and ivabradine (3 μ M) and demonstrated that these blockers decreases the generation of action potential by 30% by increasing the duration phase 4 in embryonic cells of the mouse. In contrast, inhibition of the HCN-channel in embryo chick cells did not lead to a negative chronotropic effect. We conclude that, at this stage of embryonic development, the HCN-channel in the myocardium of mouse embryos play a more important role in the formation of slow diastolic depolarization and regulation of spontaneous rate than in chicken embryos.

Keywords: ivabradine, cesium, embryo heart, hyperpolarization-activated current (I_h), mouse, chicken

Ток, активируемый гиперполяризацией (I_h), или «funny» ток, протекающий по чувствительным к циклическим нуклеотидам катионным каналам (hyperpolarization – activated cyclic nucleotide gated channels) HCN, участвует в формировании фазы медленной диастолической деполяризации (пейсмекерный потенциал, фаза 4) у клеток водителя ритма синоаурикулярной (СА) области сердца взрослых млекопитающих [1, 2]. Мутации в генах, кодирующих HCN-каналы, вызывают брадикардию, но не приводят к подавлению спонтанной электрической активности в СА области [3, 4]. Однако функциональный вклад HCN-каналов в генерирование электрических импульсов в эмбриональном сердце остается неясным. Представления о роли ионных токов в мио-

карде эмбрионов сложились на основе работ, выполненных на изолированных клетках желудочков куриных эмбрионов [5; 6] и культурах эмбриональных стволовых клетках млекопитающих [7]. Использование различных объектов и методик стало причиной значительного расхождения в экспериментальных данных [6]. Так, ряд авторов придерживаются мнения, что ток I_h играет ведущую роль в автоматизме в эмбриональном сердце [8], другие считают, что в основе спонтанных сокращений лежат входящие Ca^{2+} -токи [9] или « Ca^{2+} -часы» [10]. В связи с этим существует необходимость в проведении исследований на ткани правого предсердия эмбрионального миокарда – зоны, в которой возникает электрическая активность. Использование многоклеточных препаратов позволяет со-

хранить электрическое взаимодействие между клетками, приблизить условия эксперимента к естественным, что обеспечит более полное понимание механизмов возникновения электрических импульсов в эмбриональном миокарде [11].

Цель исследования: с помощью ингибированного анализа и микроэлектродной техники оценить функциональный вклад HCN-каналов в формирование электрической активности клеток водителя ритма правого предсердия у эмбрионов курицы и мыши. В качестве ингибиторов HCN-каналов использовали ионы цезия и ивабрадин. Однако применение Cs^+ имеет некоторые ограничения ввиду его способности блокировать выходящие K^+ -токи. Ивабрадин широко применяется в клинической практике, но его эффект может зависеть от величины максимального диастолического потенциала и частоты генерации ПД [12]. Поэтому для получения более точных результатов мы использовали оба блокатора.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводили на эмбрионах курицы и мыши в возрасте 12–14 суток. Экспериментальный протокол соответствовал международным правилам «Для использования лабораторных животных» (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, 8-е издание, опубликованное National Academies Press (US) 2011 г.). Сердце извлекали и помещали в раствор Тироде следующего состава (мМ/л): 140 NaCl; 10 NaHCO_3 ; 5,4 KCl; 1,8 CaCl_2 ; 1 MgSO_4 ; 0,33 Na_2HPO_4 ; 10 глюкоза; 5 HEPES (pH 7,4); удаляли желудочки и левое предсердие, правое предсердие вскрывали. Спонтанно сокращающийся препарат, размер которого не превышал 1×1 мм, помещали в проточную, аэрируемую, термостатируемую камеру с раствором Тироде (31°C). Потенциалы действия регистрировали с помощью стандартной микроэлектродной техники со стороны субэндокарда. В качестве ингибиторов тока I_f использовали ионы цезия (2 мМ) и ивабрадин (3 мкМ). Обработка результатов проводилась в программе PowerGraph Professional версия 3.3 (Dlsoft, Россия) и с помощью оригинальных программ вычисления параметров потенциалов в программной среде Delphy, разработанных с.н.с., д.б.н. Н.В. Артеевой. Данные приведены как среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). Значимость различий определяли по U-критерию Манна – Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

На сопоставимых сроках эмбрионального развития в контрольном растворе Тироде (31°C) у клеток правого предсердия эмбрионов курицы и мыши зарегистрированы потенциалы действия (ПД) с фазой медленной диастолической деполяризации (МДД). Анализ основных параметров потенциалов действия выявил, что клетки данного типа у эмбрионов курицы и мыши отличаются

по ряду электрофизиологических характеристик (табл. 1, рис. 1). Частота генерации спонтанных импульсов составила 135 ± 16 и 173 ± 22 имп/мин у препаратов правого предсердия мыши и курицы соответственно. Это различие обусловлено более продолжительной фазой МДД у клеток водителя ритма мыши по сравнению с куриными эмбрионами.

Таблица 1

Электрофизиологические параметры потенциалов действия клеток правого предсердия эмбрионов мыши и курицы

Параметры ПД	Эмбрион мыши	Эмбрион курицы
	n=10	n=15
E_{max} , мВ	-63 ± 9	$-74 \pm 8^*$
АПД, мВ	80 ± 11	$98 \pm 10^{**}$
ПП, мВ	-51 ± 9	-66 ± 9
ДПД ₂₀ , мс	38 ± 10	42 ± 19
ДПД ₁₀₀ , мс	131 ± 54	122 ± 24
МДД, мс	319 ± 62	$231 \pm 45^{**}$
ЧСС, имп/мин	135 ± 16	$173 \pm 22^{**}$
dV/dt_{max} , В/с	44 ± 16	$109 \pm 36^{**}$
V_4 , мВ/с	39 ± 16	37 ± 17
V_3 , В/с	$-1,5 \pm 0,5$	$-2,3 \pm 0,6^*$

Примечание. E_{max} – максимальный диастолический потенциал; АПД – амплитуда ПД; ПП – потенциал порога; ДПД₂₀ и ДПД₁₀₀ – длительность потенциала действия на уровне 20 и 100% реполяризации; ЧСС – частота генерации ПД; МДД – длительность медленной диастолической деполяризации; dV/dt_{max} – скорость фазы быстрой деполяризации; V_3 – скорость фазы конечной реполяризации; V_4 – скорость фазы медленной диастолической деполяризации. n – количество препаратов. * $p < 0,05$ и ** $p < 0,01$ – достоверность различий по сравнению с эмбрионами мыши.

Эффекты ионов цезия и ивабрадина на генерацию ПД у эмбрионов мыши

При аппликации Cs^+ (2 мМ, n = 4) в перфузирующий раствор зарегистрировано удлинение МДД на 45%, что приводило к замедлению ЧСС на 26%. У 75% препаратов наблюдалось замедление скорости фазы МДД (V_4) на 40% (табл. 2; рис. 2, А). В 25% случаях экспозиция цезия инициировала аритмию (рис. 2, Б). Эффекты ивабрадина (3 мкМ, n = 4) были сопоставимы с эффектами ионов цезия. Аппликация ивабрадина вызывала снижение частоты генерации ПД на 31% за счет увеличения длительности МДД на 50% (табл. 2; рис. 2, Б). Остальные параметры ПД достоверно не изменялись.

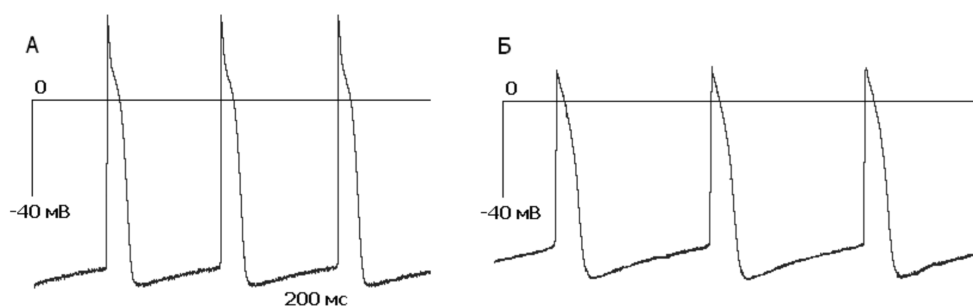


Рис. 1. Конфигурация потенциалов действия в контрольном растворе Тироде клеток водителя ритма правого предсердия у эмбрионов курицы (А) и мыши (Б) на 12–14 сутках эмбрионального развития

Таблица 2

Эффекты ионов цезия и ивабрадина на параметры ПД клеток правого предсердия у эмбрионов мыши

Параметры ПД	Контроль n = 4	Cs ⁺ 2 мМ n = 4	Контроль n = 4	Ивабрадин 3 мкМ n = 4
E _{max} , мВ	-77 ± 13	-74 ± 19	-70 ± 13	-66 ± 8
АПД, мВ	91 ± 19	89 ± 22	88 ± 18	88 ± 16
ДПД ₁₀₀ , мс	156 ± 49	166 ± 56	123 ± 4	141 ± 27
МДД, мс	474 ± 174	682 ± 226*	593 ± 111	875 ± 51*
ЧСС, имп/мин	102 ± 27	75 ± 20*	85 ± 13	59 ± 3*
dV/dt _{max} , В/с	71 ± 59	72 ± 60	56 ± 20	43 ± 17
V ₄ , мВ/с	25 ± 17	16 ± 7	19 ± 8	17 ± 8

Примечание. * p < 0,05 – достоверность различий по сравнению с соответствующим контролем.

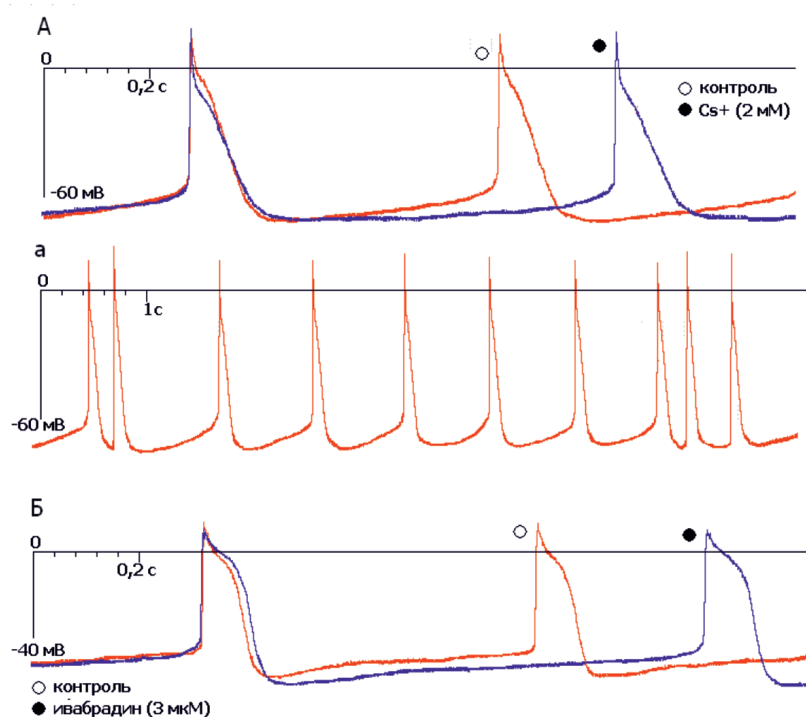


Рис. 2. Изменение конфигурации ПД при ингибировании каналов тока I_f у клеток правого предсердия эмбриона мыши. А – эффекты ионов цезия (2 мМ); а – нарушения генерации ПД, зарегистрированные при добавлении Cs⁺; Б – эффекты ивабрадина (3 мкМ)

Таблица 3

Эффекты ионов цезия и ивабрадина на параметры ПД клеток правого предсердия куриного эмбриона

Параметры ПД	контроль n = 6	Cs ⁺ 2 мМ n = 6	контроль n = 5	Ивабрадин 3 мкМ n = 5
E _{max} , мВ	-81 ± 7	-77 ± 8	-77 ± 7	-78 ± 9
АПД, мВ	109 ± 6	96 ± 13	105 ± 12	101 ± 11
ДПД ₁₀₀ , мс	137 ± 26	133 ± 28	102 ± 21	110 ± 19
МДД, мс	265 ± 17	215 ± 28*	305 ± 65	316 ± 53
ЧСС, имп/мин	150 ± 7	173 ± 11*	150 ± 18	142 ± 16
dV/dt _{max} , В/с	110 ± 15	80 ± 24	97 ± 19	92 ± 18
V ₄ , мВ/с	36 ± 28	42 ± 29	41 ± 10	41 ± 9

Примечание. *p < 0,05 – достоверность различий по сравнению с соответствующим контролем.

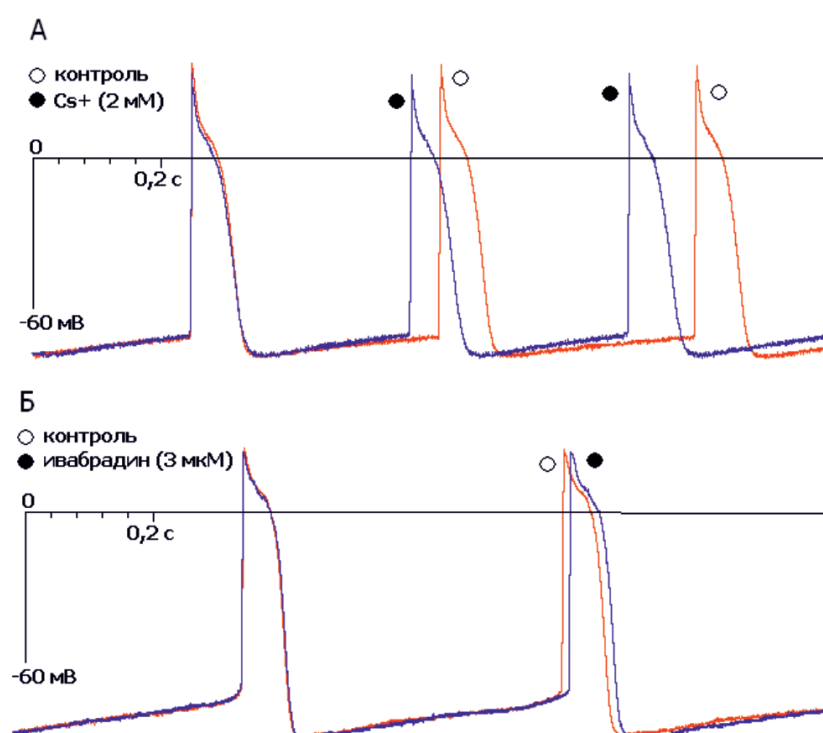


Рис. 3. Изменение конфигурации ПД при ингибировании каналов тока I_f у клеток правого предсердия куриного эмбриона. А – эффекты ионов цезия (2 мМ); Б – эффекты ивабрадина (3 мкМ)

Эффекты ионов цезия и ивабрадина на генерацию ПД у куриных эмбрионов

У клеток правого предсердия куриного эмбриона экспозиция Cs⁺ (2 мМ, n = 6) приводила к увеличению частоты генерации ПД на 15% за счет укорочения фазы МДД на 25%. При экспозиции ивабрадина (3 мкМ, n = 5) достоверных изменений в конфигурации электрофизиологических параметров ПД у данного типа клеток не зарегистрировано (табл. 3, рис. 3).

Таким образом, в настоящей работе установлено, что на сопоставимых сроках эмбрионального развития (12–14 сутки) ингибирование HCN-каналов вызывает разные эффекты на генерацию электрических импульсов у эмбрионов курицы и мыши.

Экспозиция блокаторов HCN-каналов у клеток водителя ритма правого предсердия эмбрионов мыши приводила к замедлению частоты спонтанных сокращений в среднем на 30%, что сопоставимо с ранее полученными данными на изолированных

клетках желудочков эмбрионов [9, 10] и эмбриональных стволовых клетках мыши [7]. Аналогичный эффект зарегистрирован на изолированных препаратах синоаурикулярной области взрослых мышей: экспозиция цезия замедляла частоту генерации ПД на 35 % [13], а ивабрадина – на 24 % [14]. У новорожденных мышей различий в плотности тока I_f и в экспрессии HCN-каналов не обнаружено [15]. Все это позволяет заключить, что ток I_f , протекающий по HCN-каналам, возникает в момент появления первых электрических импульсов в сердце мыши (8,5 сутки) [9] и его вклад в автоматизм сохраняется в период эмбриогенеза, а также в постнатальном периоде. Это свидетельствует о важности тока I_f для формирования пейсмекерного потенциала в клетках СА узла мыши на всех этапах онтогенеза.

Полученные ранее результаты исследований клеточных механизмов автоматизма сердца куриных эмбрионов более неоднозначны. Известно, что ток I_f был зарегистрирован в изолированных клетках предсердия и желудочка сердца куриного эмбриона и диапазон его активации составил от –120 до –90 мВ. Однако такое значение максимального диастолического потенциала ($E_{\max}$) нетипично для клеток правого предсердия куриного эмбриона в нормальных физиологических условиях. Авторы заключили, что I_f лежит в основе спонтанной деполяризации, которая наблюдается в клетках желудочка в течение первой недели эмбрионального развития. Однако в клетках предсердия ток I_f не является существенным фактором, лежащим в основе спонтанной активности [5].

Наши данные, полученные на основе ингибиторного анализа, продемонстрировали, что у клеток правого предсердия куриного эмбриона ионы цезия и ивабрадин не вызывали достоверного отрицательного хронотропного эффекта на генерацию ПД. Можно предположить, что HCN-каналы не являются функционально активными на данном этапе онтогенеза и, следовательно, ток I_f не играет существенной роли в инициации электрических импульсов.

Заключение

Таким образом, клетки правого предсердия куриных и мышинных эмбрионов продемонстрировали разную чувствительность к блокаторам HCN-каналов. Вклад тока I_f у эмбрионов мыши в частоту генерирования электрических импульсов составляет ~30%. У куриных эмбрионов на данном этапе эмбрионального развития ток I_f не является функционально важным и не уча-

ствует в формировании фазы пейсмекерного потенциала (фаза 4). Заключаем, что на данном этапе эмбриогенеза HCN-каналы в миокарде эмбрионов мыши играют более, а у куриных эмбрионов – менее важную роль в формировании медленной диастолической деполяризации и регуляции частоты спонтанных сокращений.

Работа поддержана грантом РФФИ мол_а № 18-34-00654.

Список литературы

1. DiFrancesco D. The role of the funny current in pacemaker activity. *Circ. Res.* 2010. vol. 106. P. 434–446. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.109.208041.
2. Yaniv Y., Maltsev V.A., Ziman B.D., Spurgeon H.A., Lakatta E. G. The «funny» current (I_f) inhibition by ivabradine at membrane potentials encompassing spontaneous depolarization in pacemaker cells. *Molecules.* 2012. vol. 17. no. (7):8241–54. DOI: 10.3390/molecules17078241.
3. Nof E., Glikson M., Antzelevitch C.J. Genetics and Sinus Node Dysfunction. *Atr Fibrillation.* 2009. vol. 1. no. 6. P. 28–35. DOI: 10.4022/jafib.151.
4. Roubille F., Tardif J.C. New therapeutic targets in cardiology: heart failure and arrhythmia: HCN channels. *Circulation.* 2013. vol. 127. no. 19. P. 1986–1996. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000145.
5. Brochu R.M., Clay J.R., Shrier A. Pacemaker current in single cells and in aggregates of cells dissociated from the embryonic chick heart. *J. Physiol.* 1992. vol. 454. P. 503–515.
6. Krogh-Madsen T., Schaffer P., Skriver A.D., Taylor L.K., Pelzmann B., Koidl B., Guevara M.R. An ionic model for rhythmic activity in small clusters of embryonic chick ventricular cells. *Am. J. Physiol Heart Circ Physiol.* 2005. vol. 289. no. 1. P. 398–413. DOI: 10.1152/ajpheart.00683.2004.
7. Barbuti A., Crespi A., Capilupo D., Mazzocchi N., Baruscotti M., DiFrancesco D. Molecular composition and functional properties of f-channels in murine embryonic stem cell-derived pacemaker cells. *J. Mol. Cell. Cardiol.* 2009. vol. 46. no. 3. P. 343–351. DOI: 10.1016/j.yjmcc.2008.12.001.
8. Harzheim D., Pfeiffer K.H., Fabritz L., Kremmer E., Buch T., Waisman A., Kirchhof P., Kaupp U.B., Seifert R. Cardiac pacemaker function of HCN4 channels in mice is confined to embryonic development and requires cyclic AMP. *EMBO J.* 2008. vol. 27. no. 4. P. 692–703. DOI: 10.1038/emboj.2008.3.
9. Liang H., Halbach M., Hannes T., Fleischmann B.K., Tang M., Schunkert H., Hescheler J., Reppel M. Electrophysiological basis of the first heart beats. *Cell Physiol Biochem.* 2010. vol. 25. no. 6. P. 561–570. DOI: 10.1159/000315075.
10. Wang P., Tang M., Gao L., Luo H., Wang G., Ma X., Duan Y. Roles of I_f and intracellular Ca^{2+} release in spontaneous activity of ventricular cardiomyocytes during murine embryonic development. *J Cell Biochem.* 2013. vol. 114. no. 8. P. 1852–1862. DOI: 10.1002/jcb.24527.
11. Ophhof T. Embryological development of pacemaker hierarchy and membrane currents related to the function of the adult sinus node: implications for autonomic modulation of biopacemakers. *Med Biol Eng Comput.* 2007. vol. 45. no. 2. P. 119–132. DOI: 10.1007/s11517-006-0138-x.
12. Thollon C., Bedut S., Villeneuve N., Coge F. Use dependent inhibition of hHCN4 by ivabradine and relationship with reduction in pacemaker activity. *Br. J. Pharmacol.* 2007. vol. 150. P. 37–46. DOI: 10.1038/sj.bjp.0706940.
13. Liu J., Dobrzynski H., Yanni J., Boyett M. R., Lei M. Organisation of the mouse sinoatrial node: structure and expression of HCN channels. *Cardiovasc. Res.* 2007. vol. 73. P. 729–738. DOI: 10.1016/j.cardiores.2006.11.016.
14. Golovko V., Gonotkov M. The contribution of currents involving potassium ions in the
15. formation of action potential in true pacemaker cells of mouse sino-audicular node. *Cardiovasc. Res.* 2014. vol. 103. P. 102–103. DOI: 10.1093/cvr/cvu098.69.
16. Adachi T., Shibata S., Okamoto Y., Sato S., Fujisawa S., Ohba T., Ono K. The mechanism of increased postnatal heart rate and sinoatrial node pacemaker activity in mice. *J Physiol Sci.* 2013. vol. 63. no. 2. P. 133–146. DOI: 10.1007/s12576-012-0248-1.

УДК 612.821:612.84

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВ

Ложкин Л.Д., Воронной А.А., Анкина К.П., Балыкина Т.Г., Кузьменко А.А.
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»,
Самара, e-mail: leon.lozhkin@yandex.ru, arminvanburn@yandex.ru,
Kyprin1998@gmail.com, tanya_romance@bk.ru, Alexandr291294@yandex.ru

Целью данной статьи является описание и разбор существующего на данный момент метода извлечения и визуализации зрительных образов человека. Рассматриваемый метод заключается в том, что при помощи магнитно-резонансной томографии (МРТ) снимаются биологические сигналы активности головного мозга на определённые раздражители, такие как текст, картины, цвета и т.д., которые в дальнейшем поступают на декодер, где и происходит их обработка. При помощи данной обработки происходит реконструкция показанных человеку раздражителей, т.е. происходит реконструкция зрительных образов. В работе рассмотрены основные полученные результаты рассматриваемого метода, которыми являются реконструкции исходных раздражителей при помощи зрительных образов, сравнение полученных реконструированных изображений с исходными раздражителями, а также выведенные зависимости распознавания зрительных образов в зависимости от числа слоёв DNN. Распознавание происходило, как и математически, при помощи корреляции пикселей, так и посредством восприятия восстановленных изображений и их последующем сравнении человеком, т.е. реконструированные изображения показывали человеку. В выводе данной статьи будут изложены перспективы развития визуализации зрительных образов человека и данной области науки в целом.

Ключевые слова: зрительные образы, методы визуализации, МРТ, DNN, визуализация образов

VISUALIZATION VISUAL IMAGES

Lozhkin L.D., Voronnoy A.A., Ankina K.P., Balykina T.G., Kuzmenko A.A.
Volga state University of telecommunications and Informatics», Samara, e-mail: leon.lozhkin@yandex.ru, arminvanburn@yandex.ru, Kyprin1998@gmail.com, tanya_romance@bk.ru, Alexandr291294@yandex.ru

The purpose of this article is to describe and analyze the currently existing method of extraction and visualization of human visual images. The method under consideration is that by means of magnetic resonance imaging (MRI) biological signals of brain activity are removed on certain stimuli, such as text, pictures, colors, etc., which subsequently arrive at the decoder, where their processing takes place. With the help of this treatment, there is a reconstruction of the stimuli shown to a person, i.e., there is a reconstruction of visual images. The paper deals with the main results of the considered method, which are reconstruction of the original stimuli using visual images, comparison of the reconstructed images with the original stimuli, as well as the derived dependence of recognition of visual images depending on the number of DNN layers. Recognition occurred, as well as mathematically, by means of pixel correlation, and by means of perception of the restored images and their subsequent comparison by the person, i.e. the reconstructed images were shown to the person. The conclusion of this article will set out the prospects for the development of visualization of human visual images and the field of science as a whole.

Keywords: visual images, imaging techniques, MRI, DNN, visualization imaging

Визуализация зрительных образов человека является довольно сложной задачей, так как необходимо разработать методы по выявлению активности нейронов головного мозга в тот момент, когда человек вспоминает зрительные образы. В настоящее время для выделения активности головного мозга используется магнитно-резонансная томография (МРТ), это обусловлено тем, что МРТ позволяет получить примерную картину активности головного мозга, что позволяет уже на сегодняшний день иметь представление о некоторых процессах, протекающих в мозге человека. Благодаря этому учеными начались разработки функциональных моделей активности головного мозга.

В настоящее время проводится большое количество исследований, которые направлены на изучение активности головного мозга. Одним из таких исследований явля-

ются опыты по получению возможности визуализации зрительных образов человека по активности головного мозга. Целью данной статьи является разбор одного из существующих методов по визуализации зрительных образов и результаты работы данного метода.

Материалы и методы исследования

В настоящей статье используются материалы, предоставленные в открытом доступе.

Благодаря использованию функциональных моделей МРТ ученым удалось обучить машины визуализировать содержание восприятия, но образы, которые были получены, ограничены реконструкцией с низкоуровневыми базами изображений [1, 2] или на соответствии образам [3, 4].

При дальнейшем изучении вопроса по визуализации зрительных образов человека было обнаружено, что имеется возможность для декодирования визуальной кортикальной активности в иерархические особенности глубокой нейронной сети (DNN)

для одного и того же входного изображения. Так японскими учёными был разработан метод реконструкции изображения, в котором значения пикселей изображения были оптимизированы так, чтобы сделать его DNN-функции похожими на те, которые декодируются из активности человеческого мозга на нескольких слоях [5]. В своём методе они объединили декодирование функции DNN из сигналов фМРТ (англ. fMRI) и методов генерации изображений, недавно разработанных в области машинного обучения [6] (рис. 1).

Алгоритм восстановления начинается со случайного изображения и итеративно оптимизирует значения пикселей, так что DNN-функции входного изображения становятся похожими на те, которые декодируются из активности мозга на нескольких слоях DNN. Полученное оптимизированное изображение берется как реконструкция активности мозга. Для того чтобы реконструированные изображения были похожи на естественные изображения, была введена глубинная генераторная сеть (DGN) [7].

Эксперименты японских учёных состояли из четырех различных типов сеансов представления изображений: сеансы обучения естественному изображению, тестовые сеансы естественного изображения, сеансы геометрической формы и сеансы алфавитного письма и один сеанс психического изображения. В ходе проведённых опытов им удалось обучить декодеры, которые предсказывают особенности DNN просматриваемых изображений из паттернов активности fMRI, расшифровывать визуальные образы, поступающие из головного мозга (рис. 2).

Для исследования эффекта естественного изображения были сравнены реконструкции зрительных образов с и без DGN (рис. 2, б). При сравнении было обнаружено то, что реконструкции, полученные без DGN, не показывали семантически значимых черт, хотя при этом в реконструкциях успешно были получены грубые силуэты. Для оценки точности реконструкции были использованы два способа: пространственная корреляция пикселей и человеческое суждение.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным результатам было обнаружено, что с использованием DGN результаты реконструкции были более узнаваемы по сравнению с без использования DGN (с использованием DGN 99,1 %, без использования DGN 96,5 %), при этом, что корреляция дала обратные результаты (с использованием DGN 76,1 %, без использования DGN 79,7 %). В связи с тем, что конечное изображение будет интерпретировать человек, то результаты предполагают полезность DGN, которая улучшает перцептивное сходство реконструированных изображений с целевыми изображениями путем рендеринга семантически значимых деталей для реконструкций.

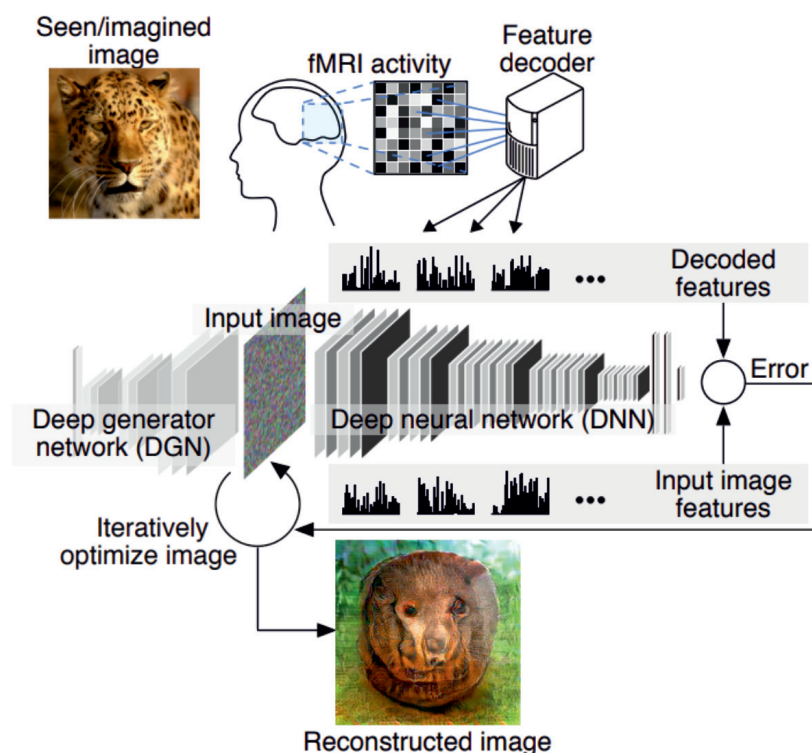
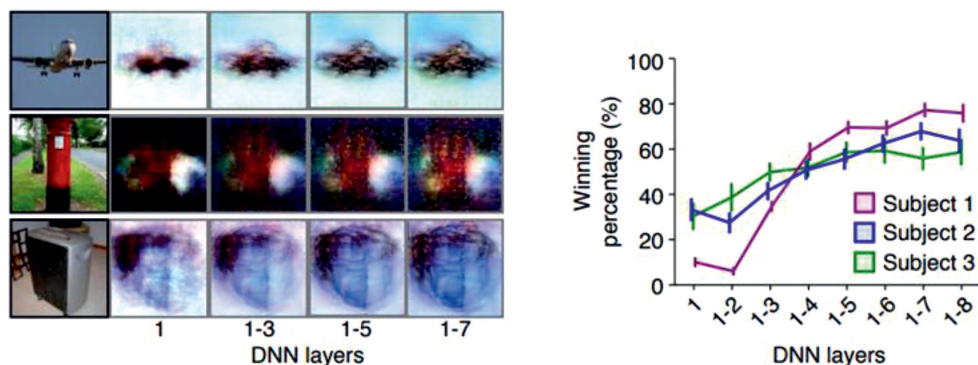


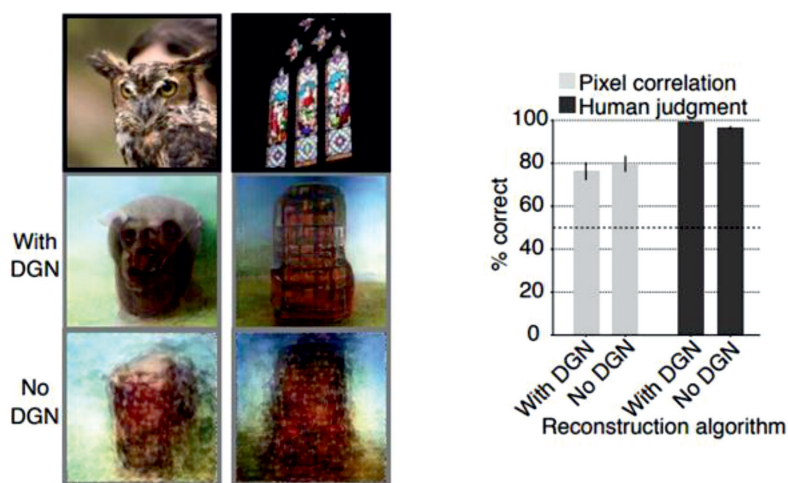
Рис. 1. Процесс глубокой реконструкции визуальных образов

Для оценки зависимости качества реконструкции от количества слоёв DNN был проведён опыт, в котором наблюдателю (человек) были представлены несколько сгенерированных реконструированных изображений и оригинальное изображе-

ние. Реконструированные изображения отличались лишь только числом слоёв DNN. Субъективная оценка показала, что при увеличении числа слоёв DNN увеличивалась и узнаваемость реконструированного изображения (рис. 2, а).



а)



б)

Рис. 2. а) зависимость процента узнаваемости реконструированного изображения от количества слоёв DNN, б) реконструкция изображений с DGN и без DGN

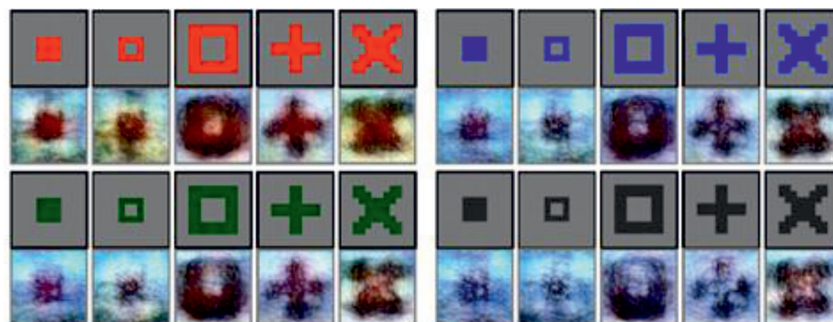


Рис. 3. Реконструированные искусственные цветные формы изображения

Для подтверждения того, что метод не ограничен конкретной областью изображений, которые используются для обучения модели, были использованы и искусственные формы изображений. Результаты реконструкции искусственных цветных форм изображений (рис. 3) были успешно реконструированы с умеренной точностью (рис. 4, 69,4% по пиксельной пространственной корреляции, 92,3% по человеческому суждению), что показало то, что модель действительно «реконструирует» или «генерирует» изображения из активности мозга, а не просто соответствует образцам.

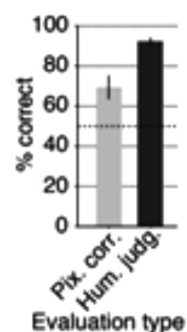


Рис. 4. Точность реконструкции искусственных изображений

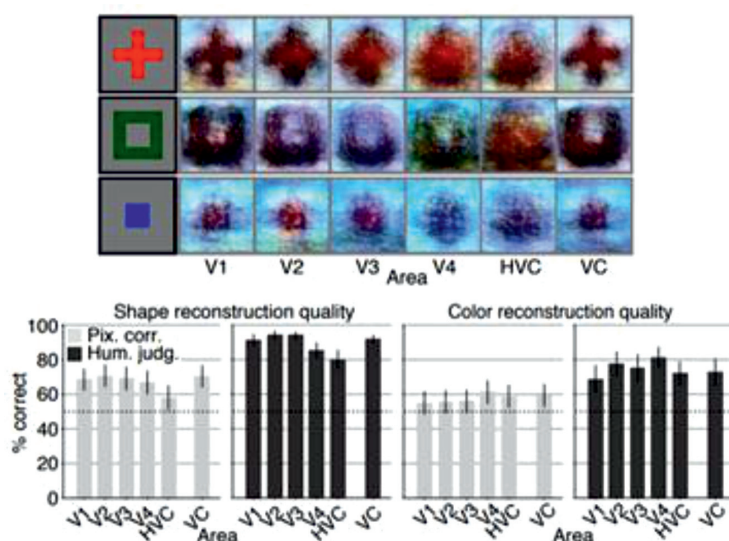


Рис. 5. Зависимость реконструкции формы и цвета в зависимости от визуальной области

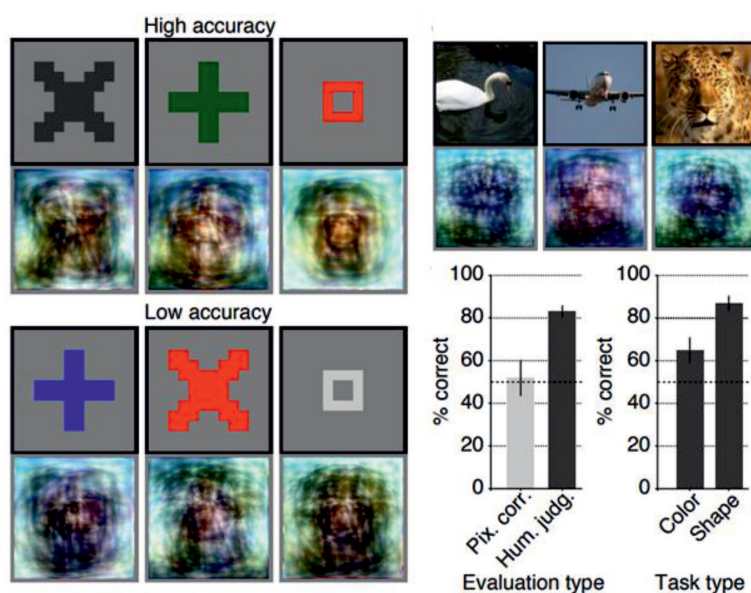


Рис. 6. Реконструкция изображений субъективного содержания

Для оценки реконструкции форм и цвета стимулирующих изображений было отдельно оценено качество реконструкции каждой формы и цвета, сравнивая восстановленные изображения тех же цветов и форм. В ходе оценки было обнаружено, что формы изображений лучше всего реконструируются в ранних визуальных областях, а цвета в свою очередь в средних (рис. 5). Данное обстоятельство говорит о том, что имеется различная тенденция качества реконструкции форм и цветов в зависимости от визуальной области.

На последнем этапе была оценена возможность визуальной реконструкции субъективного содержания. В данном опыте участники экспериментов попросили представить одно из изображений, представляемых ранее. В результате чего были получены следующие результаты, представленные на рис. 6.

Из результатов опыта видно, что простые искусственные формы были успешно реконструированы, в то время как более сложные естественные были не очень хорошо реконструированы, возможно, из-за сложности представления сложных природных образов.

Заключение

Видно, что в настоящее время визуализация зрительных образов человека не достигла ещё той степени, когда изображения, которые человек может представить в своём воображении, можно полностью извлечь из мозговой активности. При этом

нельзя и не замечать успехов, достигнутых в данном направлении. Если удастся достигнуть той степени технологии, когда появится возможность извлекать зрительные образы из памяти со стопроцентным успехом, то данная технология найдёт широкое применение в области криминалистики, кинопроизводства и ещё многих других областях, где есть необходимость воспроизвести либо воображаемые изображения, как в криминалистике, составить фоторобот подозреваемых.

Список литературы

1. Miyawaki Y., Yamashita O., Uchida H., Sato M. Visual image reconstruction from human brain activity using a combination of multiscale local image decoders. *Neuron*. January, 2009. P. 915–929.
2. Haiguang W., Junxing S., Yizhen Z., Kun-Han L., Jiayue C., Zhongming L. Neural encoding and decoding with deep learning for dynamic natural vision. *Cereb. Cortex*. 2017. P. 4136–4160. DOI: 10.1093/cercor/bhx268.
3. Naselaris T., Prenger R.J., Kay K.N., Oliver M., Gallant J.L. Bayesian Reconstruction of Natural Images from Human Brain Activity. *Neuron*. 2009. P. 902–915.
4. Nishimoto S., An T. Vu, Naselaris T., Benjamini Y., Bin Yu, Gallant J.L. Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movies. *Current Biology*. October. 2011. P. 1641–1646.
5. Guohua S., Tomoyasu S., Kei M., Yukiyasu K. Deep image reconstruction from human brain activity. December, 2017. P. 1–19. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1006633.
6. Mahendran A., Vedaldi A. Understanding deep image representations by inverting them. *Computer Vision and Pattern Recognition*. November, 2014. P. 1–9.
7. Nguyen A., Dosovitskiy A., Yosinski J., Brox T., Clune J. Synthesizing the preferred inputs for neurons in neural networks via deep generator networks. *Neural and Evolutionary Computing*. November, 2016. P. 1–29.

УДК 576.7:612.82

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОГЕНЕЗА В ЦНС ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА: ОТ ТЕОРИИ К ЭКСПЕРИМЕНТУ

¹Обухов Д.К., ²Пущина Е.В., ²Вараксин А.А., ²Стуканева М.Е., ³Цехмистренко Т.А.¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;²Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток;³Российский университет дружбы народов, Москва, e-mail: dkobukhov@yandex.ru

В работе представлен краткий обзор собственных и литературных данных об эмбриональных и постэмбриональных периодах развития ЦНС животных и человека. С позиций современной нейробиологии обсуждаются вопросы об эмбриональных источниках нервных и глиальных клеток, факторах и сигнальных молекулах, влияющих на пролиферацию и дифференцировку нейрональных стволовых клеток и их потомков на примере развития головного мозга млекопитающих. Особое внимание уделено вопросу об участии газообразных субстанций NO, CO, H₂S и нейромедиаторов в регуляции и контроле нейрогенеза. Подчеркивается ведущая роль клеток радиальной глии в миграции и дифференцировке нейронов в пре- и постнатальном развитии. Показано, что популяция нейронов в формирующейся коре головного мозга – смешанная и имеет разные источники формирования. Большая часть нейронов коры образуется из нейрональных стволовых клеток, расположенных в субпаллиальных нейрогенных зонах (MGE и LGE). Также дискутируется вопрос о постнатальном нейрогенезе, его значении в регенерации нервной ткани, как в норме, так и при патологии. Подробно освещается проблема сходства и различия нейрогенных зон в ЦНС млекопитающих и других позвоночных животных. Обсуждаются перспективы изучения постнатального нейрогенеза для регенерации мозга. Приводятся данные об экспериментах по изучению нейрогенеза в мозге после травмы.

Ключевые слова: ЦНС позвоночных и человека, нейрональные стволовые клетки, пре- и постнатальный нейрогенез, регенерация нервной системы

FEATURES OF NEUROGENESIS IN THE CNS OF VERTEBRATES AND HUMANS: FROM THEORY TO EXPERIMENT

¹Obukhov D.K., ²Puschina E.V., ²Varaksin A.A., ²Stukaneva M.E., ³Tsekhmistrenko T.A.¹Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg;²National Center Marine Biology RAS, Vladivostok;³People Friendship University, Moscow, e-mail: dkobukhov@yandex.ru

Work presents brief survey its own and literature data about the embryonic and postembryonal development periods CNS of animals and man. From the positions of contemporary neurobiology are discussed questions about the embryonic sources of nerve and glial cells, the factors and the signal molecules, which influence on the proliferation and differentiation of neuronal stem cells and their descendants based on the example of the development of the brain of mammals. Special attention is given to a question about the participation of gaseous substances NO, CO, H₂S and neuromediators in the regulation and the control of neurogenesis. Is emphasized the leading part of the cells of radial glia in migration and differentiation of neurons in pre – and postnatal development. It is shown that the population of neurons in the forming cerebral cortex – mixed and has the different sources of shaping. The large part of the neurons of crust is formed from neuronal stem cells, located in subcortical neurogenic zones (MGE and LGE). Also discuss a question about the postnatal neurogenesis on the CNS vertebrate animals and man, its value in the regeneration of nerve tissue both within the standard and with the pathology. In detail is consider the problem of similarity and difference in the neurogenic zones in CNS of mammalian and other vertebral animals. The prospects of studying the postnatal neurogenesis for the regeneration of the brain are discussed. Data on experiments on neurogenesis in the brain after injury are presented.

Keywords: CNS of vertebrates and humans, neuronal stem cells, pre- and postnatal neurogenesis, nervous system regeneration

Процессы раннего развития ЦНС животных и человека всегда были в центре внимания биологов и медиков. Именно в этот период происходят наиболее важные события, касающиеся будущей судьбы отделов ЦНС, нарушение формирования которых драматически сказываются на всей дальнейшей судьбе организма [1, 2]. Появление в последние годы новых методов исследования нервной системы (иммуногисто- и цитохимия, электронная и конфокальная микроскопия, геномный анализ и др.) привели к существенным изменени-

ям во взглядах на процессы формирования нервной системы в пре- и постнатальных периодах развития организма позвоночных животных и человека. Особое внимание заслуживают данные по экспериментальным моделям изучения нейрогенеза во взрослом мозге в норме и после травмы [3, 4].

Представлен краткий обзор собственных исследований и данных литературы о проблемах пре- и постнатального развития нервной системы позвоночных животных. Особое внимание уделено вопросам репарации нервной системы в условиях травмы.

Особенности пренатального развития нервной системы

Пренатальное развитие ЦНС человека обычно разделяют на эмбриональный (первые 8 недель) и фетальный периоды (с 9 недели до рождения) [1, 5]. В процессе формирования нервной пластинки и нервной трубки на клетки первичного эпителия действует большое количество сигнальных молекул: хордин (chordin), ноггин (noggin) и фоллистатин (follistatin), индуцирующих процесс образования нейроэпителия и нейрональных стволовых клеток (НСК), из которых будут формироваться все элементы нервной ткани. Особо следует отметить регуляторные белки из семейства BMP, которые влияют на разнообразные процессы в развивающемся мозге: пролиферацию региональных стволовых клеток и их потомков; клеточную гибель; миграцию и дифференцировку НСК, а также определяют градиент ростро-каудального и дорсо-вентрального развития ЦНС [5, 6].

Нейральные стволовые клетки активно делятся и в процессе прохождения клеточного цикла претерпевают сложные превращения, связанные с последовательным перемещением ядродержащей части клетки по отросткам, получившие наименование – интеркинетическая ядерная миграция. В результате формируется одно из первых структурных образований развивающейся стенки нервной трубки – вентрикулярный слой или зона (VZ). Наиболее важным для развития мозга является фактор-SHH (sonic hedgehog), направляющий дифференцировку НСК в сторону нейронного дифферона и регулирующий развитие вентральных отделов нервной трубки. Дорсальную часть нервной трубки (крыловидную пластинку) контролируют морфогенетические белки BMP4 и BMP7, секретируемые клетками эктодермы и ряд других ростовых и транс-

крипционных факторов (Pax 3,4,6), FGF8 – фактор роста фибробластов, GDNF – нейротрофический фактор глии, BDNF, NT3,4 – нейротрофические факторы мозга и др.). SHH контролирует разделение вентральных отделов переднего мозгового пузыря на медиальный (MGE) и латеральный (LGE) ганглионарные гребни, НСК которых формируют популяции нейронов, мигрирующие в подкорковые и корковые отделы полушарий конечного мозга. Относительно недавно было установлено, что некоторые нейротрофины (BDNF, NT-3 и NT-4) способны поддерживать как пролиферацию, так и плюрипотентность НСК клеток [6, 7].

В настоящее время показано, что популяции клеток, составляющих вентрикулярный (VZ) и формирующийся несколько позднее субвентрикулярный (SVZ) слои, неоднородны. В зависимости от присутствия у клеток отростков и характера их контакта с поверхностями стенки мозга выделяют три класса клеток предшественников: монополярные, биполярные и неполярные. Биполярные клетки (или апикальные предшественники AP) – представляют собой либо НСК клетки, либо клетки так называемой радиальной глии (RG), в которые НСК превращаются на самых ранних этапах нейрогенеза. Монополярные предшественники появляются на более поздних стадиях, когда в стенке мозга формируется субвентрикулярный (SVZ) слой, содержащий так же как и вентрикулярный слой НСК. Во внутренних слоях субвентрикулярной зоны у человека недавно были обнаружены клетки предшественники с неполярной морфологией. Характерной чертой этих клеток является ретракция отростков перед митозом и потеря их контакта с апикальной и базальной поверхностью стенки мозга. Они получили наименование – базальные предшественники (BP) [2, 5].

Гены и продукты их экспрессии, контролирующие различные процессы развития отделов и структур головного мозга (по: 2, 3, 6, 9)

Ген	Место экспрессии	Функция
Dlx1 Dlx 2, Dlx 5	Субпаллиум (ганглионарные возвышения), промежуточный мозг	Миграция субпаллиальных нейробластов, миграция нейронов в кору из ганглионарных возвышений переднего мозгового пузыря
Emx 1, Emx 2	Конечный мозг	Пролиферация клеток в развивающемся мозге, миграция нейробластов
Lhx 1, Lhx 2, Lhx 5	Передний мозг, кора полушарий	Формирование подкорковых и корковых (архикортекс) отделов полушарий
Nkx 2,1 Nkx 2,2	Вентральные отделы полушарий	Пролиферация и миграция нейробластов в стриатуме
Otx 1, Otx 2	Передний мозг, средний мозг, передние отделы ствола мозга	Формирование структуры полушарий, включая кору мозга
Pax 3, Pax 6	Передний мозг	Миграция нейробластов в дорсальных отделах полушарий

Фактически мы имеем дело с двумя путями образования нейронов в развивающемся мозге. Это путь прямого нейрогенеза, когда источником нейробластов являются непосредственно НСК и нейрогенная радиальная глия (RG), т.е. апикальные предшественники с моно- или биполярной морфологией, и путь непрямого нейрогенеза, когда источником нейробластов служат промежуточные нейрональные предшественники, являющиеся потомками клеток радиальной глии, т.е. базальные предшественники. Непрямой путь нейрогенеза может выступать в роли быстрого увеличения количества нейронов в условиях ограниченного времени (каждое асимметричное деление радиальной глии через стадию промежуточного нейронального предшественника может давать два-четыре нейрона) и тем самым регулировать площадь и толщину стенки мозга [8].

Формирование отделов мозга находится под контролем так называемых «вторичных организаторов» – групп клеток, синтезирующих ряд морфогенетических и транскрипционных факторов, градиент концентрации которых определяет направление миграции и дифференцировки нейронов в разных структурах мозга (таблица).

На более поздней стадии развития формирование зачатков больших полушарий млекопитающих и человека происходит одновременно с развитием так называемого медиального (MGE), латерального (LGE) и каудального (CGE) ганглионарных возвышений, расположенных в вентральных отделах полушарий. Данные структуры принимают участие не только в развитии подкорковых структур полушарий, но и участвуют в формировании нейронных популяций коры. В это же время продолжают активные процессы нейрогенеза в структурах других отделов головного и спинного мозга.

Таким образом, современные исследования процессов раннего нейрогенеза в ЦНС животных и человека позволили сделать ряд заключений, существенно дополняющих прежние представления о развитии мозга:

– в период эмбрионального развития популяция нейронов формируется из разных источников: в первый период эмбрионального развития – из НСК нейрогенного эпителия за счет вертикальной миграции в стенке мозга, а ближе к рождению – из их более поздних потомков – клеток так называемой радиальной глии. Клетки радиальной глии могут продуцировать не только клетки – предшественники нейронов, но и напрямую постмитотические нейроны, составляющие в дальнейшем большую часть нейронной популяции в ряде отде-

лов мозга (в частности, при формировании коры головного мозга и мозжечка);

– найден целый ряд иммуногистохимических маркеров, которые позволяют более или менее надежно идентифицировать НСК и их потомков. Среди них следует отметить: ядерный антиген нервных клеток (нейрогенин) – NeuN; ядерный маркер нейрональной дифференцировки (HuCD), маркер нейробластов – даблкортин (DCX); нейрон-специфическую энolahу – NSE; молекулы адгезии нервных клеток – PSA-NCAM; цитоскелетные белки – нестин, β -тубулин III; транскрипционные факторы – Sox-1, Sox-2, Dlx2, Pax 6, ароматаза В (AgoB) и ряд других [4, 10].

– на пролиферацию и дифференцировку клеток нейрональных предшественников действует большое количество разнообразных ростовых, нейротрофических и транскрипционных факторов;

– большая часть интернейронов мозга (до 40–70%) мигрируют тангентально, беря начало в герминативных зонах (LGE, MGE и CGE), расположенных достаточно далеко в вентральных отделах полушарий. Было показано, что они продуцируют разные субпопуляции нейронов, мигрирующие в разные районы паллиума и субпаллиума [2, 8].

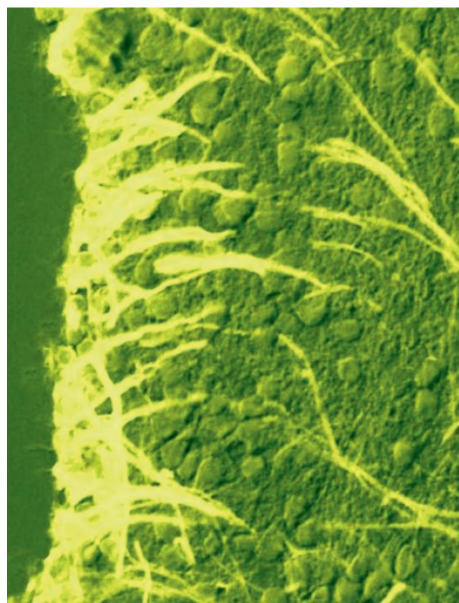
Особенности взрослого нейрогенеза в ЦНС животных и человека

В настоящее время установлено, что в структурах взрослого мозга позвоночных животных и человека в течение длительного времени сохраняются участки нейрогенной активности. У млекопитающих они обнаружены в субвентрикулярной зоне (SVZ) в районе латеральных мозговых желудочков полушарий конечного мозга и в субгранулярной зоне (SGZ) гиппокампа [3, 11]. У низших позвоночных нейрогенные зоны обнаружены в нескольких отделах мозга [4, 12]. Проведенные в этом направлении исследования позволили сделать ряд общих выводов относительно особенностей постнатального нейрогенеза в ЦНС позвоночных животных:

– нейрональные стволовые клетки и их потомки (RG-клетки) находятся в тесном взаимодействии со многими элементами окружающей их структуры мозга, формируя вместе с ними своеобразные – *нейрогенные ниши (neuronal stem niche)* [3, 4, 13];

– клетки нейрогенных ниш выделяют ряд факторов (нейромедиаторы, газообразные субстанции NO, CO, H₂S и др.), которые по принципу ауто- и паракринной секреции влияют на процессы пролиферации, дифференцировки, миграции, рост аксонных и дендритных ветвлений нейрональных предшественников и их потомков [4, 6, 7];

– на основную роль нейрогенных предшественников во взрослом мозге претендуют клетки радиальной глии – RG, популяция которых сохраняется в постнатальном периоде развития длительное время. Специфическим маркером RG является AtoB, однако в ней также выявляется активность ТН-тирозингидроксилазы, NADPH-диафоразы, GABA – гамма-аминомасляной кислоты и NuCD – протеина (традиционно нейрогенных маркеров). Это является уникальным явлением, позволяющим выделить линии глиальной и нейронной дифференцировки при развитии мозга (рисунок);



Иммуногистохимическое выявление ароматазы В в клетках радиальной глии в субвентрикулярной области промежуточного мозга взрослого лосося – симы Onchorhynchus masou Br. [4, 13]

– образовавшиеся в нейрогенных нишах нейробласты и глиобласты мигрируют в разные отделы мозга, иногда довольно далеко от мест их образования (в обонятельную луковицу, гиппокамп, стриатум, мозжечок и даже в кору больших полушарий);

– взрослый нейрогенез у млекопитающих со временем ослабевает;

– у низших позвоночных (амфибий, рыб) процесс постнатального нейрогенеза протекает в течение длительного времени и имеет, как много общего с таковым у млекопитающих, так и ряд специфических черт [4, 12].

Нейрогенез во взрослом мозге в условиях травмы мозга

После установления факта взрослого нейрогенеза в ЦНС позвоночных животных

и человека наибольший интерес вызывает вопрос о возможностях пролиферативных ниш мозга в восстановлении структуры мозга после травмы. На модельных объектах (костистых рыбах) нами были проведены исследования реакции мозга на механическую травму (разрез) структур ЦНС (крыша среднего мозга, мозжечок, конечный мозг) с использованием методов иммуногистохимии, конфокальной и электронной микроскопии [4, 7, 13]. В результате этих экспериментов было показано:

– при механическом повреждении разных отделов мозга выявлено усиление пролиферативной активности как в традиционных пролиферативных зонах нейрогенеза (перивентрикулярные области нейрогенных ниш), так и зафиксировано появление новых нейрогенных участков и зон вторичного нейрогенеза;

– процесс репарации начинается с апоптоза поврежденных элементов нервной ткани. Апоптотический ответ наблюдается уже через полчаса после нанесения повреждающего воздействия и продолжается до 21 дня после нанесения травмы. Это подтверждается результатами маркирования TUNEL-позитивных фрагментов ДНК в зоне повреждения (зрительного нерва), а также данными электронно-микроскопического анализа;

– прижизненный мониторинг клеток в зоне повреждения с помощью мультифотонной конфокальной микроскопии показал, что уже через час после повреждающего воздействия наблюдается физиологический ответ со стороны микроглии (макрофагов мозга), которые мигрируют в область нанесения механической травмы и активно участвуют в элиминации поврежденных клеток с помощью фагоцитоза;

– в отличие от млекопитающих, воспалительная реакция в нервной ткани у низших позвоночных животных (рыб) угасает, не формируя характерный глиальный рубец. Было обнаружено, что NO, секретируемая клетками нейрогенных ниш, оказывает проапоптотическое и нейропротективное действие в зоне травмы мозга, регулируя уровень кальция, снижая выработку супероксидов и блокируя токсическое действие глутамата;

– дифференцировка клеток в нейрональном направлении, обнаруженная при помощи маркирования клеток антителами против белка NuC/D, происходила в пролиферативных зонах теленцефалона, зрительного тectума, мозжечка и продолговатого мозга форели уже через 2 дня после травмы;

– использование низших позвоночных, как модельных объектов представляется весьма перспективным для изучения реге-

неративных потенциалов нервной ткани, как в норме, так и при патологии [4, 11, 14, 15].

Заключение

Полученные данные послужат основой для дальнейших исследований особенностей пре- и постнатального нейрогенеза в ЦНС животных и человека в норме и при патологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ (МД-4318.2015.4) и Программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» на 2015–2017 гг. (проект № 15-I-6-116, раздел III).

Список литературы

1. Ten Donkelaar H.J., Lammens M., Hori A. Clinical neuroembryology. Development and developmental disorders of the Human central nervous system. Springer, 2006. 518 p.
2. Обухов Д.К. Современные представления о развитии, структуре и эволюции неокортекса конечного мозга млекопитающих животных и человека // Вопросы морфологии XXI века. 2008. Вып. 1. С. 200–223.
3. Kempermann G. Adult neurogenesis. Neuroscience in the 21 century (ed. D.W. Pfaff). Springer, 2013. P. 161–178.
4. Puschina E.V., Varaksin A.A., Shukla S., Obukhov D.K. The neurochemical organization and adult neurogenesis in the masu salmon brain. N.Y.: Nova Science Publishers Inc., 2017. 267 p.
5. Development of the Nervous system (Sanes D.H., Ren T.A., Harris W.A. eds.) Elsevier Acad. Press., 2006. 372 p.
6. Гомазков О.А. Нейрогенез как адаптивная функция мозга М.: И-т биомедицинской химии, 2014. 85 с.
7. Обухов Д.К., Пушина Е.В., Вараксин А.А., Стукаева М.Е. Современные представления о механизмах регуляции процессов пре- и постэмбрионального нейрогенеза в ЦНС позвоночных животных и человека // Вопросы морфологии XXI века. 2018. Вып. 5. С. 68–81.
8. Noctor et. al. Cortical neurons arise in symmetric and asymmetric division zones and migrate through specific phases. Nat. Neurosci. 2004. Vol. 7. P. 136–144.
9. Echevarria D., Vieira C., Gimeno L., Martinez S. Neuroepithelial secondary organizers and cell fate specification in the developing brain. Br. Res. Rev. 2003. Vol. 43. P. 179–191.
10. Коржевский Д.Э., Петрова Е.С., Кирик О.В., Безлин Г.В., Сухорукова Е.Г. Нейральные маркеры, используемые при изучении дифференцировки стволовых клеток // Клеточная трансплантология и тканевая инженерия. 2010. Т. 5. № 3. С. 57–63.
11. Ярыгин К.Н., Ярыгин В.Н. Нейрогенез в центральной нервной системе и перспективы регенеративной неврологии // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2012. Т. 112. № 1. С. 4–13.
12. Grandel H., Brand M. Comparative aspects of adult neural stem cell activity in vertebrates. Dev. Genes Evol. 2013. Vol. 223. P. 131–147.
13. Обухов Д.К., Пушина Е.В., Вараксин А.А. Структура пролиферативных зон в ЦНС взрослых позвоночных животных // Вопросы морфологии XXI века. 2015. Вып. 4. С. 43–51.
14. Zupanc G.K.H., Sîrbulescu R.F. Teleost Fish as a Model System to Study Successful Regeneration of the Central Nervous System. Current Topics in Microbiology and Immunology. 2013. Vol. 367. P. 193–233.
15. Pushchina E.V., Obukhov D.K. Is the brain of cherr salmon a new model for investigation of postembryonic neurogenesis? Engineering. 2012. Supplement P. 76–79.

УДК 574.2(470.65)

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ЗВЕНА АДАПТИВНОЙ РЕАКЦИИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA*) НА ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННУЮ СРЕДУ ОБИТАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВЛАДИКАВКАЗА, РСО-АЛАНИЯ)

Саркисянц Л.О.

Владикавказский техникум железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ВлТЖТ – филиал РГУПС), Владикавказ, e-mail: laura.sarkisyants@mail.ru

В работе исследованы адаптивные реакции ассимиляционного аппарата березы повислой (*Betula pendula*) на стрессирующее воздействие экопеллютантов урбосреды г. Владикавказа Республики Северная Осетия – Алания. В качестве объекта изучения выбраны древесные растения из шести экотопов, характеризующихся различным спектром техногенного воздействия на экосистемы. Индикация состояния растений осуществлена на основе анализа морфометрических и индексных показателей, определяющих такие характеристики листьев, как форма, площадь, удлиненность, положение самого широкого места. Отмечена статистически достоверная зависимость метрических показателей вегетативного органа от фактора «место сбора». Выявленные виды реакций популяций березы повислой носят противоположный характер: наряду с ксерофитизацией отмечена тенденция увеличения размерных характеристик листьев в зависимости от условий произрастания растений. При этом зависимость геометрических показателей ассимиляционного аппарата от характеристик экотопов менее выражена, листья *Betula pendula* из всех исследованных районов города имеют широкояйцевидную и яйцевидную форму. Результаты проведенного исследования обосновывают целесообразность включения в программу экомониторинговых испытаний комплекса размерных и индексных показателей органов древесных растений с целью оценки комфортности среды обитания на основе скрининга загрязнения воздушного бассейна города опасными для здоровья живых систем экотоксикантами.

Ключевые слова: фитоиндикация, модификационная изменчивость, урбосреда города, индекс листовой пластинки, индекс формы листа, геометрия ассимиляционного аппарата, адаптивный ответ растений, ксерофитизация

MORPHOLOGICAL STUDY OF LINK ADAPTATION RESPONSES SILVER BIRCH *BETULA PENDULA* IN ANTHROPOGENIC ALTERED HABITAT (FOR EXAMPLE, THE CITY OF VLADIKAVKAZ, NORTH OSSETIA-ALANIA)

Sarkisyants L.O.

Vladikavkaz railway College – branch Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Rostov State Transport University» (VlTt – branch of RSTU), Vladikavkaz, e-mail: laura.sarkisyants@mail.ru

The study examined the adaptive response of the assimilation apparatus of silver birch *Betula pendula* on strassenwesen the impact of ecopollutants arboreta the city of Vladikavkaz of Republic North Ossetia-Alania. As the object of study of selected woody plants of the six ecotypes were characterized by a different spectrum of anthropogenic impact on ecosystems. The indication of the state of plants is carried out on the basis of the analysis of morphometric and index indicators defining such characteristics of leaves as the form, the area, elongation, position of the widest place. The statistically significant dependence of the metric parameters of the vegetative organ on the «place of collection» factor was noted. The revealed types of reactions of birch populations have the opposite character: along with xerophytization the tendency of increasing the size characteristics of leaves depending on the conditions of plant growth is noted. At the same time, the dependence of the geometric parameters of the assimilation apparatus on the characteristics of ecotopes is less pronounced, the leaves of *Betula pendula* from all the studied areas of the city have a wide-ovoid and ovoid shape. The results of the study justify the feasibility of inclusion in the program of ecomonitoring tests of the complex size and index parameters of the organs of woody plants in order to assess the comfort of the environment on the basis of screening of pollution of the air basin of the city dangerous to the health of living systems ecotoxants.

Keywords: phytoindication, modification variability, arboreta city, the index of the leaf blade, the shape index of the sheet, the geometry of the assimilation apparatus, the adaptive response of plants, xerophytization

Несмотря на то, что вопросы адаптации растительных организмов к условиям техногенно измененной среды обитания широко изучены, они не утрачивают актуальности по причине усиливающегося стрессирующего антропогенного влияния на экосистемы. Связанное с этим процессом вовлечение в геохимические циклы поллютантов

с неизвестными механизмами токсичности повышает роль модификационной изменчивости в онтогенетических программах всех компонентов биогеоценозов и, прежде всего, растений, выполняющих средообразующие функции. В данной связи изучение адаптивных стратегий растительных организмов в условиях техногенных экото-

пов важно как с точки зрения корректной санитарно-гигиенической регламентации содержания загрязняющих веществ в различных средах, так и для оценки комфортности среды обитания для роста и развития организмов, а также в вопросах эволюции популяций и популяционной генетики.

Урбосреда города Владикавказа – столицы Республики Северная Осетия – Алания – характеризуется ингредиентным типом загрязнения, главными источниками которого являются развитая сеть автомобильного транспорта и промышленные предприятия цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроительные и металлообрабатывающие предприятия. В воздушном бассейне города, как показали результаты исследований, преобладают эксгалаты: диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, метан, пыль неорганическая, серная кислота [1].

Целью настоящего исследования является изучение модификационной изменчивости листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* в условиях г. Владикавказа, РСО-А.

Для достижения цели выдвигаются следующие задачи:

- оценка размерных характеристик ассимиляционного аппарата березы повислой из экотопов с различной степенью антропогенной трансформационной нагрузки на территории города Владикавказа;
- исследование индексных показателей, описывающих форму листа березы повислой;
- выявление морфологических адаптационных стратегий березы повислой в условиях урбосреды города Владикавказа.

Материалы и методы исследования

Сбор листьев *Betula pendula* проводился во второй декаде июля 2016 г. согласно рекомендациям [2].

Метрические параметры листовых пластин (длина и ширина листа) измерялись на свежесобранном материале с использованием штангенциркуля в трехкратном повторении. Для оценки размерности листа березы повислой в дальнейшем рассчитывался коэффициент величины (длина $\times$ ширина).

Для описания формы листьев березы повислой применялись 2 индексных показателя:

1. Индекс листовой пластинки (ИЛП), являющийся мерой ее удлиненности, рассчитываемый как отношение длины листа к его ширине.

2. Индекс формы (ИФ), отражающий положение самого широкого места листа.

Места сбора материала охватывают территорию трех муниципальных округов города Владикавказа: Промышленного (П), Иристонского (И), Северо-Западного (СЗ) и с учетом характера преобладающих стрессующих факторов среды могут быть определены следующим образом:

1. П1 – селитебная зона Промышленного муниципального округа, основной фактор загрязнения – предприятия цветной металлургии ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит», а также АО «Вагоноремонтный завод им. С.М. Кирова», участки ОАО «РЖД».

2. ПА1, ПА2, ПА3 – экотопы на территории Промышленного муниципального округа, характеризующиеся разным уровнем автомобильной нагрузки (АН): 1200–1300 авт/час (ПА1, ПА2), 1800–1900 авт/час (ПА3). Факторы загрязнения – промышленные предприятия и автотранспорт.

3. ИА1 – популяция березы повислой на территории Иристонского муниципального округа с АН 1100–1200 авт/час. Основной фактор загрязнения – автомобильный транспорт.

4. ИК – деревья березы повислой на территории пансионата «Сосновая роща» (Иристонский муниципальный округ), условный контроль.

5. СЗД – территория жилой постройки с уровнем АН, не превышающим 30 авт/час, Северо-Западный муниципальный округ.

6. СЗК – деревья березы повислой на территории детского сада (Северо-Западный муниципальный округ), условный контроль.

Статистическая обработка результатов исследований осуществлялась с использованием пакетов программ Statistica 8.0 и Microsoft Excel 2007 с привлечением методов однофакторного дисперсионного анализа с апостериорным критерием множественного сравнения достоверно значимой разности Тьюки. Для определения степени изменчивости изучаемых параметров использовался коэффициент вариации ($C_v, \%$).

Результаты исследования и их обсуждение

Влияние показателя «место сбора» на метрические характеристики листа березы повислой исследовано с использованием однофакторного дисперсионного анализа (таблица).

Результаты дисперсионного анализа влияния места сбора на морфометрические и геометрические показатели листовой пластинки березы повислой в условиях города Владикавказа

№ п/п	Показатель	F-критерий	$\eta^2, \%$
1	Длина листа, см	8,61***	26,5
2	Ширина листа, см	11,81***	33,1
3	Коэффициент величины	11,20***	31,9
4	ИЛП	8,72***	26,7
5	ИФ	10,56***	30,7

Примечание. *** – $P < 0,001$.

Как видно из таблицы, на высоком уровне статистической достоверности ($P < 0,001$) признаки, характеризующие размеры и форму ассимиляционного аппарата *Betula pendula*, определяются местом обитания растительного организма, что в ло-

гике эксперимента означает зависимость от экологических условий произрастания. При этом доля влияния независимой переменной – место сбора, на изменчивость метрических параметров варьирует от 26,5 % в случае длины листовой пластинки березы повислой до 33,1 % – в случае ее ширины. Вместе с тем рис. 1 иллюстрирует низкий и средний уровень относительной изменчивости данных показателей согласно шкале С.А. Мамаева в пределах выбранных экотопов, что повышает их информативность в качестве индикаторных. Среди исследованных параметров лишь коэффициент величины, характеризующий грубо измеренную площадь листа березы, отличается высоким уровнем вариабельности со значениями C_v в пределах от 20 до 43 %.

Влияние факторов среды на формирование размерных характеристик ассимиляционного аппарата березы проявляется в преобладании тенденции к ксероморфности, выражающейся в уменьшении значений коэффициента величины у популяций из мест сбора ПА 2, ПА 3, ИА 1, СЗД по сравнению с контрольными растениями (рис. 2). Так, уменьшение размерности листа березы составило по данному показателю 28,69 % относительно контроля на территории Иристонского муниципального округа ($P = 0,032$), 14,18 % – на территории Северо-Западного МО. Очевидно сокращение ассимиляционной поверхности листа на экотопах, характеризующихся загрязнением воздушного бассейна выбросами автотранспорта (ПА 2, ПА 3, ИА 1).

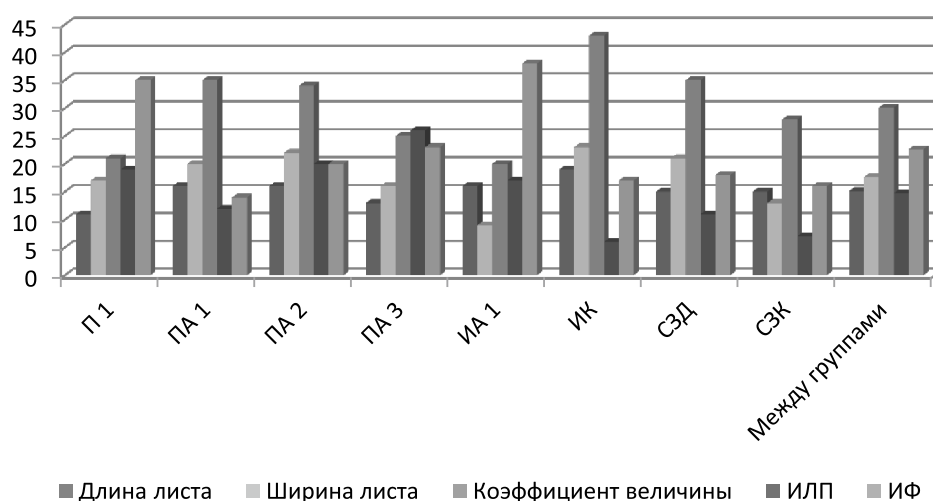


Рис. 1. Результаты определения коэффициента вариации (C_v , %) изученных параметров листа березы повислой разных экотопов

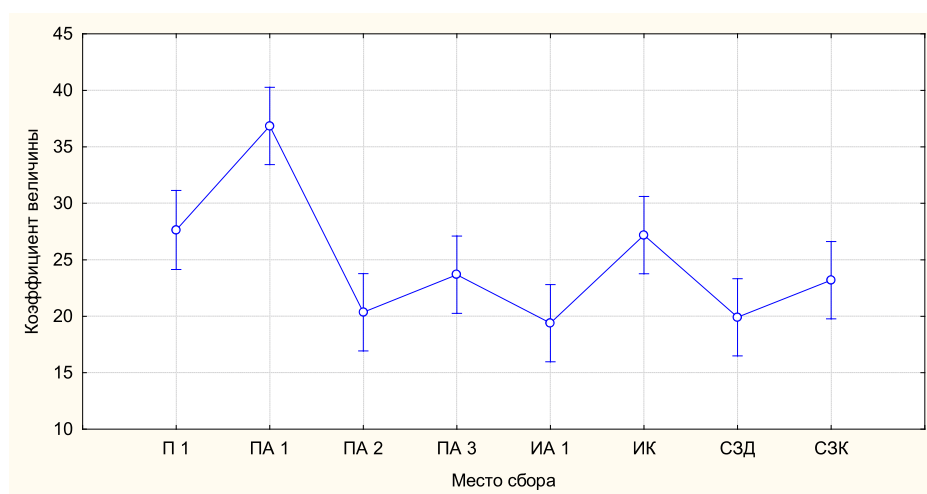


Рис. 2. Результаты определения коэффициента величины ассимиляционного аппарата березы повислой из разных мест сбора

Адаптивная реакция растений данных урботерриторий выражается также в уменьшении значений отдельных размерных характеристик ассимиляционного органа: длины и ширины (рис. 3). Так, длина листовой пластинки березы повислой местообитаний с разным уровнем АН на 1,70–6,27%, а ширина – на 8,60–21,05% ($P < 0,005$) меньше, чем у растений контрольных популяций места сбора ИК.

Более выраженное уменьшение ширины листа деревьев по сравнению с длиной находит отражение в увеличении значений индексного показателя ИЛП (рис. 4). Как видно на рис. 4, удлинённость ассимиляционного аппарата деревьев, произрастающих на территориях разных муниципальных округов города, в местах сбора ПА 2 и ИА 1, статистически достоверно превышает удлинённость листьев деревьев контрольного экотопа ИК на 19,23% ($P < 0,001$) и 15,52% ($P < 0,005$) соответственно.

Необходимо отметить, что ксероморфность известна, как «классическая» преадаптивная реакция древесных растений на действие различных экотоксикантов, в частности токсичных газов [3]. Уменьшение размеров наиболее пластичного органа растения в техногенно измененной среде обитания большинство авторов связывает с подавлением клеточных ростовых процессов, прежде всего в периферической части листа [4–6].

Вместе с тем необходимо отметить наличие как минимум двух видов адаптивного ответа на действие средовых факторов популяций березы повислой на территории города Владикавказа. Наряду с преобладающей в большинстве выбранных экотопов минимизацией размеров листа у растений на территории Промышленного муниципального округа, мест сбора П 1 и ПА 1, отмечена противоположная тенденция – длина, ширина и коэффициент величины превышают соответствующие параметры контрольных растений. Наиболее выражена данная тенденция на территории ПА 1, характеризующейся сочетанным вкладом в загрязнение воздушного бассейна промышленных предприятий и автотранспорта. Увеличение размеров листовой пластинки березы повислой данного местообитания составляет относительно контрольных ИК/СЗК в ряду параметров длина – ширина – коэффициент величины соответственно: 14,10%/13,40%–15,28%/26,57%–27,26%/36,38%. Отмеченную тенденцию закономерно дополняет уменьшение ИЛП по сравнению с контролем на территории Северо-Западного МО на 14,12% ($P = 0,020$). Очевидно, увеличение размеров листа

в данном случае объясняется катализирующим влиянием ряда техногенных факторов, в частности низких концентраций тяжелых металлов, на процессы роста и растяжения клеток, что находит подтверждение у ряда авторов [5, 7]. Кроме того, увеличение размеров листа может рассматриваться как компенсаторная реакция на уменьшение количества хлорофилла при деструкции хлоропластов под действием поллютантов [8].

Промежуточным характером защитной реакции березы повислой на действие стрессоров можно считать усиление ксероморфоза на фоне снижения отношения длины к ширине листа, отмеченное у растений жилой постройки на территории Северо-Западного муниципального округа.

Анализ геометрии листа березы повислой разных экотопов на территории города Владикавказа позволяет выявить две преобладающие формы органа – широкояйцевидную и яйцевидную, зависимость от уровня техногенной нагрузки по данному показателю не выявлена. Условно объединив места сбора в 4 группы по преобладающей адаптивной реакции листовой пластинки, получаем следующий ряд средних значений ИФ:

I группа (П 1, ПА 1) 2,2 – II группа (ПА 2, ПА 3, ИА 1) 2,2 – III группа (СЗД) 1,4 – IV группа (контрольная: СЗК, ИК) 1,9.

Таким образом, можно отметить тенденцию к увеличению ИФ ассимиляционного аппарата березы повислой у популяций на техногенно измененных территориях в сравнении с контрольными.

Выводы

1. Популяции березы повислой *Betula pendula* урботерриторий г. Владикавказа проявляют разные адаптивные реакции к стрессиндуцируемым факторам среды.

2. Наряду с «классическим» защитным механизмом уменьшения морфометрических показателей листовой пластинки растения техногенно измененных мест обитания проявляют тенденцию к компенсаторному увеличению фотосинтезирующей поверхности. Такой тип реакции характерен, в частности, для растений, произрастающих на территории Промышленного муниципального округа г. Владикавказа.

3. Длина и ширина листовой пластинки *Betula pendula*, а также информация о их соотношении, выраженная в индексе ИЛП, могут рассматриваться как информативные морфологические показатели, в том числе в фитоиндикационных исследованиях урбосреды г. Владикавказа.

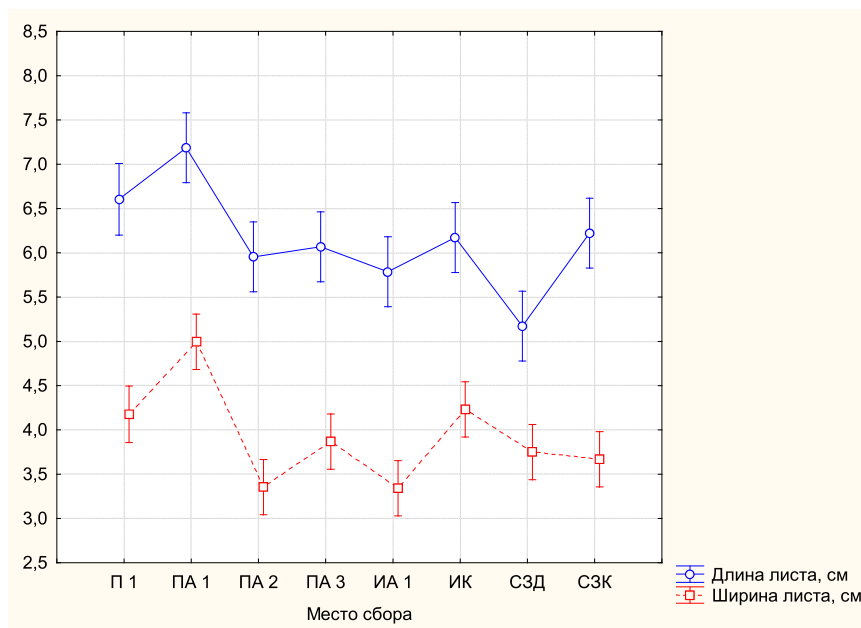


Рис. 3. Результаты определения размерных признаков листа березы повислой разных экотопов на территории г. Владикавказ

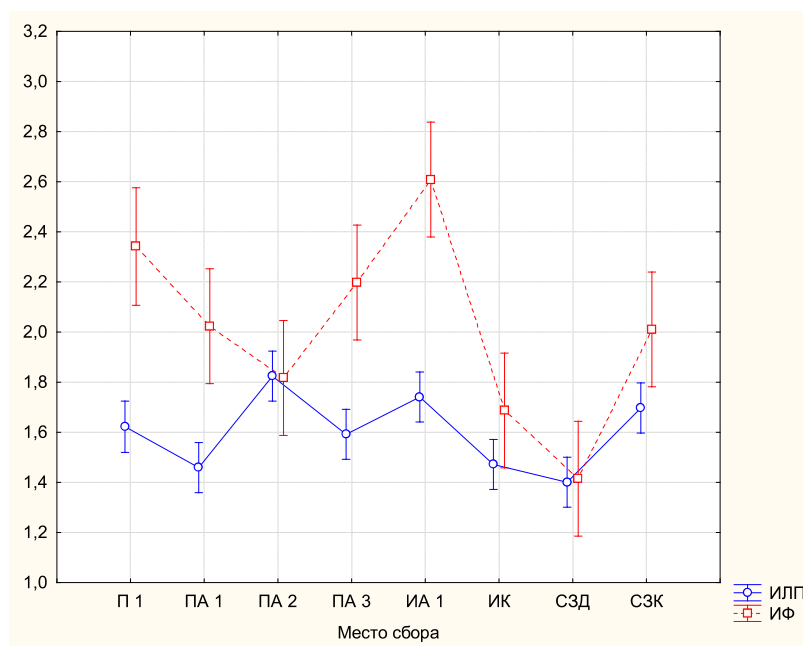


Рис. 4. Результаты определения индексных параметров листа березы повислой разных экотопов на территории г. Владикавказ

4. По показателю формы листа березы повислой существенных различий между исследованными экотопами не выявлено, преобладают широкояйцевидный и яйцевидный лист. Такой показатель геометрии листа, как ИФ, очевидно, проявляет тен-

денцию к увеличению с ростом техногенной нагрузки, однако для решения вопроса о включении его в программу экомониторинговых исследований требуется дальнейшее исследование на большем количестве экспериментального материала.

Список литературы

1. Кебалова Л.А. Экологическая оценка состояния атмосферного воздуха города Владикавказа // Географический вестник. Метеорология. 2017. № 3 (42). С. 71–77.
2. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460. М.: Наука, 2003. 24 с.
3. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 124 с.
4. Аминева К.З. Эколого-биологическая характеристика дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра: дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2016. 164 с.
5. Кайгородов Р.В. Устойчивость растений к химическому загрязнению. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. 151 с.
6. Хузина Г.Р. Влияние урбаноcреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula Pendula* Roth // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. № 3. С. 53–57.
7. Хигматуллина Г.Р. Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2013. 24 с.
8. Соколова Г.Г., Еремина А.А. Влияние загрязнения воздушной среды на развитие листьев древесных растений в условиях г. Горно-Алтайска. Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сборник научных статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции (20–23 октября 2014 г., Барнаул). Барнаул: Концепт, 2014. 291 с.

УДК 630*18:631.611

СЕЛЕКЦИОННОЕ СЕМЕНОВОДСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В СУХОЙ СТЕПИ

¹Иозус А.П., ¹Завьялов А.А., ²Крючков С.Н.

¹Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru;

²ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения» Российской академии наук, Волгоград

Минприроды России в проекте доклада о состоянии и охране окружающей среды в 2017 г. отмечает, что нашу страну в ближайшие годы ожидают серьезные природные катаклизмы, что несет угрозу благополучию населения, состоянию природных комплексов, лесоаграрных ландшафтов, а также растительному и животному миру. В таких условиях толерантность и долговечность аборигенной и коренной растительности в сухой степи в плане сохранения достаточного для эволюционных процессов биоразнообразия может оказаться недостаточной, поэтому самое серьезное внимание необходимо уделить подбору и введению в лесоаграрные ландшафты интродуцентов, прошедших предварительный отбор и селекционную оценку в сухой степи. Перспективными среди интродуцентов являются робиния, ильмовые и ясень. Предлагается широко использовать робинию махровой и пирамидальной формы, для чего создавать клоновые лесосеменные плантации. Семеноводство робинии ведется путем отбора необмерзающих особей с коротким периодом роста и созданием лесосеменных плантаций. Основной породой из ильмовых в регионе является вяз приземистый, который в процессе своего произрастания в регионе образовал естественные гибриды, отличающиеся гетерозисом и другими положительными свойствами с вязом берестом. Особенностью произрастания ясени ланцетного в искусственных насаждениях Юга России является преобладание мужских особей над женскими в соотношении 2,5:1, женские особи к тому же значительно отстают в росте во высоте и диаметру от мужских. В экстремальных условиях для повышения толерантности защитных лесных насаждений необходимо использовать половой диморфизм и преимущественно вводить мужские генотипы, так как они обладают повышенной устойчивостью и энергией роста. Лесосеменные плантации из интродуцентов позволят значительно улучшить генофонд вновь создаваемых насаждений, повысить биоразнообразие, устойчивость и долговечность.

Ключевые слова: интродуценты, робиния, ильмовые, ясени, лесосеменные плантации, устойчивость, долговечность

BREEDING SEEDING PERSPECTIVE INTRODUCED IN DRY STEPPE

¹Iozus A.P., ¹Zavyalov A.A., ²Kryuchkov S.N.

¹Kamyshin Technological Institute (branch) of the State Educational Institution «Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru;

²Federal Research Center for Agroecology, Comprehensive Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

The Ministry of natural resources of Russia in the draft report on the state and protection of the environment in 2017, notes that our country in the coming years expect serious natural disasters that threatens the well-being of the population, the state of natural complexes, forest landscapes, as well as flora and fauna. In such circumstances, the tolerance and durability of indigenous and native vegetation in the dry steppe in the conservation plan are sufficient for evolutionary processes of biodiversity may not be sufficient, therefore, close attention must be paid to the selection and introduction of forest-agrarian landscapes of introduced species pre-selection and selection evaluation in dry steppe. Promising among introduced species are robinia, elm and ash. It is proposed to widely use robinia mast shape and pyramid shape, which create clonal seed plantations. Robinia seed production is carried out by selecting non-freezing individuals with a short period of growth and the establishment of forest seed plantations. The main breed of elm in the region is squat elm, which in the process of its growth in the region formed natural hybrids, characterized by heterosis and other positive properties with elm birch bark. The peculiarity of the growth of lanceolate ash in artificial plantations in the South of Russia is the predominance of males over females in the ratio of 2.5: 1, females are also significantly behind in growth in height and diameter from males. In extreme conditions, in order to increase the tolerance of protective forest stands, it is necessary to use sexual dimorphism and predominantly introduce male genotypes, since they have increased stability and growth energy. Forest seed plantations from introduced species will significantly improve the gene pool of newly created plantations, increase biodiversity, resistance and durability.

Keywords: introducents, robinia, elm, ash, seed plantations, stability, durability

Минприроды России в проекте доклада о состоянии и охране окружающей среды в 2017 г. отмечает, что нашу страну в ближайшие годы ожидают серьезные природные катаклизмы, что несет угрозу благополучию населения, состоянию при-

родных комплексов, лесоаграрных ландшафтов, а также растительному и животному миру [1]. В таких условиях толерантность и долговечность аборигенной и коренной растительности в сухой степи в плане сохранения достаточного для эволюционных

процессов биоразнообразия может оказаться недостаточной, поэтому самое серьезное внимание необходимо уделить подбору и введению в лесоаграрные ландшафты интродуцентов, прошедших предварительный отбор и селекционную оценку в сухой степи. Интродуценты по разному реагируют на экстремальные факторы в условиях сухой степи, проявляя при этом различные адаптационные механизмы [2–4].

История защитного лесоразведения сухой степи насчитывает немногим более двухсот лет. За это время многие интродуцированные виды сформировали устойчивые искусственные популяции и прошли различные этапы акклиматизации и адаптации в экстремальных условиях аридного региона [2].

Целью работы является изучение ценного генофонда древесных пород в экстремальных условиях сухой степи. Выявление механизмов их адаптации и толерантности. Разработка рекомендаций по введению перспективных интродуцентов в защитные насаждения.

Материалы и методы исследования

Объектами селекционной инвентаризации и отбора ценного генофонда являлись объекты естественного происхождения, искусственного (культуры и защитные лесные насаждения) заложенные для испытания генофондов научно-исследовательские объекты. Предварительный отбор лучших образцов интродуцентов древесно-кустарниковых пород проводили по их росту, состоянию, развитию. Для более полной оценки отобранного селекционного материала проводили эколого-физиологические, морфо-генетические и биохимические исследования, а также путем моделирования экстремальных воздействий. При этом использовались методики С.С. Пятницкого (1961), Ф.Ф. Моцкова (1976), Б.А. Мухаева (1982) и др [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Как наиболее перспективные интродуценты нами изучались робиния, ильмовые и ясени (ланцетный и обыкновенный) [5].

Робиния обладает целым комплексом положительных характеристик: толерантностью к засухе, энергией роста. Робиния относится к семейству бобовых, поэтому является хорошим медоносом и улучшает почву. Благодаря этому получила широкое распространение на Юге России (Ставропольский, Краснодарский края, Ростовская, Волгоградская, Астраханская обл., республика Калмыкия).

Однако в отдельные годы робиния в насаждениях в Ростовской, Астраханской, Волгоградской областях нередко подмерзает, а в экстремальные годы массово гибнет.

В данных условиях растения, отличающиеся продолжительным ростом, сильнее подвергаются обмерзанию (до 55% ежегодного прироста). Те биотипы, которые имеют меньшую продолжительность роста, обмерзают меньше всего.

Соответственно, различаются и их таксационные показатели. На светло-каштановой почве в защитных лесных насаждениях долгорастущие растения (обмерзающие) имеют высоту 7,9 м и диаметр 17 см, а особи короткорастущие имели среднюю высоту 13 м, диаметр 25 см в 22-летнем возрасте.

Робиния отличается высокой засухо-, соле- и морозоустойчивостью, переносит летние засухи содержание солей до 1% по сухому остатку.

Отличается также хорошим ростом, в сухой степи растёт интенсивно с ежегодным приростом 80–120 см до 10 лет.

Из Нижнеднепровской опытной станции УкрНИИЛХА в сухостепную зону Поволжья интродуцировали ряд ценных морфологических форм робинии, в том числе пирамидальную и мачтовую, которые превосходят обычные деревья по целому ряду показателей: качеству древесины, почвоулучшающим свойствам, высоте и диаметру, толерантности к вредителям. Однако имеют слабые репродуктивные характеристики: плоды плохо завязываются и плохо переносят низкие зимние температуры.

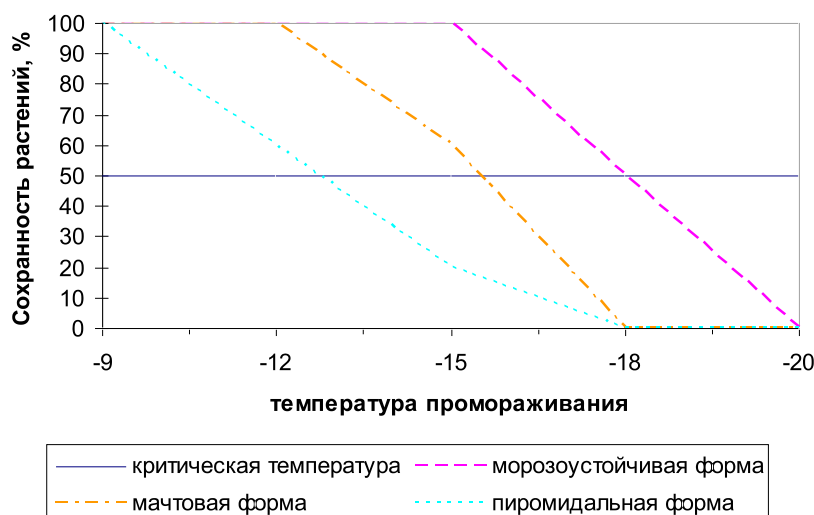
Селекционный отбор морозоустойчивых форм позволяет сдвинуть границу культивирования робинии значительно северовосточнее.

После суровых зим в защитных лесных насаждениях крайнего юго-востока европейской территории России отобраны 60 морозоустойчивых особей робинии.

Выделенные в экстремальных лесорастительных условиях (Волгоградской, Астраханской областей и республики Калмыкия), растения показали высокую толерантность к минусовым температурам.

Хуже всего перенесла морозы пирамидальная форма (-12°C), несколько лучше мачтовая (-16°C), наиболее устойчивыми к морозу (-18°C) оказались особи адаптированной типичной формы (рисунк).

Эти адаптированные особи типичной формы лучше переносили засуху. Засуха оказала влияние и на морозоустойчивость: ослабленные засухой растения гораздо хуже переносили морозы. Таким образом, засухи значительно снижают устойчивость робиниевых насаждений к низким температурам и могут служить причиной их массовой гибели от морозов.



Сохранность робинии при искусственном промораживании

Проведенные исследования позволили оценить генофонд по комплексу признаков ценных для защитного лесоразведения, что позволило отобрать биотипы, удовлетворяющие требованиям плюсовых деревьев. Отобранный селекционный материал, в первую очередь биотипы, явился отправной точкой закладки постоянной лесосеменной базой робинии. При их закладке в условиях юго-востока европейской территории России оптимальной является схема 5×10 с размещением кустарников в широких десятиметровых междурядьях, позволяющих значительно сократить изреживание [5].

Для размножения маточной и пирамидальной форм, которые практически не дают семян, необходимо закладывать маточные плантации. Вегетативное размножение также в селекционных питомниках. В Волгоградской области на данный момент имеется около 30 га лесосеменных участков робинии. Считаем, что наибольшим мелиоративным эффектом, а особенно на орошаемых землях и в условиях достаточного увлажнения обладают маточная и пирамидальная формы.

Ильмовые представлены разнородными биотипами, весьма отличающимися между собой вяза приземистого, произрастающими в основном в защитных лесных насаждениях на юго-востоке европейской территории России.

Экспедициями ВНИАЛМИ после жестоких засух и зим на юго-востоке европейской территории России, отобраны хорошо сохранившиеся деревья среди усохших и усыхающих насаждений. Отбор проводился в 2002 и 2003 гг. в защитных лесных насаждениях на юго-востоке европейской территории России.

Всего отобрано 60 деревьев: вяз приземистый (В) – 12, берест (Б) – 14, гибриды с преобладанием признаков вяза (В×Б) – 15, гибриды с преобладанием признаков береста (Б×В) – 20.

При отборе маточных деревьев обеспечили превышение их показателей над средними во всех систематических группах. Вследствие гетерозиса у спонтанных гибридов также отмечено превышение показателей над контрольными экземплярами.

Погода в период цветения оказывает решающее воздействие на характеристики урожая. Тёплая сухая погода способствует формированию обильного здорового урожая. В соответствии с учением В.Т. Тимофеева (деревья-коровы) проведена работа по выделению отдельных особей, отличающихся обильным плодоношением. Их количество составило до 30 %, и они обеспечивали до 90 % всего урожая насаждения.

Сравнительная оценка устойчивости селекционного генофонда голландской болезни показала наибольшую устойчивость к голландской болезни вяза приземистого, спонтанные гибриды с берестом заняли промежуточное положение, а наименее устойчивым оказался вяз берест.

Наиболее точными, но в то же время трудоемкими в селекционных исследованиях являются опыты в вегетационных сосудах. Опыты проводили согласно методике с созданием почвенной засухи. При этом после устранения почвенной засухи наименьшая гибель отмечалась у потомства плюсовых деревьев – до 17 %. У потомства контрольных растений вяза приземистого после почвенной засухи погибло 78 %,

т.е. сохранилось всего чуть более 20%, что в природных условиях повлекло бы расстройство и гибель насаждений.

Другой важнейшей характеристикой селекционного материала является его солеустойчивость [6]. Опыты с вегетационными сосудами показали наименьшую устойчивость береста, что можно объяснить тем, что обычно он произрастает на промытых выщелоченных прибалочных территориях и не выработал толерантности к засолению. Вяз приземистый, который обычно растет в том числе и на достаточно засоленных местоположениях, в вегетационных опытах показал большую устойчивость.

Токсичные соли снижают морозоустойчивость, особенно при недостаточной влажности почвы. Поэтому естественные и искусственные насаждения на солончаках очень неустойчивы к морозу и массово погибают при экстремальных зимах. Прямое промораживание вегетационных сосудов (10-литровые ведра) показало, что наиболее морозоустойчивые берест и его гибриды с вязом приземистым – их корни выдерживают температуры от -21° до -25°C . Для вяза приземистого критическая температура составила -16°C (таблица).

Через 25 лет после отбора было проведено дополнительное изучение маточных деревьев ильмовых, что позволило подтвердить предварительные результаты.

Берест и его гибриды вошли в группу лидеров по основным параметрам. Эффективность плантационного семеноводства ильмовых подтверждают исследования клоновой лесосеменной плантации в 22-летнем возрасте. По результатам исследований

из группы береста и его гибридов выделено 16 клонов. Выделенный селекционный материал использован для создания лесосеменной плантации, закладку которой проводили дифференцированно по систематическим группам. Достаточно перспективным является вяз гладкий, его селекцию и семеноводство необходимо проводить на устойчивость к графиозу. В целом он показал себя достаточно адаптивным для сухостепных районов.

В составе защитных лесных насаждений в сухой степи широко представлены ясени (ланцетный и обыкновенный). Из них ясеня ланцетный считается более засухоустойчивым. Однако ясеня обыкновенный по состоянию и таксационным показателям в старых насаждениях юго-востока европейской территории России не уступает, а превосходит ланцетный и меньше повреждается древесницей въедливой. Видимо оба вида должны занимать соответствующие экологические ниши. При создании лесосеменных плантаций ясеней учитывали половой диморфизм (двудомность).

Особенностью произрастания ясеня ланцетного в искусственных насаждениях Юга России является преобладание мужских особей над женскими в соотношении 2,5:1, женские особи к тому же значительно отстают в росте во высоте и диаметру от мужских.

В трудных лесорастительных условиях для повышения биологической устойчивости защитных лесных насаждений необходимо использовать половой диморфизм и преимущественно вводить мужские генотипы, так как они обладают повышенной устойчивостью и энергией роста.

Оценка маточных деревьев вяза по потомству

Группы вяза	Восприимчивость к голландской болезни		Засухоустойчивость		Солеустойчивость		Морозоустойчивость	
	балл	процент к контролю	балл	процент к контролю	балл	процент к контролю	критическая температура $^{\circ}\text{C}$	процент к контролю
В	0,4	50	4,5	118	4,4	133	$-16,5$	106
ВхБ	0,9	$\frac{112}{39}$	4,3	$\frac{113}{134}$	4,2	$\frac{127}{191}$	–	–
БхВ	1,4	$\frac{175}{61}$	3,8	100	3,3	$\frac{100}{150}$	$-19,5$	$\frac{126}{89}$
Б	2,0	87	3,6	112	2,7	123	23,5	107
Контроль (вяз)	0,8	100	3,8	100	2,3	100	15,5	100
Контроль (берест)	2,3	100	3,2	100	2,2	100	22,0	100

При создании объектов постоянной лесосеменной базы большое внимание уделялось подбору и размножению засухо-, соле-, морозоустойчивых и быстрорастущих генотипов, обладающих достаточной урожайностью. Лесосеменную плантацию создавали привитыми саженцами, при этом женские особи составляли большую часть, примерно 70–80% от общего количества потомств. Объекты постоянной лесосеменной базы ясеней были заложены в Волгоградском и Элистинском семеноводческих комплексах.

В тяжелейших почвенно-климатических условиях гослесополосы Волгоград – Элиста – Черкесск для повышения генетического уровня устойчивости селекционного материала к засухе среди прошедших первичный естественный отбор пятидесятилетних деревьев ясеня ланцетного отобрано 36 плюсовых.

Выводы

1. Засухи значительно снижают устойчивость робиниевых насаждений к низким температурам и могут служить причиной их массовой гибели от морозов. Самую высокую морозоустойчивость (-18°C) показали особи типичной формы. Слабую адаптацию к жестким условиям показала пирамидальная форма (-12°C).

2. У ильмовых при наличии токсических солей и в условиях недостаточной влажности почвы морозоустойчивость снижается. Проведением опытов по прямому промораживанию установлено, что наиболее морозоустойчивы берест и его гибриды

с вязом приземистым – их корни выдерживают температуры от -21° до -25°C . Критическая температура для вяза приземистого составила -16°C .

3. У ясеня ланцетного в разновозрастных посадках на юго-востоке европейской территории России преобладают мужские особи (отношение мужских к женским 2,5:1). Женские особи значительно отставали в росте от мужских.

В трудных лесорастительных условиях для повышения биологической устойчивости защитных лесных насаждений необходимо использовать половой диморфизм и преимущественно вводить мужские генотипы, так как они обладают повышенной устойчивостью и энергией роста.

Список литературы

1. Проект государственного доклада Минприроды России о состоянии и охране окружающей среды в 2017 году // Министерство природных ресурсов и экологии РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 24.10.18).
2. Иозус А.П., Крючков С.Н., Морозова Е.В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 184 с.
3. Царев А.П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. М.: Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2013. 164 с.
4. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кащенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 103–109.
5. Научно-методические указания по сортоводству деревьев и кустарников для защитного лесоразведения в аридных регионах. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 51 с.
6. Мигунова Е.С. Лесонасаждение на засоленных почвах. М.: Лесная промышленность, 1978. 144 с.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРИДОРОЖНОЙ ЗОНЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАСС

¹Леонидова Т.В., ²Сидоренкова Н.К., ³Блохина Н.А., ³Харитонов И.Д.

¹ФГБНУ ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, Лобня, e-mail: tatyana_4159@mail.ru;

²РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: sidnadejda@mail.ru;

³МБОУ школа № 4, Долгопрудный, e-mail: dolgoprudny04@mail.ru

Приведены результаты исследования почв придорожной зоны автомагистралей в Московской, Рязанской, Псковской, Тверской, Ярославской областях. В настоящее время загрязнение почв тяжелыми металлами является одной из важнейших проблем современной экологии. Постоянный рост автомобильного парка страны привел к тому, что основная доля вредных выбросов, в том числе тяжелых металлов, в окружающую среду крупных городов приходится на автотранспорт. Тяжелые металлы, попав в почву, включаются в природный круговорот веществ и удаляются из нее очень медленно при выщелачивании, эрозии и дефляции, а также потреблении растениями. Высокая токсичность и опасность тяжелых металлов для здоровья человека, возможность их рассеяния в окружающей среде диктует необходимость контроля их содержания в почвах, расположенных вдоль транспортных магистралей, имеющих потенциально высокую техногенную нагрузку. До 2003 г. в бензин с целью повышения его октановых характеристик и для повышения характеристик двигателя добавлялся свинец и его соединения. Попадая в организм человека, эти соединения вызывали «серьезные заболевания». С 1 июля 2003 г., согласно законопроекту, принятому Госдумой РФ, в России запрещены производство и оборот этилированного бензина. Повышение качества автомобильного бензина способствовало снижению вредных выбросов с отработавшими газами автомобилей и защите окружающей среды.

Ключевые слова: автомагистраль, почва, тяжёлые металлы, валовое содержание, ориентировочно допустимое содержание

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN A ROADSIDE AREA OF THE HIGHWAYS

¹Leonidova T.V., ²Sidorenkova N.K., ³Blokhina N.A., ³Kharitonov I.D.

¹Federal State Budgetary Scientific Institution all-Russian research Institute of feed named after V.R. Williams, Lobnya, e-mail: tatyana_4159@mail.ru;

²RSAU – MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, e-mail: sidnadejda@mail.ru;

³MBOU school № 4, Dolgoprudny, e-mail: dolgoprudny04@mail.ru

The article contains the results of the study of the soils of the roadside highways in the Moscow, Ryazan, Pskov, Tver, Yaroslavl regions. Currently, soil pollution with heavy metals is one of the most important problems of modern ecology. The constant growth of the country's automobile fleet has led to the fact that the main share of harmful emissions, including heavy metals, into the environment of large cities falls on motor transport. Heavy metals, once in the soil, are included in the natural cycle of substances and removed from it very slowly during leaching, erosion and deflation, as well as consumption by plants. The high toxicity and danger of heavy metals to human health, the possibility of their dispersion in the environment dictates the need to control their content in soils located along the highways with potentially high anthropogenic load. Until 2003, lead and its compounds were added to gasoline to improve its octane characteristics and to improve the performance of the engine. Getting into the human body, these compounds caused «serious diseases». Since July 1, 2003, according to the bill adopted by the state Duma of the Russian Federation, production and turnover of leaded gasoline is prohibited in Russia. Improving the quality of motor gasoline contributed to the reduction of harmful emissions from exhaust gases of cars and environmental protection.

Keywords: highway, soil, heavy metals, gross content, approximately permissible content

Загрязнению придорожной зоны тяжелыми металлами посвящено много исследовательских работ [1–3]. В результате изучения ранее выполненных исследований установлено следующее. Активная и повсеместная эксплуатация автомобилей сильно ухудшает экологию, загрязняет воздух, водоёмы, осадки, атмосферу [4, 5]. Такая ситуация может привести к многочисленным проблемам со здоровьем. Получается, что территория возле дороги превращается в зону с аномально большим содержанием вредных веществ.

Среди группы тяжелых металлов, выбрасываемых автомобилями, наиболее зна-

чимыми поллютантами являются свинец, цинк, медь, причем чем выше скорость автомобиля, тем большее количество вредных веществ выделяет автомобиль. Соответственно, наибольшему загрязнению будут подвержены придорожные полосы скоростных автомагистралей с интенсивным движением.

До 2003 г. для заправки автомобилей использовался этилированный бензин, содержащий тетраэтилсвинец, поэтому в выхлопных газах было очень много «летучего» свинца, который затем оседал в легких и мог вызвать онкологию у человека. Такое топливо в России было запрещено Феде-

ральным законом от 22 марта 2003 г. № 34-ФЗ «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации».

С момента запрета этилированного бензина прошло почти 15 лет.

Поэтому нам было интересно узнать, изменилась ли ситуация с загрязнением дорог и прилегающих территорий в настоящее время.

Цель работы: провести оценку уровня загрязнения тяжелыми металлами почв придорожной зоны автомагистралей различного уровня значения.

Задачи: отобрать почвенные образцы, провести анализ и сравнить содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомагистралей.

Объект исследования: почва придорожной зоны автомагистралей.

Предмет исследования: содержание свинца, меди, никеля, цинка, кадмия в почве придорожной зоны.

Место проведения исследования: придорожная зона автомагистралей, отдел аналитических методов исследований ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», испытательная лаборатория ФГБУ ГЦАС «Московский».

Материалы и методы исследования

Исследования проводили с июня по ноябрь 2018 г. Почвенные образцы отбирались в придорожной зоне автомобильных дорог федерального, регионального, межрегионального и местного значения: Ленинградское, Рязанское, Горьковское, Симферопольское, Ярославское, Каширское, Новорижское, Дмитровское, Новокосинское, Рогачевское, Волоколамское, Шереметьевское, Малое московское кольцо А-107, Большое московское шоссе А-108 и у села Мышецкое Солнечногорского района. Почва отбиралась с глубины 0–10 см в нескольких местах (на разных километрах) на обочине дорог в Московской, Рязанской, Тверской, Псковской, Владимирской, Ярославской областях. Были также отобраны образцы после лесозащитных полос на расстоянии 20–25 м от дороги, в лесах вдоль дорог на расстоянии 40–50 м и с полей на расстоянии 30–60 м от дороги. Почва высушивалась и просеивалась через сито 1 см. Валовое содержание в ней свинца, меди, никеля, цинка и кадмия определялось согласно «Методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» [4] на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu AA-7000 в испытательной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский». При проведении анализа навеска почвы 10 г заливалась 50 см³ азотной кислоты, разбавленной водой в соотношении 1:1, после чего она кипятилась в течение 10 мин. Затем к пробе приливали 10 см³ концентрированной перекиси водорода и вновь кипятили 10 мин. Суспензия фильтровалась через фильтр «синяя лента» в мерные колбы на 100 см³. Фильтр с осадком заливали 40 см³ 1М азотной кислотой и кипятили 30 мин. Жидкость после охлажде-

ния фильтровали, а фильтр промывали горячей азотной кислотой в мерные колбы, раствор охлаждался и разбавлялся бидистиллированной водой до 100 см³. В полученном растворе определяли валовое содержание свинца, меди, никеля, цинка, кадмия. При отборе почвенных проб, подготовке их к анализу 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» и Московского агрохимического центра.

Результаты исследования и их обсуждение

Общую загрязненность почвы характеризует валовое содержание тяжелых металлов. Согласно ГН 2.1.7.2042-06 [5] ОДК валового содержания в мг/кг представлена в табл. 1.

Оrientировочная допустимая концентрация (ОДК) – государственный временный гигиенический регламент максимального допустимого содержания экзогенного химического вещества в почве, определяемый расчетным путем. Для сравнения с результатами, полученными в наших исследованиях, были использованы показатели содержания тяжелых металлов в песчаных и супесчаных почвах.

В наших исследованиях валовое содержание свинца в почве (табл. 2), отобранной на обочине дорог как в Московской области, так и в других областях не превышало ОДК (32 мг/кг), даже в почвенных образцах, отобранных у АЗС: автомагистраль А – 108, с. Хомяково, 89 км Каширского шоссе и Новорижское шоссе в Тверской области Зубцовский район. Исключение составила дорога местного значения у села Мышецкое Солнечногорского района. Здесь содержание свинца превысило ОДК почти в 6 раз. Повышенное содержание свинца (36,6 мг/кг) отмечено также в районе г. Александрова Владимирской области. Близким к значению ОДК оказалось содержание свинца (31,3 мг/кг) в почве у метро Тимирязевская, Дмитровское шоссе. Самое низкое количество свинца наблюдалось на 50 км Рогачевского шоссе Московской области и Новорижском шоссе Тверской области (соответственно 5,2 и 5,8 мг/кг).

Очевидно, запрещение использования этилированного бензина положительно сказалось на экологической обстановке вдоль дорог.

Валовое содержание кадмия не превышает в наших исследованиях ОДК (0,5 мг/кг) во всех изучаемых образцах почвы. Его значение колебалось от 0,11 мг/кг на 48 км Ленинградского и 50 км Симферопольского шоссе Московской области до 0,44 мг/кг на Рязанском шоссе Рязанской области Рыбновского р-на.

Таблица 1

Ориентировочная допустимая концентрация валового содержания тяжелых металлов, мг/кг

Почва	Свинец	Медь	Никель	Цинк	Кадмий
песчаные и супесчаные почвы	32	33	20	55	0,5
pH < 5	65	66	40	110	1,0
pH > 5	130	132	80	220	2,0

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в придорожной зоне, мг/кг

Трасса	Свинец	Медь	Никель	Цинк	Кадмий
Ленинградское ш., 31 км	10,5	20,0	19,4	77,7	0,19
Ленинградское ш., 48 км	10,5	15,4	6,7	51,1	0,11
Рязанское ш., 50–55 км	12,6	16,4	12,8	66,1	0,30
Горьковское ш., 38 км	26,5	57,2	11,9	73,2	0,22
Симферопольское ш., 50 км	9,6	15,7	6,2	52,2	0,11
Ярославское ш., 100 км	9,7	9,5	13,8	32,2	0,10
Каширское ш., 35 км	10,2	10,7	7,3	46,0	0,14
Каширское ш., 89 км	17,3	21,2	14,7	76,3	0,27
Новорижское ш., 49 км	11,0	12,4	8,5	51,2	0,37
Дмитровское ш., 32 км	12,0	29,3	18,2	167,7	0,28
Дмитровское ш., 41 км	8,8	22,3	8,7	110,2	0,34
Дмитровское ш., м Тимирязевская	31,3	54,4	12,3	172,0	0,27
Новокосинское ш., г. Реутов	18,8	26,0	9,8	73,2	0,17
Рогачевское ш., 10 км	10,8	16,2	8,8	56,3	0,15
Рогачевское ш., 32 км	15,5	13,0	10,1	53,8	0,13
Рогачевское ш., 50 км	5,2	6,0	6,0	19,7	0,30
Волоколамское ш., 50 км от г. Истра	9,3	11,2	6,2	41,1	0,37
Шереметьевское ш.	9,8	14,9	26,4	36,1	0,25
А-107 с Никольское	8,4	15,0	9,1	47,6	0,25
А-108, с. Хомяково	10,6	10,1	14,4	31,6	0,16
с. Мышеецкое Солнечногорского р-на	181,0	12,3	13,2	53,3	0,31
Рязанская обл., Рыбновский р-н	13,3	14,1	15,7	55,8	0,44
Тверская обл., Зубцовский р-н	5,8	8,7	4,6	21,6	0,13
Псковская обл., Великолукский р-н	8,1	14,1	6,7	80,0	0,16
Владимирская обл., г. Александров	36,6	12,4	7,9	43,8	0,12
Ярославская обл., с. Купань	8,5	3,8	3,7	14,1	0,22

Высокое содержание меди, превышающее ОДК в 1,7 раза, наблюдалось в почве, отобранной на Дмитровском шоссе в районе м. Тимирязевская и на 38 км Горьковского шоссе. В остальных почвенных образцах значение меди было ниже ОДК, причем самое низкое его содержание отмечено на 50 км Рогачевского шоссе.

Больше всего автомобильный транспорт в наших исследованиях повлиял на содержание цинка в почве. Наиболее загрязненным оказалось Дмитровское шоссе. Его количество превысило ОДК в 2 раза на 41 км и более чем в 3 раза на 32 км и в районе метро Тимирязевская. Высокое содержание цинка отмечено также на Ленинградском

(31 км), Рязанском, Горьковском, Рогачевском (10 км) шоссе Московской области, Рязанском шоссе в Рязанской области и на Новорижском шоссе в Псковской области.

Валовое содержание никеля, превышающее ОДК на 6,4 мг/кг, отмечено в почве, отобранной на Шереметьевском шоссе в районе аэропорта Шереметьево.

Высокого содержания тяжелых металлов, превышающего ОДК, не наблюдалось на участках, удаленных от дороги на 60 м как в лесу, так и в поле, за исключением содержания цинка в почве, отобранной в лесу в Тверской области и содержание цинка в почвах, отобранных на Дмитровском, Ленинградском шоссе в Московской области (табл. 3).

Таблица 3

Валовое содержание тяжелых металлов в различных ценозах, мг/кг

Трасса	Свинец	Медь	Никель	Цинк	Кадмий
Рогачевское ш., 50 км, у дороги	5,2	6,0	6,0	19,7	0,30
Рогачевское ш., 50 км, 60 м от дороги (поле)	7,9	12,5	17,1	30,0	0,29
Рогачевское ш., 50 км, после лесозащитной полосы (листвен.)	9,2	9,7	12,3	38,4	0,27
Дмитровское ш., 41 км, у дороги	8,8	22,3	8,7	110,2	0,34
Дмитровское ш., 41 км, 40 м от дороги (поле)	11,4	9,4	11,0	44,5	0,35
Дмитровское ш., 41 км, после лесозащитной полосы (листвен.)	10,3	12,7	12,0	115,4	0,34
Дмитровское ш., 32 км, у дороги	12,0	29,3	18,2	167,7	0,28
Дмитровское ш., 32 км, в лесу	12,4	7,7	11,3	41,3	0,008
Шереметьевское ш., у дороги	9,8	14,9	26,4	36,1	0,25
Шереметьевское ш., в лесу	9,0	13,4	21,3	30,3	0,27
Ленинградское ш., 31 км	10,5	20,0	19,4	77,7	0,19
Ленинградское ш., 31 км, в лесу	16,9	19,3	16,7	90,0	0,16
А-107, у дороги	8,4	15,0	9,1	47,6	0,25
А-170, после лесозащитной полосы (смешенная)	8,0	10,7	16,1	36,9	0,21
А-107, после лесозащитной полосы (хвойная)	10,0	13,1	17,6	37,7	0,33
Тверская обл., у дороги	5,8	8,7	4,6	21,6	0,13
Тверская обл., в лесу	43,2	7,5	8,3	39,0	0,16
Псковская обл., у дороги	8,1	14,1	6,7	80,0	0,16
Псковская обл., после лесозащитной полосы (смешан.)	9,1	6,7	10,6	31,5	0,12
Псковская обл., 30 м от дороги (поле)	9,4	7,7	10,6	32,9	0,21

Таким образом, полученные результаты показывают, что содержание в почвах тяжелых металлов, таких как свинец, медь, цинк, никель и кадмий, в придорожной зоне автомобильных дорог федерального, регионального, межрегионального и местного значения не имеет катастрофического характера.

Выводы

1. В наших исследованиях содержание тяжелых металлов в придорожной полосе автомагистралей существенно не превышает ОДК за исключением отдельных участков.

2. Больше всего выхлопы автомобильного транспорта в наших исследованиях повлияли на содержание цинка в почве.

3. Наиболее загрязненной дорогой по содержанию меди и цинка является Дмитровское шоссе.

4. По нашему мнению, необходим постоянный мониторинг загрязнений дорожной сети тяжелыми металлами.

Список литературы

1. Вишневая Ю.С., Попова Л.Ф. Влияние автотранспорта на загрязнение почвенного покрова г. Архангельска тяжелыми металлами // Вестник САФУ. Сер.: Естеств. науки. 2016. № 2. С. 32–41.
2. Каплина С.П., Каманина И.З. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове на территории средних городов Московской области и их влияние на здоровье человека // Фундаментальные исследования. 2011. № 7. С. 71–75.
3. Шилкова О.С., Джаниянц А.В., Сарбаев В.И. Загрязнение придорожной полосы тяжелыми металлами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2000. № 1. Т. 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/zagryaznenie-pridorozhnoy-polosy-tyazhelyimi-metallami> (дата обращения: 20.11.2018).
4. Парфенова Е.А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в результате влияния выбросов автотранспорта // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 590–592.
5. Тимофеева Я.О. Тяжелые металлы в почвах, прилегающих к автодороге // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–10. С. 2226–2230.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продуктивных растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 63 с.
7. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. URL: http://snipov.net/c_4655_snip_109921.html (дата обращения: 25.11.2018).

СМЫСЛОЖИЗНЕННЫЕ ОРИЕНТАЦИИ КАК ДЕТЕРМИНАНТА ПРОЦЕССА САООПРЕДЕЛЕНИЯ В СТАРШЕМ ПОДРОСТКОВОМ ВОЗРАСТЕ

Федосеева Т.Е., Иванова И.А., Емельянова А.М., Сулимова И.Д., Сульдина В.В.
*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,
Нижний Новгород, e-mail: larry7@mail.ru*

Статья посвящена изучению детерминант процесса самоопределения в старшем подростковом возрасте. Охарактеризована сущность самоопределения, дан обзор теоретических подходов к его изучению. Обсуждается значение, содержание и пути развития системы смысложизненных ориентаций в старшем подростковом возрасте как основной детерминанты процесса самоопределения. Разработана модель развития смысложизненных ориентаций у старших подростков, проведен и описан констатирующий эксперимент, реализована психолого-педагогическая программа по развитию смысложизненных ориентаций. На этапе констатирующего эксперимента была выявлена группа респондентов, у которых высокий и средний уровень показателей по тесту смысложизненных ориентаций сочетается с низким уровнем сформированности терминальных ценностей, релевантных проявлению высокой осмысленности жизни. На контрольно-обобщающем этапе проанализирована динамика изменения сформированности смысложизненных ориентаций под воздействием реализации психолого-педагогической программы. Результаты математической обработки эмпирических данных с помощью Т-критерия Вилкоксона указали на интенсивность сдвигов в направлении увеличения показателей смысложизненных ориентаций. Показано, что смысложизненные ориентации в старшем подростковом возрасте находятся на стадии становления, что обуславливает их противоречивый характер. Развитию смысложизненных ориентаций в данный период может способствовать психолого-педагогическая программа с применением дискуссионных методов работы.

Ключевые слова: старший подростковый возраст, самоопределение, смысложизненные ориентации, терминальные ценности, саморазвитие

MEANINGFUL ORIENTATION AS A DETERMINANT OF THE SELF-DETERMINATION PROCESS IN SENIOR ADOLESCENCE

Fedoseeva T.E., Ivanova I.A., Emelyanova A.M., Sulimova I.D., Suldina V.V.
*Nizhny Novgorod State Pedagogical University n.a. Kozma Minin, Nizhny Novgorod,
e-mail: larry7@mail.ru*

The article is devoted to the study of the determinants of the process of self-determination in older adolescence. The essence of self-determination is characterized, a review of theoretical approaches to its study is given. The meaning, content and ways of development of the system of life meaningful orientations in older adolescence as the main determinants of the process of self-determination are discussed. A model for the development of life-sense orientations in older adolescents has been developed, an ascertaining experiment has been carried out and described, a psychological-pedagogical program for the development of life-sense orientations has been implemented. At the stage of the ascertaining experiment, a group of respondents was identified in which a high and medium level of indicators for the test of life meaningful orientations is combined with a low level of formation of terminal values relevant to the manifestation of high meaningfulness of life. At the control and generalizing stage, the dynamics of changes in the formation of life-meaningful orientations under the influence of the implementation of the psychological-pedagogical program are analyzed. The results of mathematical processing of empirical data using the Wilcoxon T-test indicated the intensity of shifts in the direction of an increase in the indicators of life-meaning orientations. It is shown that life meaningful orientations in older adolescence are in their infancy, which makes them contradictory. The development of life-sense orientations in this period can be promoted by a psychological-pedagogical program with the use of discussion methods of work.

Keywords: older adolescence, self-determination, meaningful life orientation, terminal values, self-development

Проблема поиска смысла жизни и развития смысложизненных ориентаций является неотъемлемой частью становления личности. Особенно остро она встает в старшем подростковом возрасте, когда центром развития становится самоопределение личности, начинается формироваться устойчивая система ценностей и смыслов, которой детерминируется направленность в будущее.

Как указывает К.А. Абульханова-Славская [1], сознание личности интегрирует пространство прошлого, настоящего и буду-

щего и в ходе жизненного самоопределения раскрывает ценности общества в индивидуальном пространстве внутреннего мира человека, позволяя ему понимать особенности своей психики, масштабы своей личности и на основе этого понимания ставить цели, «более всего соответствующие его внутренней сути» (Ch. Buhler, 1961). Эти условия являются определяющими для процесса построения личностью собственной перспективы будущего, детерминируя основные вехи и достижения жизненного пути.

С.Л. Рубинштейн, раскрывая содержание самоопределения, так же указывает, что в его основе лежит процесс самодетерминации личности, тем самым подчеркивая роль «внутреннего момента самоопределения, верности себе» [2, с. 20]. Критериями способности к самоопределению, которые выделял еще Ф. Перлз, являются доверие себе, способность ясно видеть свои потребности и делать самостоятельный выбор, занимать свою позицию, отсутствие потребности во внешней поддержке, состояние внутреннего равновесия и устойчивости, пробуждение творческого потенциала и готовность к неожиданным поворотам жизненного пути [3]. Самоопределение – это путь открытия и утверждения уникального жизненного плана человека, в ходе реализации которого возможно достижение его акмэ.

В процессе самоопределения происходит становление индивидуального, аутентичного данной личности способа взаимодействия с жизнью, в общем контексте которого человек решает задачи своего социального взаимодействия [4]. Именно способ проживания жизни человеком, его долговременные цели, обусловленные системой ценностей и индивидуальных смыслов, служат ориентиром для оценки и анализа картины его поведения, эмоционально значимых проблем, системы представлений о себе и мире, что одним из первых предложил делать К. Левин. Л.С. Выготский утверждал, что «...мы никогда не поймем до конца человеческой личности, если будем рассматривать ее статистически... без единого жизненного плана этой личности, ее лейтлиннии, превращающей историю жизни человека из ряда бессвязных и разрозненных эпизодов в связанный, единый биографический процесс...» [5, с. 157]. Эта лейтлинния определяется как «смысл жизни» – единица сознания и деятельности личности, характеризующая направленность, отношение к миру, себе и другим людям.

Итак, процесс становления человека и поиск индивидуального смысла его существования проходит в форме самоопределения, центральным моментом которого является ориентация на будущее. Образ будущего, порожденный потребностью в самоактуализации, выполняет регулятивную, мотивационную и антиципационную функции в поведении человека и служит целям его адаптации в мире. Образ будущего детерминирован индивидуально-типологическими свойствами человека, его рефлексивными способностями и степенью активности в настоящем. Изучение особенностей смысловых ориентаций у старших подростков показало, что высо-

кая осмысленность цели жизни, ее процесса и результата, а также выраженный локус контроля – «Я» и локус контроля – «Жизнь» обуславливает высокую степень проявления ответственного отношения к созданию своего образа будущего [6].

Задачей школьной психологической службы является организация психолого-педагогического взаимодействия с целью развития у учащихся способностей к рефлексии, целеполаганию, развитию смысловых ориентаций. Особую роль исследователи придают смысловым ориентациям, которые не только оказывают значительное влияние непосредственно на поведение человека, но и определяют степень благополучия личности, обуславливая согласованность ее представлений о своем прошлом, настоящем и будущем, содержащихся в особенностях восприятия своего психологического возраста [7]. Исследования А.В. Серого, А.М. Яницкого, М.Б. Семенов и др. показали, что система ценностей и смыслов развивается в неразрывной взаимосвязи с системой общественных отношений и социальной позиции личности в целом. Эта закономерность подтверждает необходимость организации целенаправленной психолого-педагогической работы со старшими подростками по формированию ценностно-смысловой сферы [8].

Как отмечает Е.В. Харитонова, используя разнообразные методики с целью организации процесса самопознания, педагог помогает подростку увидеть себя, черты своего характера, задуматься о существующих человеческих потребностях и проанализировать свои потребности. Получая развернутую картину своей личности, подросток размышляет о своем месте в жизни, о смысле жизни; проверяет себя, включаясь в разрешение жизненных ситуаций-проб [9]. В практической работе с подростками рекомендуется использовать методы, имеющие значение для формирования смысловых ориентаций личности: тренинг, индивидуальная беседа с исповедальным актом, групповая беседа рефлексивного характера, беседы о великих людях, самопрезентация, иллюстрирование притч, сказок, произведений русских и советских писателей и т.п., создание художественного образа своих «Я», сюжетно-ролевая игра, игра-фантазия, игра-размышление, упражнения-ассоциации, решение нравственных задач.

С.И. Раманускайте, изучая особенности формирования смысловых ориентаций личности старших подростков, выделила основные аспекты:

– создание ценностного пространства, способствующего формированию смысловых ориентаций подростка;

– актуализация личностно-утверждающих ситуаций: внешних (диалогизация, проблематизация педагогического процесса) и внутренних (критическое мышление, потребности, смысловые установки), развивающих «Я-концепцию» подростка с помощью механизмов самовыражения, самопознания, рефлексии и целеполагания;

– обеспечение педагогического взаимодействия (педагог – подросток – родители) на принципах целевой обусловленности, рефлексивной деятельности, осознанной перспективы [10].

Итак, формирование системы личных ценностей и смыслов определяет цели, направление и содержание деятельности, критерии оценок и самооценок взрослеющей личности. Оно происходит под руководством непосредственных воспитателей или самостоятельно, с помощью друзей и других взрослых. От того, насколько будут осознаны ценности и смыслы, зависит эффективность процесса самоопределения и способность молодых людей самостоятельно выбирать свой жизненный путь. Этим определяется необходимость более внимательного изучения факторов и детерминант, влияющих на формирование ценностно-смысловой системы в старшем подростковом возрасте.

Цель исследования: изучение особенностей формирования смысложизненных ориентаций в старшем подростковом возрасте.

Объект: детерминанты процесса самоопределения в старшем подростковом возрасте.

Предмет: смысложизненные ориентации старших подростков.

Гипотеза: смысложизненные ориентации с старшем подростковом возрасте находятся на стадии становления, что обуславливает их противоречивый характер. Развитию смысложизненных ориентаций в старшем подростковом возрасте может способствовать психолого-педагогическая программа с применением дискуссионных методов работы.

Нами была разработана и реализована модель развития смысложизненных ориентаций у старших подростков, проведен констатирующий эксперимент, определена экспериментальная группа, реализована психолого-педагогическая программа по развитию смысложизненных ориентаций. На контрольно-обобщающем этапе была проанализирована динамика изменения сформированности смысложизненных ориентаций под воздействием реализации психолого-педагогической программы, проведена статистическая обработка данных.

Методы исследования: методика «Смысложизненные ориентации» Д.А. Леонтьева, методика «Ценностные ориентации» М. Рокича.

Исследование смысложизненных ориентаций старших подростков проведено на выборке из 26 чел. в возрасте 16–17 лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Выделенные Д.А. Леонтьевым смысложизненные ориентации – цели жизни (будущее), насыщенность жизни (настоящее) и удовлетворенность самореализацией (прошлое) – показывают, в каких субъективных временных переживаниях живет испытуемый, как их оценивает и соотносит. Исследователи актуальных смысловых состояний личности А.В. Серый и А.В. Юпитов указывают, что «это смысловое отношение и определяет субъективную временную перспективу: значение (смысл) прошлого опыта, осмысленность настоящего (реальности здесь и теперь) и осмысленность будущего (значение цели), а временные локусы смысла во многом определяют состояние субъективной смысловой реальности индивида – ее границы, ценностные компоненты и собственно направленность личностного смысла (к ситуации, к себе, к другим, к жизни)».

Анализ данных, полученных с помощью теста Д.А. Леонтьева, свидетельствует, что преобладающее количество показателей по различным параметрам смысложизненных ориентаций подростков находится в норме. Терминальные ценности практически-ориентированы: первые три места занимают «счастливая семейная жизнь» (53%), «здоровье» (46%) и «активная деятельная жизнь» (31%). На последних местах «красота природы и искусства» (62%), «развлечения» (50%), «продуктивная жизнь» (27%) и «познание» (19%). Первые ранговые места в списке инструментальных ценностей получили такие морально-этические качества, как «честность» (31%), «воспитанность» (38%), «твердая воля» (31%), «независимость» (27%). Среди отвергаемых ценностей неоднозначная картина: непопулярные ценности-средства – «непримиримость к недостаткам в себе и других» (65%), «высокие запросы» (58%), «исполнительность» (23%) и «терпимость» (19%).

Таким образом, в изучаемой группе респондентов выявлена противоречивая картина смысложизненных ориентаций: так, имеются респонденты, у которых высокий и средний уровень показателей по тесту смысложизненных ориентаций сочетается с низким уровнем сформированности терминальных ценностей, релевантных проявлению высокой осмысленности жизни (например, «ответственность», «образованность», «познание»).

Программа развития смысловых ориентаций старших подростков включает четыре блока:

1. Диагностический: самодиагностика и самоанализ особенностей смысловых ориентаций с целью повышения у участников уровня осознанности процесса саморазвития.

2. Теоретический: направлен на повышение компетентности участников по проблеме значения смысловых ориентаций для зрелости личности.

3. Формирующий: организация развивающей работы в форме группы встреч, использование дискуссионных методов с целью создания условий для целеобразования и формирования ценностной основы создания образа своего будущего.

4. Аналитический: контрольная самодиагностика сформированности смысловых ориентаций у участников, анализ динамики их развития, разработка индивидуального плана саморазвития.

По итогам реализации психолого-педагогической программы проведена повторная диагностика сформированности смысловых ориентаций у старших подростков.

Анализ результатов формирующего эксперимента показал, что после реализации программы на фоне положительной динамики по всем шкалам методики наиболее выражена динамика по шкале «Цели в жизни» и «Управляемость жизни». Так, уменьшилось количество респондентов с низким уровнем осмысленности целей с 11 % до 2 %, увеличилось количество подростков с высоким уровнем данного показателя, с 27 % до 34 %. Выраженные изменения произошли также по шкале «Управляемость жизни»: количество респондентов с высоким уровнем осмысленности этого показателя возросло с 23 % до 31 %, средний уровень данного показателя наблюдается у 69 % респондентов вместо 65 % на констатирующем этапе, количество подростков с низким уровнем осмысленности управляемости жизни уменьшилось с 12 % до 0 %. Менее заметны, но также выражены изменения по остальным шкалам методики. Так, уменьшилось количество подростков с низким уровнем осмысленности процесса жизни (с 4 % до 0 %), увеличилось количество респондентов с высоким уровнем осмысленности процесса жизни (с 27 % до 34 %). Количество респондентов с низким уровнем осмысленности результативности жизни уменьшилось с 4 % до 0 %, в то же время возросло количество респондентов с высоким уровнем осмысленности результативности жизни (с 38 % до 41 %). Произошло повышение осмысленности по

шкале «Локус контроля Я»: количество респондентов с высоким и средним уровнем данного показателя увеличилось с 42 % до 45 % и с 46 % до 50 % соответственно. Респондентов с низким уровнем осмысленности локуса контроля «Я» стало меньше (с 12 % до 6 %).

Общий показатель сформированности смысловых ориентаций изменился следующим образом: увеличилось количество респондентов с высоким и средним уровнем (с 31 % до 41 % и с 54 % до 58 % соответственно), количество респондентов с низким уровнем сформированности смысловых ориентаций снизилось с 15 % до 1 %.

Для статистической проверки наличия динамики развития смысловых ориентаций в результате реализации психолого-педагогической программы выполнена математическая обработка эмпирических данных с помощью Т-критерия Вилкоксона. Определено, что $T_{\text{эм}} < T_{\text{кр}}$ при $p = 0,05$, следовательно, интенсивность сдвигов в направлении увеличения показателей смысловых ориентаций превышает интенсивность сдвигов в направлении уменьшения показателей уровня их развития. Это доказывает, что уровень развития смысловых ориентаций старших подростков имеет позитивную динамику в результате реализации психолого-педагогической программы.

Выводы

Контрольное исследование показало, что в ценностях-целях первые два места по прежнему занимают счастливая семейная жизнь (53 %) и здоровье (46 %). При этом изменилась картина ценностей наибольшего предпочтения: более высокий ранг имеют теперь «развитие» (38 %), «творчество» (35 %) и «познание» (31 %). Таким образом, среди терминальных ценностей обнаруживается направленность испытуемых как на ценности личной жизни, так и на ценности профессиональной самореализации. Однако обнаруживается, что к ценностям наименьшего предпочтения респонденты относят теперь не только «развлечения» (50 %), но и «красоту природы и искусства» (62 %) и «счастье других людей» (35 %). Подобное смещение ценностей, отражающих высокую духовную основу существования человека к нижнему уровню рейтинга, можно объяснить приоритетом в содержании программы удельного веса тематики, связанной с осознанием участниками в наибольшей степени своего внутреннего мира (чувства, мысли, отношения и т.д.). Это указывает на необходимость коррекции содержания

программы в сторону усиления ее духовно-нравственного компонента, дополнения разделами, направленными на исследование роли Другого в процессе личностного и профессионального самоопределения.

Первые ранговые места в списке инструментальных ценностей получили такие качества, как «честность» (58 %), «ответственность» (85 %), «образованность» (73 %), «независимость» (50 %) и «жизнерадостность» (42 %). Ранговое значение ценности «честность» не изменилось в сравнении с констатирующим этапом, что указывает на интенсивное развитие системы нравственных ценностей, свойственное подростковому периоду. В отношении ценностей, релевантных высокой осмысленности жизни и детерминирующих процесс самоопределения, можно отметить повышение их рангов у участников программы: у респондентов отмечается более выраженная готовность брать на себя ответственность за свою жизнь и поступки. Среди отвергаемых ценностей «непримиримость к недостаткам в себе и других» (61 %), «высокие запросы» (38 %), «исполнительность» (54 %), «терпимость» (46 %) и «широта взглядов» (31 %). Последнее, возможно, объясняется некоторым диссонансом в понимании старшими подростками ранней профилизации и индивидуализации обучения, ее сведения к овладению лишь узким перечнем дисциплин, необходимых для освоения будущей профессии, и будет учитываться нами при разработке и коррекции содержания программы.

Таким образом, можно сделать заключение о результативности разработанной нами психолого-педагогической программы развития смысловых ориентаций для старших подростков.

Список литературы

1. Абульханова-Славская К.А. Сознание как жизненная способность личности // Психологический журнал. 2009. Т. 30. № 1. С. 32–43.
2. Рубинштейн С.Л. Проблемы общей психологии // Психология личности. Хрестоматия. В 2-х т. Т. 2. Самара: БАХРАХ, 1999. С. 20–21.
3. Перлз Ф. Практика гештальттерапии. М.: Институт общегуманитарных исследований. 2001. С. 216–222.
4. Щербакова Е.Л. Жизненная перспектива и личностное самоопределение как компоненты профориентирования // Вестник ЧГПУ. 2010. № 6. С. 216–217.
5. Выготский Л.С. Собр. соч.: В 6-ти т. Т. 4. М.: Педагогика, 1984. С. 157–158.
6. Федосеева Т.Е. Личностные детерминанты ответственного отношения старших подростков к созданию образа своего будущего: дис. ... канд. психол. наук. Тамбов, 2009. С. 23–27.
7. Гольцова А.А. Смысловые ориентации юношей и девушек с разной самооценкой психологического возраста // Ярославский педагогический вестник. 2015. № 4. С. 189–190.
8. Серый А.В., Яницкий М.С., Семенова М.В. Трансформация ценностно-смысловой сферы личности в ситуации вынужденной потери работы // Психология в экономике и управлении. 2012. № 2. С. 38–40.
9. Харитонова Е.В. Влияние социокультурного пространства на формирование смысловых ориентаций подростка // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 5–1. С. 140–141.
10. Раманускайте С.И. Формирование смысловых ориентаций подростка в учреждении дополнительного образования детей: дис. ... канд. психол. наук. Оренбург, 2010. 176 с.

УДК 618.252:612.1

**ВЛИЯНИЕ ФЕТОФЕТАЛЬНОГО ТРАНСФУЗИОННОГО СИНДРОМА
НА РАЗВИТИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ****Петров Ю.А., Арндт И.Г., Купина А.Д., Березовская К.Е.***ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства
здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: fortis.petrov@gmail.com*

Фетофетальный трансфузионный синдром (ФФТС), который возникает примерно в 10–15 % всех монохориальных беременностей, является следствием развития глубоких анастомозов в сосудистой сети плаценты. В результате возникает нарушение в системе кровообращения двойни, при котором один плод – «донор» испытывает недостаток пластических веществ и кислорода, а другой плод – «реципиент» подвержен действию избыточно поступающего объема крови. Этот процесс происходит из-за соединения сосудов плодов и образования артериовенозного шунта. Фетофетальный трансфузионный синдром приводит к непредсказуемым, а порой и необратимым тяжелейшим последствиям. Это сказывается и на возникновении патологий сердечно-сосудистой системы двойни, проявляющихся в пре- и постнатальном периоде. Рассмотрев все возможные последствия ФФТС, можно сделать вывод, что отклонения в сердечно-сосудистой системе при данном синдроме возможны как во внутриутробном, так и в постнатальном периоде. Патологии, возникающие при нарушении кровообращения у «донора» и «реципиента», оказывают влияние на целый организм. Поэтому существует необходимость проведения ранней диагностики беременных с монохориальной двойней для выявления признаков нарушений в гемокрикуляции и своевременного контроля над развитием ФФТС.

Ключевые слова: фетофетальный трансфузионный синдром, артериовенозный анастомоз, монохориальная беременность, донор, реципиент

**INFLUENCE OF FETOFETAL TRANSFUSION SYNDROME
ON THE DEVELOPMENT OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM****Petrov Yu.A., Arndt I.G., Kupina A.D., Berezovskaya K.E.***Rostov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Rostov-on-Don,
e-mail: fortis.petrov@gmail.com*

Fetofetal transfusion syndrome (FFTS), which occurs in about 10–15 % of all monochorial pregnancies, is a consequence of the development of deep anastomoses in the vascular tree of the placenta. As a result, a violation takes place in the blood circulation system of twins, in which one fetus, the «donor», suffers from a deficiency of plastic substances and oxygen, and the other fetus, the «recipient», is exposed to an excess volume of blood. This process is due to the connection of the fetal vessels and the formation of an arteriovenous shunt. Fetofetal transfusion syndrome leads to unpredictable and sometimes irreversible severe consequences. This affects the occurrence of pathologies of the cardiovascular system of twins, manifested in pre- and postnatal period. Having reviewed all the possible consequences of the FFTS, we can conclude that abnormalities in the cardiovascular system with this syndrome are possible both in the prenatal and postnatal periods. Pathologies arising from circulatory disorders in the «donor» and «recipient» affect the whole organism. Therefore, there is a need for an early diagnosis of pregnant women with monochorial twins to detect signs of irregularities in hemocirculation and timely monitoring of the development of the FFTS.

Keywords: fetofetal transfusion syndrome, arteriovenous anastomosis, monochorial pregnancy, donor, recipient

Фетофетальный трансфузионный синдром является крайне тяжелым осложнением монохориальной многоплодной беременности и встречается примерно в 10–15 % случаев. Причины его возникновения до конца не изучены, предполагают, что ФФТС связан с нарушением формирования плаценты, поздним разделением плодов, негативным влиянием внешних повреждающих факторов и дефицитом кровотока в матке беременной. ФФТС вызывает отклонения в развитии сердечно-сосудистой системы как во внутриутробном, так и в постнатальном периоде. Патологии, возникающие при этом, оказывают влияние на организм в целом и без своевременной диагностики и правильно

подобранного метода лечения оказываются летальными до 100 % случаев.

Цель работы: анализ литературы, посвященной современным представлениям о влиянии ФФТС на развитие сердечно-сосудистой системы монохориальной двойни во внутриутробном периоде. Раскрытие роли кардиоваскулярных нарушений в возникновении патологий организма в целом в постнатальном периоде.

Начиная со второй половины прошлого века в сфере научного исследования акушерства и гинекологии особое внимание уделялось закономерности повышенного риска развития сердечно-сосудистых патологий у монохориальных двоен в пре- и постнатальном периоде. Постепенно из-

учение данной проблемы привело ученых к выводу о существовании определенных процессов во внутриутробном периоде, которые нарушают поступление необходимых для развития сердечно-сосудистой системы веществ у близнецов. Такие процессы названы фетофетальным трансфузионным синдромом (ФФТС), который был впервые описан в конце XIX в. немецким гинекологом Фридрихом Шацом [1]. ФФТС является следствием развития глубоких анастомозов в сосудистой сети плаценты, в результате чего кровотоки плодов могут соединяться, вызывая диспропорцию в объемах [2]. Таким образом, возникает нарушение в системе кровообращения двойни так, что один плод – «донор» испытывает недостаток пластических веществ и кислорода, а другой плод – «реципиент» подвержен действию избыточно поступающего объема крови. Этот процесс происходит из-за соединения сосудов плода и образования артериовенозного шунта. Выделяют два вида таких шунтов: поверхностные, которые находятся на основании стенки хориона – артерио-артериальные (АА) и вено-венозные (ВВ), и глубокие, расположенные в толще плаценты. Глубокие анастомозы обеспечивают поступление артериальной крови одного плода в венозную систему другого, образуя артериовенозные шунты (АВ) [2]. Существуют 5 степеней тяжести ФФТС, основанных на диаметре, количестве, направлении тока крови анастомозов и выраженности компенсаторных реакций двойни. Несмотря на то, что анастомозы между плодами имеются при всех монохориальных двойнях, ФФТС обычно формируется при диамниотических двойнях. Это связано с тем, что при моноамниотических беременностях больше двунаправленных поверхностных анастомозов, чем при диамниотических.

Основные особенности влияния ФФТС на организм человека могут быть изучены в результате сравнения протекания гестационного периода и родов беременных одним плодом и двойней, а также частоты постнатальных нарушений у детей. Согласно статистическим данным, частота преждевременных родов при одноплодной беременности составляет около 7%, а при двухплодной – 49%. Также масса тела при рождении, независимо от гестационного срока, будет <2500 г с вероятностью 6% в первом случае беременности и 53,7% во втором. Отметим, что даже при непопадании двойни в данные процентные группы могут наблюдаться врожденные пороки развития, которые составляют 2–10%, что в 2–3 раза больше, чем при беременности одним плодом. Ано-

малии у монохориальной двойни чаще оказываются множественными и летальными, смертность плодов колеблется в пределах 60–100%, а в целом внутриутробная задержка роста встречается с частотой примерно 70% в сравнении с 5–10% при одноплодной беременности [3, 4].

ФФТС возникает примерно в 10–15% всех монохориальных беременностей [5], но в действительности встречаемость синдрома оценить трудно, так как спонтанное прерывание беременности, называемое скрытой смертностью, возникает до того срока, когда возможно подтвердить диагноз. Однако смерть одного или обоих плодов констатируется и на поздних сроках гестации. В этом случае прерывание беременности во 2–3 триместре объясняется формированием участков некроза и выделением «мертвой» плацентой цитокинов и простагландинов [6]. Значительные отклонения от нормы у монохориальной двойни обусловлены во многом внутренними процессами между «донором» и «реципиентом». Таким образом, действительно ФФТС оказывает значительное воздействие на оба плода монохориальной двойни, при этом имея разнонаправленный характер. Поэтому определение причин и механизмов развития данного синдрома у «донора» и «реципиента» позволяют объективно оценить его последствия в пре- и постнатальных периодах.

Этиология формирования анастомозов в настоящее время неизвестна, но есть множество предположений о том, что проблема заключается в развитии плаценты у «донора», так как изменение давления в его сосудах плаценты приводит к открытию шунтов, сбрасывающих избыток крови в сосуды «реципиента». Также существует мнение о позднем разделении плодов, негативном влиянии внешних повреждающих факторов и дефиците кровотока в матке беременной. В связи с этим течение синдрома приобретает непредсказуемый, а порой и необратимый характер и зачастую диагностируется уже на поздних стадиях, что приводит к тяжелейшим последствиям.

Главными звеньями патогенеза нарушений развития ССС при ФФТС являются: образование глубоких артериовенозных анастомозов; дисбаланс гормонов и медиаторов – РААС, натрийуретический пептид, эндотелин-1; изменение тока крови в поверхностных анастомозах при смерти одного плода.

Образование глубоких артериовенозных анастомозов в сосудистой сети плаценты приводит к уменьшению ОЦК у близнеца «донора», что является причиной плацентарной недостаточности, вызывающей вну-

триутробную гипоксию. С другой стороны, близнец-«реципиент» испытывает повышенный приток крови, что способствует возрастанию ОЦК, увеличивающего нагрузку на сердечно-сосудистую систему [7]. Также в развитии гиповолемии у «донора» принимает участие первичное нарушение развития его части плаценты, что проявляется возрастанием периферического сопротивления в сосудах плаценты и сбросу крови к «реципиенту» [2, 8]. Как следствие, развивается компенсаторная реакция в виде гипертрофии правых отделов сердца, которая затем переходит в декомпенсированную фазу с формированием недостаточности трехстворчатого клапана. В данных условиях у «донора» возникает снижение уровня гемоглобина и количества эритроцитов, т.е. анемия, а у «реципиента» – полицитемия и сгущение крови. Таким образом, увеличение вязкости ведет к ещё большей нагрузке на сердце, провоцируя развитие гипертрофии и увеличение давления в кровеносных сосудах [9].

Снижение ОЦК у «донора» нарушает мочеобразовательную функцию почек, вызывая маловодие, результатом которого является формирование «порочного круга ренина», что при наличии артериовенозного шунта ведет к нарушению работы почек двойни вследствие активации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы [7]. Также из-за маловодия возможно образование «амниотических тяжей», представляющих собой сращения кожи плода с амниотической оболочкой, которые обвивают плод и пуповину, нарушая кровоснабжение. У «донора» при этом возникает почечная гипоперфузия, а у «реципиента» – гиперперфузия, что ведет к развитию полиурии. Однако непрофильтрованный белок плазмы вызывает повышение онкотического давления и перераспределение жидкости из организма матери в сосудистое русло плода. Как итог, увеличение объема амниотической жидкости приводит к сдавливанию плаценты, что усугубляет гипоксию «донора» (при отсутствии амниотической перегородки).

Согласно современным исследованиям, в качестве фактора риска развития ФФТС рассматривается нарушение регуляции транспорта жидкости через плаценту и амниотическую оболочку. Такие изменения возникают вследствие дисбаланса натрийуретического пептида, эндотелина-1 и ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. У «реципиента» наблюдается увеличение концентрации атриопептида в 7 раз по сравнению с «донором», что обусловлено избыточным стимулированием кардиомиоцитов в ответ на растяжение

предсердий из-за развития у первого плода гипervолемии [10]. Данный гормон помимо расслабляющего действия на стенки кровеносных сосудов, также тормозит обратное всасывание натрия в почечных канальцах. В результате этого увеличивается экскреция натрия и воды «реципиентом», что ещё больше усугубляет гипоксию «донора» вследствие увеличения объема амниотической жидкости «реципиента». Кроме того, у плода-«реципиента» отмечается повышенная концентрация самого активного изомера – эндотелина-1. Основными активаторами синтеза эндотелина-1 в организме являются гипоксия, ишемия, острый стресс, которые испытывают близнецы при ФФТС. При связывании данного медиатора с ET_A -рецепторами активируется свертывающая система крови, что ведет к агрегации тромбоцитов и повышенному риску образования тромбов, увеличивается мышечный тонус и митогенез сосудов, а следовательно, сужается их диаметр и возникает мощная вазоконстрикция [11]. При действии эндотелина-1 на ET_B -рецепторы тормозится реабсорбция натрия и увеличивается диурез. Также он оказывает положительный хронотропный и инотропный эффект за счет увеличения чувствительности миокарда к действию симпатического отдела нервной системы, влияет на секреторную деятельность надпочечников и гипофиза; является маркером тяжести сердечно-сосудистых заболеваний: вентрикулярной аритмии, артериальной гипертензии, ИБС и инфаркта миокарда [10]. Также эндотелин-1 обладает провоспалительным действием, так как увеличивает проницаемость стенки сосудов, активирует нейтрофилы и тучные клетки, увеличивает синтез цитокинов. Доказана роль данного медиатора в развитии легочной гипертензии за счет бронхоконстрикции, спазма сосудов, пролиферации фибробластов и повышенной митогенной активности гладкомышечных клеток и моноцитов [12].

В развитии нарушений также принимают участие поверхностные анастомозы. Они обеспечивают быстрый сброс крови в сторону кровеносного русла с меньшим давлением. В норме эти шунты осуществляют поддержание гомеостаза, однако в случае гибели одного из близнецов происходит обескровливание другого. Это связано с возникновением гипотензии в кровеносной системе первого плода, и кровь по градиенту давления сбрасывается по поверхностным шунтам от живого близнеца к умирающему [13]. В результате обескровливания наблюдается острая циркуляторная гипоксия и ишемия – первым страдает головной мозг, как орган наиболее чувствительный к недо-

статку кислорода. И тогда на фоне хронической гипоксии происходит перераспределение плодового кровотока к головному мозгу, которое стремится обеспечить нормальную работу ЦНС – этот феномен получил название «brain-sparing effect» [6]. Такие некротические повреждения близнеца возникают в ¼ случаев ФФТС [14]. Они могут приводить к асимметричной форме задержки развития плода, выраженной отставанием размеров туловища при нормальных размерах головы и бедра, внутримозговыми кровоизлияниями, ишемией тканей. Наиболее тяжелым последствием является антенатальная гибель «реципиента» после смерти «донора». По данным статистики, в половине случаев наблюдается потеря обоих плодов до 34 недели беременности, а после неё вероятность составляет 19% [3].

Отдельно можно выделить проявления ФФТС, в развитии которых принимают участие несколько звеньев патогенеза. Так, к тяжелейшим осложнениям ФФТС относится синдром акардии. Он возникает из-за нарушения баланса в кровообращении плаценты, при этом один плод берет на себя полный контроль за осуществлением кровотока в своей системе и системе близнеца. Сердце второго плода, лишённое функциональной нагрузки, атрофируется, и такого близнеца называют «акардиальный монстр» [15]. Эти нарушения обусловлены развитием обратной артериальной перфузии, при которой оксигенированная кровь поступает по *aa. umbilicales*, а венозная кровь оттекает по *v. umbilicalis*, что проявляется обратным током крови у близнеца через анастомозы АА типа [16]. С увеличением срока беременности и ростом «реципиента» ситуация ухудшается, так как плод нуждается в большем поступлении питательных веществ и кислорода, сердце «донора», работающее за двоих, не справляется с нагрузкой, и у него развивается сердечная недостаточность [17].

Другим осложнением ФФТС выступает многоводие «реципиента», которое вызывает у беременной женщины укорочение шейки и перерастяжение стенок матки [18]. Избыточное количество амниотической жидкости приводит к гибели «донора» из-за сдавливания плаценты и усугубления гипоксии. Вследствие развития данных нарушений часто наступают преждевременные роды, осложнённые неправильным предлежанием плода, выпадением петель пуповины, а также развитием респираторного дистресс-синдрома, так как сурфактант, препятствующий схлопыванию альвеол, синтезируется под действием 2 ферментов – метилтрансферазы и фосфохолинтрансфе-

раза, последний из которых созревает лишь к 35 недели гестации [19].

Учитывая всё вышеперечисленное, можно сделать вывод, что фетофетальный трансфузионный синдром представляет угрозу для развития сердечно-сосудистой системы двойни во внутриутробном периоде.

Теперь необходимо определить последствия и степень их воздействия на организмы близнецов после рождения. У ребенка, ОЦК которого был повышенный во внутриутробном периоде, наблюдается гипертрофическая кардиомиопатия и недостаточная сократительная функция миокарда, результатом чего может быть инфаркт, тромбоэмболия, застой в большом или малом круге кровообращения (в зависимости от того, какой отдел сердца был поврежден). Застойные явления в малом круге кровообращения в свою очередь сопровождаются тахипноэ, одышкой, цианозом, затруднением в процессе кормления, кашлем, отеком легких, в большом круге – гепатомегалией, спленомегалией, расстройством слуха, рвотой, анасаркой, водянкой полостей (асцит, гидроторакс, гидроперикард), отеком головного мозга [20]. При этом у «реципиента» отмечается высокий риск патологий правых отделов сердца и легочной артерии, а у «донора» чаще наблюдается коарктация аорты [21, 22]. Также из-за повышенного количества эритроцитов возникает избыточный гемолиз, что проявляется ядерной желтухой, которая в свою очередь ведет к возникновению энцефалопатии [23]. У другого ребенка хроническая анемия, являющаяся результатом уменьшения ОЦК, приводит к снижению массы и задержки развития ребенка. Также специфическим клиническим проявлением у недоношенных детей с внутриутробной гипоксией является апноэ недоношенных – периодическое дыхание, сочетающееся с периодами апноэ > 20 секунд. При этом существует вероятность перехода данного состояния в синдром внезапной детской смерти в постнатальном периоде [19].

Также у ребенка, который испытывал снижение ОЦК, после рождения возникают церебральные нарушения, связанные с рядом причин. Во-первых, с образованием кист белого вещества, формирующихся в результате длительной гипоксии и осложненной беременности, которыми могут стать арахноидальные кисты. Эти новообразования начинают оказывать давление на мозговые оболочки, что приводит к увеличению ликворопродукции. Следствием является увеличение внутричерепного давления и гидроцефалия, которые проявляются головной болью, срыгиванием, рвотой,

потерей аппетита, вялостью, беспокойным сном, судорогами, гипотонусом и гипертонусом конечностей, неспособностью координировать движения, также возможны нарушения зрения и слуха. Во-вторых, церебральные патологии связаны с нарушением выделительной функции почек, что ведет к накоплению остаточных продуктов белкового обмена, оказывающих токсическое действие на головной мозг. Самые тяжелые поражения нервной системы могут проявляться такими аномалиями строения мозга, как агенезия борозд, агирия, недоразвитие серого вещества в больших полушариях головного мозга, полимикрогирия, гетеротопия [24]. По данным различных научных деятелей неврологические и нервно-психические расстройства встречаются среди 18–26% выживших при ФФТС [25]. Таким образом, ФФТС оказывает значительное воздействие на организмы близнецов и в постнатальном периоде.

Заключение

ФФТС действительно вызывает отклонения сердечно-сосудистой системы как во внутриутробном, так и в постнатальном периоде. Патологии, возникающие при этом, оказывают влияние на организм в целом [26]. Поэтому необходимо проводить раннюю диагностику беременных с монохориальной двойней для выявления признаков нарушений и своевременного контроля над развитием ФФТС. В качестве рекомендаций для диагностики можно выделить следующие критерии УЗИ: наличие монохориальности (может быть определена с 4-й недели при использовании трансвагинального датчика) и максимального свободного кармана околоплодных вод одного плода менее 2,0 см и более 8,0 см второго плода [7]. С помощью классификации стадий ФФТС по Quintero и данных критериев возможно сравнивать различные способы лечения и прогнозировать выживаемость после врачебных вмешательств. При этом до установления типа хориальности все двуплодные беременности следует относить к группе риска ФФТС. Выбор тактики лечения ФФТС зависит от гестационного срока, анатомических особенностей матери, места прикрепления плаценты, возможности проведения фетоскопии, технического обеспечения. Консервативная терапия признана неэффективной, используются только хирургические методы: фетоскопическая коагуляция анастомозов плаценты, фетоскопическая лазерная коагуляция пуповины, амниоредукция или серийный амниодренаж, септостомия или прерывание беременности [2, 18, 27].

Список литературы

1. MedScape / Zach T., Ford SP. Twin-to-Twin Transfusion Syndrome [Electronic resource]. URL: <http://www.emedicine.com/med/topic3410.htm>. (дата обращения: 27.11.2018).
2. Михайлов А.В., Романовский А.Н., Каштанова Т.А., Новикова А.В. Опыт применения лазерной коагуляции сосудистых анастомозов плаценты при фето-фетальном трансфузионном синдроме // Вестник Российской военной медицинской академии. 2016. № 3. С. 48–49.
3. Суховская В.В., Протопопова Н.В., Бондаренко Н.Н. Ведение многоплодной беременности: методические рекомендации. Иркутск: ИГМАПО, 2016. 32 с.
4. Steenhaut P., Hubinont C. Perinatal mortality in multiple pregnancy // Perinatal mortality. Croatia: In Tech Europe, 2015. P. 73–100.
5. Михайлов А.В., Романовский А.Н., Шлыкова А.В. Некоторые специфические осложнения монохориального многоплодия // Плод и новорожденный как пациенты. СПб.: «Петрополис», 2015. С. 922–931.
6. Айламазян Э.К., Кулаков В.И., Радзинский В.Е., Савельева Г.М. Акушерство: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 294 с.
7. Михайлов А.В., Романовский А.Н., Потанин С.А., Шлыкова А.В. Фето-фетальный трансфузионный синдром: учеб. пособие. СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2017. С. 7–10, 21–24.
8. Некрасова Е.С. Дифференциальная диагностика фето-фетального трансфузионного синдрома: методология и разбор клинических случаев // Журнал акушерства и женских болезней. 2017. Т. 66. № 1. С. 72–76.
9. Костюков К.В., Гладкова К.А. Диагностика фето-фетального трансфузионного синдрома, синдрома анемии-полицитемии при монохориальной многоплодной беременности // Акушерство и гинекология. 2016. № 1. С. 10–15.
10. Дремина Н.Н., Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А. Эндотелины в норме и патологии // Medical Sciences. 2016. № 4. С. 210–214.
11. Davenport A.P. Endothelin // Pharmacol Rev. 2016. Vol. 68. № 2. P. 357–418.
12. Гайнитдинова В.В., Бакиров А.Б., Ахметзянова Э.Х., Гареева Г.И. Особенности течения и ведения больных с легочной гипертензией при хронической обструктивной болезни легких [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. 2013. № 1. С. 115–116.
13. Simpson L.L. Society for Maternal-Fetal Medicine. Twin-twin transfusion syndrome // Am. J. Obstet Gynecol. 2013. № 1(208). P. 3–18.
14. Chang Y.L., Chao A.S., Chang S.D. Outcome of twin-twin transfusion syndrome treated by laser therapy in Taiwan's single center: Role of Quintero staging system // Taiwan. J. Obstet. Gynecol. 2016. Vol. 55. № 5. P. 700–704.
15. Туманова У.Н., Федосеева В.К., Ляпин В.М. Плод-аккардиус: посмертная компьютерная и магнитно-резонансная томография // Диагностическая и интервенционная радиология. 2016. № 2. С. 23–30.
16. Михайлов А.В., Шлыкова А.В., Романовский А.Н., Каштанова Т.А., Новикова А.В., Потанин С.А., Петрова М.М., Савельева А.А. Синдром обратной артериальной перфузии // Плод и новорожденный как пациенты. СПб.: ИД «Петрополис», 2015. С. 935–943.
17. Низяева Н.В., Костюков К.В., Гладкова К.А., Куликова Г.В., Щеголев А.И. Роль синдрома обратной артериальной перфузии близнецов в развитии плода-аккардиуса. М.: Архив патологии, 2016. № 4 (78). С. 54–57.
18. Михайлов А.В., Романовский А.Н., Каштанова Т.А. Применение амниоредукции при фето-фетальном трансфузионном синдроме I стадии // Вестник Российской военной медицинской академии. 2017. № 1(57). С. 82–84.

19. Овсянников Д.Ю. Европейский консенсус по терапии респираторного дистресс-синдрома новорожденных пересмотра 2013 г. // Педиатрия. 2015. № 1. С. 100–104.
20. Европейские рекомендации по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в клинической практике / перевод А. Табанакова, Д.В. Небиеридзе. 2016. С. 547–548.
21. Gardiner H.M., Matsui H., Roughton M., Greenwald S.E., Diemert A., Taylor M.J.O. Cardiac function in 10-year-old twins following different fetal therapies for twin-twin transfusion syndrome // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2014. № 43. P. 652–657.
22. Michelfelder E., Tan X., Cnota J., Divanovic A., Statile C., Lim F.-Y., Crombleholme T. Prevalence, spectrum, and out-come of right ventricular outflow tract abnormalities in twin-twin transfusion syndrome: a large single-center experience // *Congenital Heart Diseases*. 2015. № 10. P. 209–218.
23. Айламазян Э.К. Акушерство: учебник для медицинских вузов, 9-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 704 с.
24. Лассан Л.П. Нарушения психических функций в детском возрасте при арахноидальных кистах головного мозга // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2016. № 17. С. 54–58.
25. Михайлов А.В., Романовский А.Н., Каштанова Т.А. Специфические осложнения монохориального многоплодия – фето-фетальный трансфузионный синдром и синдром анемии-полицитемии // *Акушерство и гинекология Санкт-Петербурга*. 2017. № 2. С. 18–20.
26. Петров Ю.А. Семья и здоровье. М.: Медицинская книга, 2014. 312 с.
27. Овсянников Ф.А., Романовский А.Н. Современные подходы к лечению фето-фетального трансфузионного синдрома // *Трансляционная медицина*. 2017. № 4. С. 36–40.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 330:614.1:314.3

**ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И ХАРАКТЕРИСТИКА
РОЖДАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ**¹Денисов А.П., ¹Кун О.А., ¹Денисова О.А., ²Дробышев В.В., ³Филиппова Е.Д.¹ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» МЗ РФ,
Омск, e-mail: denap144@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет» МЗ РФ, Омск;³БПОУ «Медицинский колледж» МЗ Омской области, Омск

Целью обзора является систематизация литературных данных по проблеме взаимосвязи демографической политики и рождаемости населения. Представлен анализ влияния условий и образа жизни семьи на рождаемость. Установлены факторы, оказывающие наиболее значимое влияние на число детей в семье. Исследования, проведенные в области охраны здоровья детей в различных типах семей, доказывают, что в стране произошла смена типа воспроизводства населения, которая закончилась к концу XX в. В результате в Российской Федерации совершился демографический переход к малодетной семье. В отличие от подавляющего большинства других стран, где развитие человеческого капитала приводит к росту доходов индивида и общественного богатства в целом, в России повышение доходов населения происходит в последнюю очередь и в недопустимо малой степени. Это также в высокой степени определяло тенденцию к снижению числа рождений. При сохранении наблюдающейся тенденции рождаемости рост населения России возможен, но маловероятен. В Сибирском федеральном округе наблюдается аналогичная ситуация и в перспективе на 20–30 лет значительного изменения характера воспроизводства населения региона не ожидается.

Ключевые слова: демографическая политика, демографические процессы, рождаемость, дети, семья

**DEMOGRAPHIC POLICY AND CHARACTERISTICS THE BIRTH RATE
OF THE POPULATION**¹Denisov A.P., ¹Kun O.A., ¹Denisova O.A., ²Drobyshev V.V., ³Filippova E.D.¹Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: denap144@mail.ru;²Omsk State Pedagogical University, Omsk;³College of medicine, Omsk

The aim of the review is to systematize literature data on the relationship of demographic policy and fertility. The analysis of influence of conditions and a way of life of a family on fertility is presented. The factors that have the most significant impact on the number of children in the family. Studies carried out in the field of children's health in different types of families prove that there has been a change in the type of reproduction of the population, which ended by the end of the twentieth century. As a result, the Russian Federation has made a demographic transition to a small family. Unlike the vast majority of other countries, where the development of human capital leads to an increase in the income of the individual and social wealth in General, in Russia the increase in income of the population occurs in the last place and to an unacceptably small extent. This also determined to a high degree the downward trend in the number of births. If the observed trend of fertility continues, population growth in Russia is possible, but unlikely. In the Siberian Federal district there is a similar situation and in the future for 20-30 years a significant change in the nature of the reproduction of the population of the region is not expected.

Keywords: demographic policy, demographic processes, fertility, children, family

Первоочередной задачей государства является проведение эффективной демографической политики, а её результативность является одним из основополагающих индикаторов степени цивилизованности общества. По мнению Д.И. Валентя [1], демографическая политика – это система мероприятий, прямо либо косвенно направленных на изменение количественных и качественных характеристик условий жизни и труда населения. Специфической целью демографической политики является воздействие на воспроизводство населения. Она должна, прежде всего, учитывать конкретные условия и возможности общества,

сопровождаться экономической поддержкой и анализом общественного мнения. Демографическая политика предусматривает в том числе возрождение культуры, авторитета семьи, сохранение имеющегося человеческого ресурса, прежде всего детей. Естественно, это длительный процесс [2].

Цель исследования: систематизация литературных данных по проблеме влияния демографической политики на рождаемость населения.

Результатом принятого в 2005 г. Приоритетного национального проекта «Здоровье» стало появление объективных условий для увеличения финансирования здраво-

охранения, расширения его материальных и технических возможностей, повышения рождаемости. Реализация Проекта положила начало модернизации в сфере здравоохранения, что способствовало повышению качества медицинских услуг, а также увеличила число рождений [3; 4]. Вместе с тем «материнский капитал» активизирует вовлечение в процесс деторождения неблагополучного контингента, что является одной из причин увеличения частоты рождения маловесных детей [5]. В то же время в Российской Федерации сложилась достаточно сложная демографическая ситуация. При сохранении существующих тенденций демографических процессов по прогнозу Государственного Комитета РФ по статистике население России может сократиться к 2025 г. до 125 млн человек [6].

Важнейшей причиной настоящего процесса является смена типа воспроизводства населения, которая закончилась в России к концу XX в. В итоге в стране совершился демографический переход к преимущественно малодетной семье, ускоренный происходящим конфликтом падения уровня жизни подавляющей части населения с более высоким стандартом жизни, снижением репродуктивных установок, насаждением в сознание людей западных стандартов семейного, репродуктивного и сексуального поведения, в том числе и более позднего оформления семейных отношений, концентрации внимания, прежде всего на образовании и формировании деловой карьеры [7]. Однако, как считает Я.А. Лещенко [8], эти процессы носят не нормальный, а аномальный характер, так как в отличие от других развитых стран, состояние параметров естественного движения и смены типов воспроизводства не представляет собой динамического равновесия процессов рождаемости и смертности. В результате этого произошло формирование четкой ориентации на малодетную семью – откладывание рождений как первенцев, так и вторых детей [9; 10].

Одновременно до 2005 г. отмечался рост относительного числа рождения детей вне юридически зарегистрированного брака (30,0% от числа всех новорожденных) с последующим снижением до 21,1% в 2016 г. [10], а также распространение «подросткового материнства» [7].

Подавляющая часть семей уже отказалась от планирования числа детей на стадии ее формирования, более того средние идеальные числа детей в семье уменьшились ниже уровня необходимого для простого воспроизводства населения. Что касается репродуктивных установок, сфор-

мировавшихся у молодежи, то они еще ниже [10–12].

Демографическая политика, проводимая в России, в значительной степени повлияла на повышение рождаемости. Так число рождений увеличилось с 1479637 в 2006 г. до 1888729 в 2016 г., общий коэффициент рождаемости – с 10,4 до 12,9 на 1000 населения в 2016 г. Среднее число детей, которые рождаются одной женщиной в течение всего репродуктивного периода ее жизни – то есть суммарный коэффициент рождаемости (СКР) увеличилось с 1,3 до 1,7 [13]. С учетом того, что не все дети доживают до репродуктивного возраста, а мальчиков рождается больше, чем девочек, даже простое замещение поколений, возможно лишь при $СКР \geq 2,1$. Когда данный коэффициент ниже этого порога, превышение числа родившихся над числом умерших будет носить преходящий характер [14].

Таким образом, следует повысить уровень рождаемости значительно выше значения данного коэффициента в расчете на одну женщину без различия брачного состояния 2,12 или более 2,6 в расчете на один брак, длящийся весь репродуктивный период жизни и обладающий в течение всего этого периода плодovitостью (т.е. эффективный брак) [14].

В Российской Федерации отмечается сближение уровней рождаемости в сельской местности и городе. В общей совокупности семей доля многодетных постоянно уменьшается, при этом подавляющее большинство из них – трехдетные, хотя в сельской местности доля таких семей пока еще в два-три раза больше, чем в городе [10]. Именно поэтому более оправданным представляется вместо термина «большая семья» употребление термина «многодетная семья» [15].

Помимо сложившихся у супругов репродуктивных установок, снижение фактического числа детей в семье в значительной степени определяется неудовлетворительным состоянием здоровья их репродуктивной системы [16; 17]. Отрицательные изменения образа жизни молодых семей, в частности все возрастающая алкоголизация населения, также содействует ухудшению демографической ситуации [18]. Кроме того, наблюдается выраженная тенденция к одиночеству и разводам [10]. Все более значительная часть семей юридическому браку предпочитает незарегистрированные брачные союзы [19].

Данные многочисленных исследований убедительно доказывают тот факт, что экономические и социальные процессы, происходящие в обществе, в значительной степе-

ни связаны с проблемами брака и семьи и, в конечном итоге, со здоровьем и воспроизводством населения [6; 8; 20–22]. В свою очередь на демографические процессы, в том числе и рождаемость, оказывают влияние социально-экономические условия. Так, неудовлетворительное материальное положение, плохие жилищные условия семьи находятся в числе наиболее значимых причин отказа от рождения последующих детей [23; 24].

Более того, по мере повышения культурного уровня семьи наблюдается прогрессирующее удорожание воспитания детей. Определяет это то, что родители с высоким культурным уровнем имеют большую ответственность за воспитание детей и стремление обеспечить им наилучшие жизненные условия [25].

В то же время нельзя анализировать влияние на социальные процессы тех или иных факторов, в том числе и материального положения, отдельно, не учитывая действия других, поскольку все социально обусловленные процессы протекают взаимосвязано, в постоянной взаимосвязи элементов их составляющих. В то же время, по мнению А.А. Баранова [26], в этой сложной системе преобладают неэкономические, то есть социально-психологические, нравственные, духовные, национальные аспекты.

В целом происходящие в России демографические процессы носят естественный характер и наблюдающиеся их изменения укладываются в классическую процедуру перехода к современному типу воспроизводства населения, характерному для развитых стран Европы. В этих странах также наблюдается процесс эволюции института семьи, изменение устоявшихся представлений о ней, отмечаются падение нравственно-этических норм и нестабильность браков, выраженная тенденция к увеличению числа неполных семей, снижение роли семьи в социализации детей и т.д., и более того превращение данных процессов в норму [25; 27].

В нашей стране в результате социально-экономического кризиса снижение экономического благополучия граждан было ускорено и носит парадоксальный характер. В России подавляющее число бедных работают! Такое возможно только в единственном случае, когда бедность, прежде всего, порождает само государство [22]. В развитых странах увеличение человеческого капитала приводит к росту как общественного богатства в целом, так и индивидуальных доходов подавляющего числа людей. В нашей стране повышение доходов населения происходит в последнюю очередь и в не-

допустимо малой степени [8]. Как закономерный результат такого положения наблюдается дифференциация демографического поведения по регионам и группам населения [28].

В результате этого в России наблюдается выраженное неравенство в здоровье, носящее несправедливый характер, так как его первопричиной является несправедливое распределение общественных благ, а значит, и возможности иметь качественные медицинские услуги и достойные условия жизни. Как следствие, для значительной части семей рождение и последующее воспитание ребенка становится недостижимой роскошью. Вопросы защиты интересов населения в должном уровне жизни и ее качестве приобретают небывалую остроту, причем в большой степени именно женщин и детей [8; 29].

Наличие репродуктивных потерь, то есть нереализованные беременности и младенческая смертность, а также плохое здоровье детей осложняют ситуацию. Причем это положение соответствует служившемуся в настоящее время уровню самосохранительного поведения и уровня жизни людей [30]. Наблюдаемое незначительное увеличение числа родившихся в последние годы обусловлено, прежде всего, не ростом рождаемости, а увеличением численности женского населения в наиболее плодовитых возрастах (20–29 лет) [31; 32]. Более того, в 2016 г. в России зафиксирована убыль населения [10; 13].

Аналогичная тенденция отмечается и в Сибири, где на период ближайших 20–30 лет кардинальных изменений в характере воспроизводства населения не ожидается [8; 33]. Анализ нетто-коэффициента воспроизводства населения показал, что наблюдается только сдвиг календаря рождений, а не долговременные изменения их интенсивности [20].

По прогнозам Отдела населения ООН, сохранение наблюдающейся тенденции роста населения России возможно, но маловероятно. Среднегодовые темпы прироста численности населения Российской Федерации по всем вариантам прогнозов ООН в ближайшее десятилетие будут снижаться, оставаясь положительными только по высокому варианту (в 2015–2025 гг.) и варианту простого воспроизводства (в 2015–2020 гг.). Темпы прироста будут отрицательными до 2040 г., то есть численность населения будет сокращаться по всем вариантам прогноза. Существует вероятность возобновления роста населения по высокому варианту прогнозу не ранее 2040–2045 гг. и по варианту простого воспроизводства с 2065–2070 гг. [34].

Как закономерный результат описанных демографических процессов, а также в связи с ростом абсолютного числа лиц старших возрастных групп изменилась доля детей в общем числе народонаселения. Суммарная их доля (от 0 до 17 лет включительно) в структуре всего населения Российской Федерации уменьшилась с 25 % в 1999 г. до 18,8 % в 2014 г. [35].

Заключение

В результате анализа литературных источников установлено, что наблюдающееся в стране ухудшение условий жизни подавляющей части населения и ослабление внимания государства к охране прав сохранения и укрепления здоровья матери и ребенка, институту семьи способствует прогрессированию неравенства в получении качественной и доступной медицинской помощи, что негативно отражается на рождаемости и здоровье детей.

Важнейшей причиной этого является смена типа воспроизводства населения, которая закончилась в России к концу XX в. В итоге совершился демографический переход к преимущественно малодетной семье. В Российской Федерации в отличие от большинства стран, где развитие человеческого капитала приводит к увеличению как общественного богатства в целом, так и индивидуальных доходов подавляющего числа людей, повышение доходов населения происходит в последнюю очередь и в недопустимо малой степени. Это также в значительной степени определяло тенденцию к снижению числа рождений. В Сибирском федеральном округе наблюдается аналогичная ситуация и в перспективе на 20–30 лет значительного изменения характера воспроизводства населения региона не ожидается.

Список литературы

1. Валентей Д.И., Козлов В.И., Панкратьева Н.В. Основы теории народонаселения: учеб. пособие для студентов экон. спец. вузов; 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. 376 с.
2. Рыбаковский Л.Л. Результативность как основной показатель оценки состояния и тенденций рождаемости // Социологические исследования. 2016. № 4. С. 23–30.
3. Полунина Н.В., Полунина В.В., Кудряшова Л.В., Авсаджанишвили В.Н. Итоги реализации Национального проекта «Здоровье» в детских амбулаторно-поликлинических учреждениях // Педиатрия. 2012. Т. 91. № 3. С. 21–25.
4. Рыбкина Н.Л. Репродуктивно-демографические показатели и состояние здоровья новорожденных по итогам реализации программы «родовой сертификат» приоритетного Национального проекта «Здоровье» в республике Татарстан // РАМН. Бюллетень Национального НИИ общественного здоровья. 2012. Вып. 2. С. 105–107.
5. Савеленко Т.Л., Тищенко Т.И., Морозова И.С. Опыт наблюдения новорожденных, поступивших в поликлинику в 2010–2012 годах, проводимого в рамках Национального проекта «Здоровье» в ранней диагностике патологии // Здравоохранение Дальнего Востока. 2013. № 1. С. 19–21.
6. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: demoscope.ru/weekly/znagi/konceptsiya/konceptsiya25.html (дата обращения: 01.11.2018).
7. Вишневский А.Г. Демографическая модернизация России 1900–2000. М.: Новое издательство, 2006. 608 с.
8. Лещенко Я.А. Социально-экономические проблемы формирования потенциала воспроизводства населения и медико-демографического развития Сибири (на примере Иркутской области) // Бюллетень СО РАМН. 2008. № 1 (129). С. 35–42.
9. Денисов А.П., Бабенко А.И., Спинов В.И. Репродуктивные установки женщин и реализация мер национального проекта «Демография» // Здравоохранение Российской Федерации. 2009. № 5. С. 29–31.
10. Захаров С.В. (отв. ред.) Население России 2015: двадцать третий ежегодный демографический доклад. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2017. 360 с.
11. Денисов А.П. Демографические установки женщин г. Омска и Омской области с позиций дисперсионного анализа // Омский научный вестник. 2006. № 53–1. С. 169–172.
12. Бабенко А.И., Денисов А.П., Спинов В.И. Репродуктивное поведение девушек подросткового возраста // Социология медицины. 2008. № 2. С. 39–42.
13. Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб. / Росстат. М., 2017. 263 с.
14. Синельников А.Б. Кризис брачно-семейных и межпоколенных отношений и приоритетные направления демографической политики в России: автореф. дис. ... д-ра социол. наук. Москва, 2015. 50 с.
15. Шевченко И.О., Шевченко П.В. Большая семья – какая она? // Социологические исследования. 2005. № 1. С. 95–101.
16. Арутюнян А.А., Сердюков А.Г. Динамика бесплодия у женщин в сельской местности в зависимости от территории проживания // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21856> (дата обращения: 24.10.18).
17. Петрова Н.Г., Комличенко Э.В., Иванов А.В., Зубарева Т.М., Шевелева Т.С. Репродуктивное здоровье женщин Санкт-Петербурга // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2011. № 2. С. 13–15.
18. Стародубов В.И., Щепин О.П. Общественное здоровье и здравоохранение. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 619 с.
19. Об итогах Всероссийской переписи населения 2010 года [Электронный ресурс]. URL: http://www.perepis-2010.ru/results_of_the_census/results-inform.php (дата обращения: 23.10.2018).
20. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Социальное неравенство и общественное здоровье в современных условиях // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2015. № 17. С. 134–138.
21. Кислицына О.А. Социально-экономическое неравенство в состоянии здоровья: тенденции и гипотезы // Социальные аспекты здоровья населения. 2017. Т. 54. № 2. С. 1.
22. Римашевская Н.М. Четыре принципиальных вопроса преодоления бедности в России: методология и методика исследований // Народонаселение. 2006. № 2. С. 9–13.
23. Денисов А.П., Банюшевич И.А., Филиппова Е.Д., Куцевал Е.В. Условия и факторы, влияющие на репродуктивные планы женщин, имеющих детей раннего возраста, в различных типах семей // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/115-12203> (дата обращения: 27.10.2018).
24. Скрыбина Я.А. Особенности репродуктивного поведения населения в условиях трансформационной российской

ской экономики: автореф. ... дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2011. 28 с.

25. Архангельский В.Н. Репродуктивное и брачное поведение // Социологические исследования. 2013. № 2. С. 129–136.

26. Баранов А.А. Социально-экономические проблемы депопуляции и старения населения // Вопросы экономики. 2000. № 7. С. 115.

27. Fleegler E, Lieu T, Wise P, Muret-Wagstaff S. Families Health-Related Social Problems and Missed Referral Opportunities // Pediatrics. 2007. Vol. 119. P. 1332–1341.

28. Тихонова Н.Е. Феномен бедности в современной России // Социологические исследования. 2014. № 1. С. 7–19.

29. Зелинская Д.И., Терлецкая Р.Н., Рожковская С.А. Медико-социальные аспекты здоровья детей в многодетных семьях // Российский педиатрический журнал. 2016. № 19 (6). С. 361–366.

30. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Альбицкий В.Ю., Терлецкая Р.Н. Состояние здоровья детей современной России (Серия «Социальная педиатрия», выпуск 20). М.: ПедиатрЪ, 2018. 120 с.

31. Иванов Д.О., Орел В.И. Современные особенности здоровья детей мегаполиса // Медицина и организация здравоохранения. 2016. Т. 1. № 1. С. 6–1.

32. Коновалов О.Е., Харитонов А.К., Жильцова Е.Е. Медико-социальные аспекты репродуктивного поведения и здоровья жительниц Московской области // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2016. Т. 24. № 4. С. 25–31.

33. Боева А.В., Лещенко Я.А. Современные тенденции воспроизводства населения Иркутской области // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2015. № 4. С. 9–13.

34. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Probabilistic Population Projections based on the World Population Prospects. The 2015 revision [Electronic resource]. URL: <http://esa.un.org/unpd/ppp/> (дата обращения: 12.10.2018).

35. XIX конгресс педиатров России с международным участием «Актуальные проблемы педиатрии» // Вопросы современной педиатрии. 2016. Т. 15. № 2. С. 192–200.