

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

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF APPLIED AND
FUNDAMENTAL RESEARCH**

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

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,570

№ 12 2019

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ = 0,277

Научный журнал
Scientific journal

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

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПИ140

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

к.м.н. Н.Ю. Стукова

Ответственный секретарь

к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR

Natalia Stukova

Senior Director and Publisher

Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алов 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 = 0,570.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,277.

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

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

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

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41

Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова

Техническое редактирование и верстка Л.М. Байгузова

Корректор Е.С. Галенкина

Подписано в печать 30.12.2019

Дата выхода номера 30.01.2020

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО НИЦ «Академия Естествознания»

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

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 20,88

Тираж 500 экз.

Заказ МЖПиФИ 2019/12

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

СМЕРТНОСТЬ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ И БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ
ДЫХАНИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ С ГРИППОМ, В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВО ВРЕМЯ СЕЗОНОВ ГРИППА С 2013–2014 ДО 2018–2019

Гольдштейн Э.М. 9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МОНОМЕРОВ И ПОЛИМЕРОВ КРЕМНИЕВЫХ
КИСЛОТ В СВЯЗИ С КИСЛОТНОСТЬЮ И ГУМУСИРОВАННОСТЬЮ ПОЧВ
ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПО НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлов А.В., Уромова И.П. 17

АНАЛИЗ МИКРОМИЦЕТОВ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ
БАССЕЙНА РЕКИ АТ-БАШИ КЫРГЫЗСТАНА

Мамбетказиева А.М. 23

ОЦЕНКА САНИТАРНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ
ВОДОЕМОВ ПО ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ

Михеев П.В. 29

АККУМУЛЯЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ
(ПГМ) В ТЕСТ-КУЛЬТУРЕ ALLIUM SERA

Сбитнев А.В., Ахальцева Л.В., Водянова М.А., Ушакова О.В. 34

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА COUSINIA NINAE JUS

Турдумамбетов К.Т., Ажибаева З.С., Бакирова Г.А., Джорунбекова Ж.Д. 39

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ
АКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ТОЛЩИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Пронин А.А. 44

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ

Дитц Л.Ю. 50

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

О ВОЗМОЖНОМ ОБРАЗОВАНИИ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Калачева Л.П., Рожин И.И. 55

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

ПОИСК СОЕДИНЕНИЙ С АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДОКИНГА В ИССЛЕДОВАНИЯХ
«СТРУКТУРА – АКТИВНОСТЬ» ПО ФЕРМЕНТАМ ЦИКЛООКСИГЕНАЗА 1 И 2
В РЯДУ N-ЗАМЕЩЕННЫХ АНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ

Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. 60

ОБЗОР И ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РАЗВИТИЯ
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО РЫНКА В РОССИИ

*Брель А.К., Танкабекян Н.А., Складановская Н.Н.,
Жогло Е.Н., Халиуллина А.С., Кагарманова Ю.Р.* 65

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШУМО-ВИБРАЦИОННОГО ФАКТОРА
НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

*Карабалин С.К., Ниязбекова Л.С., Сейдуанова Л.Б.,
Жукешева М.К., Сагатбаева Н.А., Терликбаева Г.А.* 71

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА СВЯЗИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ
УСЛОВИЯМИ В СУБЪЕКТАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Мешков Н.А., Рахманин Ю.А., Вальцева Е.А., Сковронская С.А.,
Иванова С.В., Андрюшин И.Б., Прилипко Н.С., Мацюк А.В.* 76

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ
В ДИНАМИКЕ АУТОИММУННОГО АРТРИТА У КРЫС

Скупневский С.В., Пухаева Е.Г., Бадтиев А.К., Руруа Ф.К., Батагова Ф.Э., Фарниева Ж.Г. 82

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕСУРСОВЕДЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ ЧЕРНОГО МОРЯ
КАК НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНОЙ ОТРАСЛИ ФАРМАЦИИ
С ЦЕЛЬЮ СОХРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИИ И ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Чжу О.П., Аравиашвили Д.Э., Туманова А.Л. 87

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ЧЕРНО-БЕЛЫЙ
И ЦВЕТНОЙ СМЕНЯЮЩИЙСЯ ШАХМАТНЫЙ ПАТТЕРН В ДИАГНОСТИКЕ
ЗРИТЕЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ I ТИПА

Штемберг Л.В., Андреева Е.И. 93

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТУЧНЫХ КЛЕТОК В ГИСТОЛОГИЧЕСКОМ ПРЕПАРАТЕ

Шурыгина И.А., Шурыгин М.Г. 97

ОБЗОРЫ

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВЕДЕНИЮ БЕРЕМЕННОСТИ У ЖЕНЩИН С ОЖИРЕНИЕМ

Исмаилова Ф.К., Петров Ю.А. 101

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ БИНАУРАЛЬНЫХ БИЕНИЙ
В ТЕРАПИИ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Секирин А.Б., Майбродская А.Е. 105

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

СТАТЬИ

КРАНИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ (RANGIFER TARANDUS)
НЕНЕЦКОЙ ПОРОДЫ ТИМАНСКОЙ И БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДР НЕНЕЦКОГО АО

Романенко Т.М., Вылко Ю.П. 110

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОСУППОРТА СТАНКА
С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛЯТОРОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Кадыров И.Ш., Темирбеков Ж.Т., Турусбеков Б.С., Давлятов У.Р. 115

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ ГРАВИТАЦИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	
<i>Комаров В.С.</i>	120
АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	
<i>Лютаревич А.Г., Лейнерт В.В., Соколов Д.С.</i>	126
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧИХ СТОЛОВ	
<i>Таров Д.А., Тарова И.Н.</i>	131

ОБЗОРЫ

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	
<i>Шишакина О.А., Паламарчук А.А.</i>	136

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ТИПЫ ПРОВОДИМОСТИ И ТЕРМОЭЛЕКТРОДВИЖУЩИЕСЯ СИЛЫ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $Se_xSn_{1-x}Se$	
<i>Алиев И.И., Абдурахманова В.А., Исмаилов Ш.С., Садыхова А.А.</i>	142
ПЕРВОПРИНЦИПНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ И МАГНИТНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ $PuFe_2$ И $PuNi_2$	
<i>Лукоянов А.В., Граматеева Л.Н.</i>	147

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**СТАТЬИ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЭМУЛЬСИЯХ НЕФТИ ОБРАТНОГО ТИПА	
<i>Корякина В.В., Семенов М.Е., Горохова Н.С.</i>	151
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ (МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА) УГОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ТУВИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	
<i>Монгуш Г.Р.</i>	157
СИНТЕЗ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВИНИЛСУЛЬФИДОВ, СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНОЭФИРНЫЕ ФУНКЦИИ	
<i>Мусалов М.В., Шкурченко И.В., Ишигеев Р.С., Мусалова М.В., Зинченко С.В., Амосова С.В., Потапов В.А.</i>	163

CONTENTS
BIOLOGICAL SCIENCES
ARTICLES

- INFLUENZA-ASSOCIATED MORTALITY FOR CIRCULATORY
AND RESPIRATORY CAUSES DURING THE 2013–2014
THROUGH THE 2018–2019 INFLUENZA SEASONS IN RUSSIA
Goldsteyn E.M. 9
- COMPARATIVE ANALYSIS OF MONOMER CONTENT AND SILICON
ACID POLYMERS DUE TO ACIDITY AND HUMUSINESS
OF MAIN SOIL TYPES IN NIZHNY NOVGOROD REGION
Kozlov A.V., Uromova I.P. 17
- ANALYSIS OF MICROMYCETES OF FODDER PLANTS
OF THE AT-BASHI RIVER BASIN OF KYRGYZSTAN
Mambetkaziya A.M. 23
- ASSESSMENT OF SANITARY AND ECOLOGICAL STATE OF RECREATIONAL
RESERVOIR BY THE NUMBER OF MICROORGANISMS IN BOTTOM SEDIMENTS
Mikheev P.V. 29
- ACCUMULATION OF SINGLE DEICING SALT COMPOUNDS
IN ALLIUM CEPA TESTING CULTURE
Sbitnev A.V., Akhaltseva L.V., Vodyanova M.A., Ushakova O.V. 34
- GENERAL CHARACTERISTICS OF THE CARBOHYDRATE COMPOSITION
COUSINIA NINAE JUS
Turdumambetov K.T., Azhibayeva Z.S., Bakirova G.A., Dzhorupbekova Zh.D. 39

GEOGRAPHICAL SCIENCES
ARTICLES

- TECHNICAL ASPECTS POST PROCESSING DATE ACOUSTICAL PROFILING
Pronin A.A. 44
- MAPPING POSSIBILITIES OF MONITORING THE ECOLOGICAL
STATE OF SOIL RESOURCES
Ditts L.Yu. 50

GEOLOGICAL-MINERALOGICAL SCIENCES
ARTICLES

- ON THE POSSIBLE FORMATION OF NATURAL GAS HYDRATES IN THE CONDITIONS
OF THE LENA-TUNGUSKA PETROLEUM PROVINCE DEPOSITS
Kalacheva L.P., Rozhin I.I. 55

MEDICAL SCIENCES
ARTICLES

- SEARCH FOR COMPOUNDS WITH ANALGESIC ACTIVITY USING MOLECULAR DOCKING
IN STRUCTURE – ACTIVITY STUDIES ON CYCLOOXYGENASE 1
AND 2 ENZYMES IN A SERIES OF N-SUBSTITUTED ANTHRANILIC ACIDS
Andryukov K.V., Korkodinova L.M. 60

PHARMACEUTICAL MARKET REGULATORS' REVIEW AND SEARCH
FOR MARKETING DEVELOPMENT IN RUSSIA

*Brel A.K., Tankabekyan N.A., Skladanovskaya N.N.,
Zhoglo E.N., Khaliullina A.S., Kagarmanova Yu.R.* 65

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE NOISE-VIBRATION FACTOR
IN THE MINING AND PROCESSING INDUSTRIES

*Karabalin S.K., Niyazbekova L.S., Seyduanova L.B.,
Zhukesheva M.K., Sagatbaeva N.A., Terlikbaeva G.A.* 71

IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN
DEMOGRAPHIC PROCESSES AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS
IN THE CONSTITUENT ENTITIES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

*Meshkov N.A., Rakhmanin Yu.A., Valtseva E.A., Skovronskaya S.A.,
Ivanova S.V., Andryushin I.B., Prilipko N.S., Matsyuk A.V.* 76

FUNCTIONAL FEATURES OF PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES
IN THE DYNAMICS OF AUTOIMMUNE ARTHRITIS IN RATS

Skupnevskiy S.V., Pukhaeva E.G., Badtiev A.K., Rurua F.K., Batagova F.E., Farnieva Zh.G. 82

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF RESOURCES OF THE BLACK SEA
HYDROBIANTS AS A NEW ECONOMICALLY PROFITABLE BRANCH
OF PHARMACY IN ORDER TO PREVENT HUMAN ECOLOGY AND HEALTH

Chzhu O.P., Araviashvili D.E., Tumanova A.L. 87

THE USE OF VISUAL EVOKED POTENTIALS ON BLACK-AND-WHITE
AND COLOR CHANGING CHESS PATTERN IN THE DIAGNOSIS
OF VISUAL DISORDERS IN PATIENTS WITH TYPE 1 DIABETES MELLITUS

Shtemberg L.V., Andreeva E.I. 93

MAST CELL IDENTIFICATION METHOD FOR HISTOLOGICAL STUDY

Shurygina I.A., Shurygin M.G. 97

REVIEWS

MODERN GOING NEAR THE CONDUCT OF PREGNANCY FOR WOMEN WITH OBESITY

Ismailova F.K., Petrov Yu.A. 101

PSYCHOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

PROSPECTS FOR THE USE OF ACOUSTIC BINAURAL BEATS IN THE TREATMENT
OF PSYCHOSOMATIC DISEASES

Sekirin A.B., Maybrodskaya A.E. 105

AGRICULTURAL SCIENCES

ARTICLES

CRANIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF REINDEER (RANGIFER TARANDUS)
OF NENETS OF TIMAN AND BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA OF NENETS AO

Romanenko T.M., Vylko Yu.P. 110

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A HYDRAULIC SUPPORT
MACHINE WITH AUTOMATIC REGULATOR SECOND ORDER

Kadyrov I.Sh., Temirbekov Zh.T., Turusbekov B.S., Davlyatov U.R. 115

THE USE OF THE LAW OF GRAVITATION TO RELEASE ENERGY FROM AQUATIC ENVIRONMENT WITH THE PURPOSE OF PROVIDING OCEANOLOGICAL MEASUREMENTS	
<i>Komarov V.S.</i>	120
ANALYSIS OF METHODS OF POWER QUALITY CONTROL	
<i>Lyutarevich A.G., Leynert V.V., Sokolov D.S.</i>	126
ORGANIZATION INFORMATION SECURITY AT VIRTUALIZATION OF DESKTOPS	
<i>Tarov D.A., Tarova I.N.</i>	131
REVIEWS	
REVIEW OF MODERN CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS	
<i>Shishakina O.A., Palamarchuk A.A.</i>	136

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ARTICLES

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES, CONDUCTIVITY TYPE AND THERMOELECTRIC FORSE IN SOLID SOLUTIONS $Ce_xSn_{1-x}Se$	
<i>Aliiev I.I., Abdurakhmanova V.A., Ismailov Sh.S., Sadykhova A.A.</i>	142
STUDY FROM FIRST PRINCIPLES OF ELECTRONIC STRUCTURE AND MAGNETIC ORDERING IN $PuFe_2$ AND $PuNi_2$	
<i>Lukoyanov A.V., Gramateeva L.N.</i>	147

CHEMICAL SCIENCES

ARTICLES

STUDY OF FORMATION AND DECOMPOSITION OF SECONDARY NATURAL GAS HYDRATES IN INVERTED OIL EMULSIONS	
<i>Koryakina V.V., Semenov M.E., Gorokhova N.S.</i>	151
RESEARCH OF CHANGE OF TECHNICAL INDICATORS AND CHEMICAL PROPERTIES (METHOD OF IR SPECTRAL ANALYSIS) OF COAL MIXTURES OF TUVIN DEPOSITS	
<i>Mongush G.R.</i>	157
SYNTHESIS OF NEW FUNCTIONAL VINYL SULFIDES CONTAINING ESTER FUNCTIONS	
<i>Musalov M.V., Shkurchenko I.V., Ishigeev R.S., Musalova M.V., Zinchenko S.V., Amosova S.V., Potapov V.A.</i>	163

СТАТЬИ

УДК 616.9:[616.1+616.2](470)

**СМЕРТНОСТЬ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ
И БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ
С ГРИППОМ, В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВО ВРЕМЯ СЕЗОНОВ ГРИППА С 2013–2014 ДО 2018–2019**

Гольдштейн Э.М.

Гарвардская школа общественного здравоохранения, Бостон, e-mail: egoldste@hsph.harvard.edu

Информация о смертности, ассоциированной с гриппом, в России ограничена. Используя ранее разработанную регрессионную модель, мы выразили месячные уровни смертности в Российской Федерации от болезней органов дыхания, а также от болезней системы кровообращения между 07/2013 и 07/2019 (данные Росстата) через месячные индикаторы циркуляции гриппа А/Н3N2, А/Н1N1 и В (полученные из данных института гриппа им. Смородинцева), базовые (с годовой периодичностью) уровни месячной смертности не связанной с гриппом и временной тренд в смертности. В сезоны 2013/14 до 2018/19, в среднем 17821 (95% ДИ (9723,25918)) годовых смертей от болезней системы кровообращения и 4174 (3252,5095) смертей от болезней органов дыхания были ассоциированы с гриппом. Наибольшая смертность как от болезней системы кровообращения (30098 (17618,42578)), так и от болезней органов дыхания (6793 (5369,8216)), ассоциированная с гриппом, была оценена в сезон 2014/15. Среди смертей, ассоциированных с гриппом, самым большим источником смертей от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания был грипп А/Н3N2; грипп В (в основном В/Ямагата) и грипп А/Н1N1 тоже внесли существенный вклад в соответствующую смертность. По сравнению с сезонами 2013/14 до 2015/16, в сезоны 2016/7 до 2018/19 (когда уровень вакцинации против гриппа значительно возрос), смертность от гриппа упала на 9,2%, или в среднем 2128 годовых смертей от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания. Наши результаты являются свидетельством в поддержку дополнительного увеличения уровня вакцинации против гриппа, особенно среди людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и пожилых людей, использование четырехвалентной вакцины против гриппа, а также применение противовирусных препаратов в определенных группах населения во периоды активной циркуляции гриппа.

Ключевые слова: грипп, смертность, грипп А/Н3N2, грипп А/Н1N1, грипп В/Ямагата, болезни системы кровообращения, болезни органов дыхания

**INFLUENZA-ASSOCIATED MORTALITY FOR CIRCULATORY
AND RESPIRATORY CAUSES DURING THE 2013–2014
THROUGH THE 2018–2019 INFLUENZA SEASONS IN RUSSIA**

Goldsteyn E.M.

Harvard TH Chan School of Public Health, Boston, e-mail: egoldste@hsph.harvard.edu

Information on influenza-associated mortality in Russia is limited. Using previously developed methodology, we regressed the monthly rates of mortality in Russia (Rosstat data) for respiratory causes, as well as circulatory causes linearly against the monthly proxies for the incidence of influenza A/H3N2, A/H1N1 and B (obtained using data from the Smorodintsev Research Institute of Influenza (RII)), adjusting for the baseline rates of mortality not associated with influenza circulation and temporal trends. For the 2013/14 through the 2018/19 seasons, influenza circulation was associated with an average annual 17821 (95% CI(9723,25918)) deaths for circulatory causes and 4174 (3252,5095) deaths for respiratory causes, with the largest number of influenza-associated deaths (30098 (17618,42578) for circulatory causes and 6793 (5369,8216) for respiratory causes) estimated during the 2014/15 influenza season. The biggest contributor to both circulatory and respiratory influenza-associated deaths was influenza A/H3N2, followed by influenza B and A/H1N1. Compared to the 2013/14 through the 2015/16 seasons, during the 2016/17 through the 2018/19 seasons (when levels of influenza vaccination were significantly higher), the volume of influenza-associated mortality declined by about 9.2%, or 2128 annual respiratory and circulatory deaths. Those results support the potential utility of further extending the levels of influenza vaccination, the use of quadrivalent influenza vaccines, and extra efforts for protecting individuals with circulatory disease in Russia, including vaccination and the use of antiviral medications.

Keywords: influenza, mortality, influenza A/H3N2, influenza A/H1N1, influenza B/Yamagata, circulatory mortality, respiratory mortality

Основные подтипы гриппа (А/Н3N2, А/Н1N1 и В) ежегодно циркулируют в Российской Федерации [1–3]. Подобные эпидемии приводят к значительному уровню смертности в странах северного полушария [4–6], включая смертность от болезней системы кровообращения [4, 7]; известно также, что

инфекция гриппа связана с рядом сердечно-сосудистых осложнений [8, 9]. В то же время информация о вкладе гриппа в смертность в Российской Федерации ограничена. Ежегодные оценки количества смертей с диагностированным гриппом предположительно отражают только малую долю

(несколько процентов) всех смертей, ассоциированных с гриппом (т.е. смертей, для которых инфекция гриппа является триггером, а не только смертей, при которых грипп диагностирован), особенно среди старших возрастных групп, а также для смертей от болезней системы кровообращения. Например в [9] показано, что лабораторно подтвержденный грипп увеличивает риск инфаркта примерно в 6 раз. Это значит, что приблизительно 5 из 6 инфарктов у людей с заболеванием гриппа являются «избыточными»; при этом в каждом конкретном случае установить роль гриппа в инфаркте непросто, и грипп диагностируется крайне редко при подобных инфарктах и связанных с ними смертями. Отметим также, что уровень смертности от болезней системы кровообращения в России высок, и что при эпидемиях гриппа скачки в уровне смертности от болезней системы кровообращения по абсолютной величине заметно превышают скачки в уровне смертности от болезней органов дыхания (рис. 1, 3, 4). В дополнение к этому случаи смерти с диагностированным гриппом могут неверно отражать относительный вклад разных подтипов гриппа (А/Н3N2, А/Н1N1 и В) в смертность, ассоциированную с гриппом. При эпидемиях гриппа А/Н1N1, распределение по возрасту у смертей с диагностированным гриппом значительно моложе, чем при эпидемиях гриппа А/Н3N2 и В [2]. Соответственно, смерти, ассоциированные с гриппом А/Н1N1, чаще диагностируемы, чем смерти, ассоциированные с гриппом А/Н3N2 и В. Действительно, грипп А/Н1N1 был самой распространенной причиной диагностированных смертей с гриппом даже в сезон 2014/15, когда циркуляция гриппа А/Н1N1 была мала [3]. Все это говорит о том, что необходима иная методология, чем изучение смертей с диагностированным гриппом для того, чтобы лучше оценить бремя смертности от разных болезней в разных возрастных группах, ассоциированной с основными подтипами гриппа (А/Н3N2, А/Н1N1, В) в разные годы, и лучше понять эффект недавнего увеличения уровня вакцинации против гриппа в РФ на смертность, ассоциированную с гриппом.

В наших ранних работах [4, 7] мы ввели статистический метод для оценки уровня смертности и госпитализаций, ассоциированных с гриппом, разработанный с целью устранения ряда ограничений в предыдущей методологии оценки уровня смертности и госпитализаций от респираторных вирусов. Одним из важных аспектов этой методологии является использование

«индексов» циркуляции гриппа А/Н3N2, А/Н1N1 и В, которые пропорциональны уровням инфекций с соответствующими вирусами в населении. Эти (недельные или месячные) индексы строятся из данных о медицинских консультациях с симптомами гриппа/ОРВИ, а также данных о тестировании респираторных образцов у людей с симптомами гриппа/ОРВИ на разные подтипы гриппа [4]. Мы использовали индексы циркуляции основных подтипов гриппа (А/Н3N2, А/Н1N1 и В) для того, чтобы оценить смертность, ассоциированную с гриппом в разных возрастных группах для различных причин смерти в США [4, 7]. Впоследствии этот метод был применен для оценки уровня смертности, ассоциированной с гриппом в ряде других стран [5, 6]. В этой статье мы определили и вычислили аналогичные индексы циркуляции гриппа используя эпидемиологические данные института гриппа им. Смородинцева [10]. Эти индексы циркуляции гриппа были использованы в сочетании с месячными данными Росстата о смертности [11] в рамках статистической модели, разработанной в [4, 7] для того, чтобы оценить смертность, ассоциированную с гриппом в сезоны с 2013/14 до 2018/19 в РФ.

Цель исследования: оценка смертности от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания, ассоциированной с гриппом в Российской Федерации во время сезонов гриппа с 2013/14 до 2018/19, включая относительный вклад гриппа А/Н3N2, А/Н1N1 и В в эту смертность, и изменения в уровнях смертности, ассоциированной с гриппом после увеличения уровня вакцинации против гриппа начиная с сезона 2016/17.

Материалы и методы исследования

Данные

Данные Росстата о месячной смертности от болезней органов дыхания и от болезней системы кровообращения доступны в [11]. Средние ежедневные уровни смертности на 100,000 человек по месяцам были получены из соответствующего месячного количества смертей и данных Росстата о количестве населения.

Недельные данные о заболеваемости гриппом/ОРВИ на 10,000 человек в РФ доступны в [10]. Недельные данные о проценте респираторных образцов у пациентов с симптомами гриппа/ОРВИ, ПЦР-положительных на каждый из основных подтипов гриппа (А/Н3N2, А/Н1N1, В) также содержатся в [10] (в разделе Лабораторная диагностика гриппа и ОРВИ).

Индексы циркуляции гриппа

Только часть пациентов с симптомами гриппа/ОРВИ заражены вирусом гриппа. Мы оценили недельные индексы циркуляции для каждого из основных подтипов гриппа (А/Н3N2, А/Н1N1, В) следующим образом

Недельный индекс циркуляции для данного подтипа гриппа = (Уровень заболеваемости гриппом/ОРВИ) * (% респираторных образцов, ПЦР-положительных на данный подтип гриппа). (1)

Как отмечалось в [4], недельные индексы циркуляции для каждого подтипа гриппа пропорциональны недельным уровням заболеваемости от данного подтипа гриппа в населении – по сути, эти индексы равны уровню заболеваемости от данного подтипа гриппа на 10,000 человек умноженными на чувствительность ПЦР-теста. Месячные индексы циркуляции для каждого из основных подтипов гриппа определяются как *взвешенная сумма* недельных индексов циркуляции данного подтипа гриппа, а именно, для данного месяца и подтипа гриппа мы суммируем недельные индексы циркуляции гриппа данного подтипа для тех недель, которые пересекаются с данным месяцем, помноженные на количество общих дней у данных месяца и недели (7 дней, если неделя полностью содержится в данном месяце), и в конце делим полученный результат на количество дней в данном месяце. Наконец, для того, чтобы связать индексы циркуляции гриппа со смертностью, ассоциированной с гриппом, мы учитываем время между заболеваемостью гриппом и смертью и сдвигаем недельные индексы циркуляции на неделю вперед ([4, 7]), а затем из этих сдвинутых недельных индексов получаем месячные индексы, как описывается выше в этом абзаце.

Вирусы гриппа В делятся на две основные линии: В/Виктория и В/Ямагата. Распределение по возрасту у больных гриппом В/Виктория значительно моложе, чем у больных гриппом В/Ямагата [12], а смертность от гриппа В в основном отражает смерти среди старших слоев населения. Соответственно, при данном индексе циркуляции гриппа В/Виктория, связанная с этими инфекциями смертность в населении может сильно отличаться (предположительно, быть в разы меньше) от смертности, связанной с гриппом В/Ямагата при таком же индексе циркуляции. Грипп В/Ямагата преобладал в циркуляции гриппа В в сезоны 2013/14,

2014/15, 2017/18, и 2018/19 (сезон определяется как период с сентября по июнь), а грипп В/Виктория преобладал в сезоны 2015/16 и 2016/17 [10]. Соответственно, чтобы сопоставить индексы циркуляции гриппа В со связанной с ними смертностью, мы разбиваем индекс циркуляции гриппа В на два: индекс в сезоны 2013/14, 2014/15, 2017/18, и 2018/19 (который мы назовем индекс В/Ямагата), и индекс в сезоны 2015/16 и 2016/17 (который мы назовем индекс В/Виктория). На рис. 2 изображены месячные индексы циркуляции гриппа А/Н3N2, А/Н1N1, В/Ямагата и В/Виктория в период с 07/2013 до 07/2019. Мы также отметим, что аналогичные индексы циркуляции гриппа могут служить индикаторами уровня циркуляции гриппа в реальное время в будущие сезоны гриппа.

Статистический анализ

Мы связываем месячные индексы циркуляции гриппа с месячными уровнями смертности в России (отдельно для смертности от болезни органов дыхания и болезней системы кровообращения) следующим образом: Пусть $C(m)$ будет уровень соответствующей смертности в месяц m ($m=1$ для 07/2013; $m=73$ для 07/2019), и $A/H3N2(m)$, $A/H1N1(m)$, $B/Ямагата(m)$, $B/Виктория(m)$ будут соответствующие индексы циркуляции гриппа в месяц m . Тогда

$$C(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot A/H3N2(m) + \beta_2 \cdot A/H1N1(m) + \beta_3 \cdot B/Ямагата(m) + \beta_4 \cdot B/Виктория(m) + \text{Базовый уровень}(m) + \text{Тренд}(m) + \text{Белый шум}. \quad (2)$$

«Базовый уровень (m)» отражает ожидаемый уровень смертности от данного класса болезней, не связанной с гриппом в месяц m – предполагается, что этот уровень периодичен с годовой периодичностью. Мы моделируем «Базовый уровень (m)» как

$$\text{Базовый уровень}(m) = \beta_5 \cdot \cos\left(\frac{2\pi m}{12}\right) + \beta_6 \cdot \sin\left(\frac{2\pi m}{12}\right) + \beta_7 \cdot \text{Янв}. \quad (3)$$

Здесь переменное «Янв» равно 1 для января и нулю для других месяцев. Это переменное включено в регрессионную модель потому, что месячные данные о смертности [11] являются оперативными, и данные, не внесенные в систему в течение календарного года переносятся на январь следующего года [13]. Более того, наличие январского эффекта на смертность от болезни системы кровообращения в России

было выявлено в [14]. Мы также отметим по поводу тригонометрической модели в уравнении (3), что предыдущие работы показали, что выбор модели для базовых уровней смертности имеет ограниченное влияние на оценки уровня смертности, ассоциированной с гриппом (дополнительная информация в статье [4]). Тренд (м) отражает временные тенденции в смертности от данного класса болезней. Тренд (м) моделируется как многочлен низкой степени от месяца м. Мы используем информационный критерий Акаике (AIC) для выбора параметров в модели в уравнении (2). При каждом шаге параметр, чье удаление из модели приводит к максимальному уменьшению оценки AIC (если таковое возможно), опускается. Это приводит к соответствующим регрессионным моделям для смертности от болезней органов дыхания и болезней системы кровообращения

$$\begin{aligned}
 & \text{Болезни органов дыхания} \\
 & C_{\text{дыхание}}(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot A/H3N2(m) + \\
 & + \beta_2 \cdot A/H1N1(m) + \beta_3 \cdot В/Ямагата(m) + \\
 & + \beta_4 \cdot \sin\left(\frac{2\pi m}{12}\right) + \beta_5 \cdot Янв(m) + \beta_6 \cdot m + \beta_7 \cdot m^2 + \\
 & + \beta_8 \cdot m^3 + \text{Белый шум.} \quad (4)
 \end{aligned}$$

Болезни системы кровообращения

$$\begin{aligned}
 & C_{\text{кровообращение}}(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot A/H3N2(m) + \\
 & + \beta_2 \cdot A/H1N1(m) + \beta_3 \cdot В/Ямагата(m) + \\
 & + \beta_4 \cdot \sin\left(\frac{2\pi m}{12}\right) + \beta_5 \cdot Янв(m) + \beta_6 \cdot m + \\
 & + \beta_7 \cdot m^2 + \text{Белый шум.} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Результаты исследования и их обсуждение

Рис. 1 отображает ежедневный уровень смертности от болезней органов дыхания на миллион человек, и от болезней системы кровообращения на 100 000 человек в РФ по месяцам в период с 07/2013 до 07/2019. Рис. 2 отображает месячные индексы циркуляции гриппа $A/H3N2(m)$, $A/H1N1(m)$, $В/Ямагата(m)$, $В/Виктория(m)$ в период с 07/2013 до 07/2019. Отметим, что есть хорошее временное соответствие между высокой циркуляцией гриппа и скачками в смертности, за исключением циркуляции гриппа $В/Виктория$ в сезон 2016/17. Отсутствие соответствующего сигнала в кривой смертности при высокой циркуляции гриппа $В/Виктория$ может быть объяснено тем, что этот грипп относительно редко поражает немолодых людей [12].

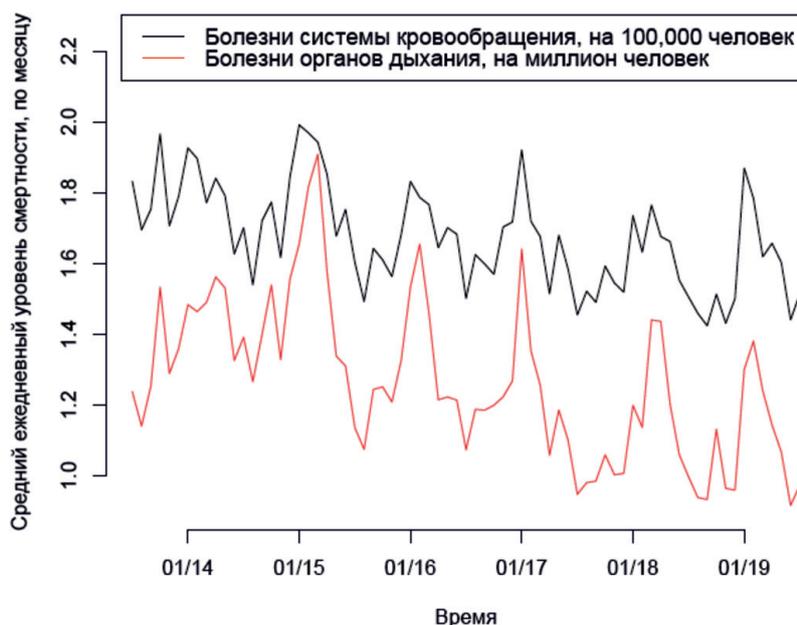


Рис. 1. Средний ежедневный уровень смертности от болезней органов дыхания на миллион человек и от болезней системы кровообращения на 100 000 человек в РФ по месяцам с 07/2013 до 07/2019

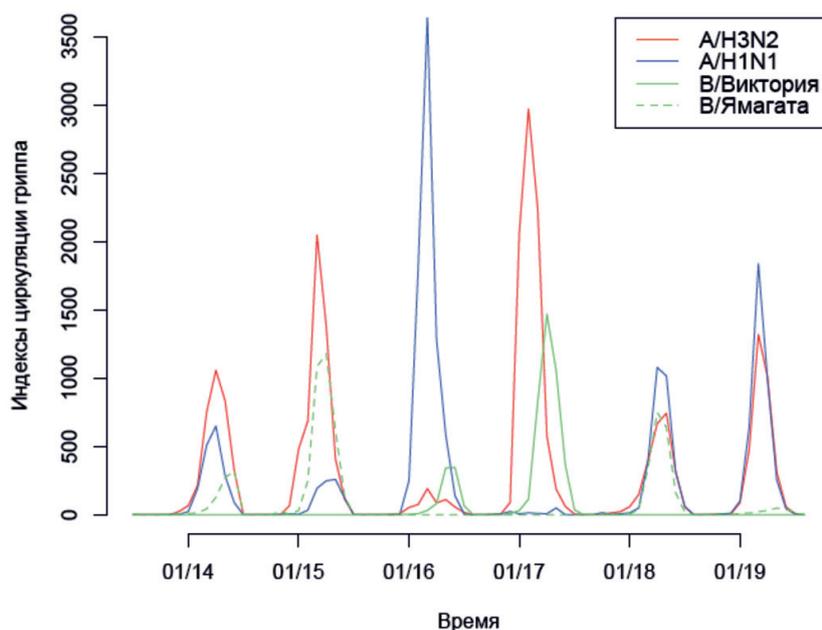


Рис. 2. Месячные индексы циркуляции гриппа A/H3N2, A/H1N1 и B (уравнение (1)) в РФ в период с 07/2010 до 07/2019

Рис. 3 отображает результаты модели для смертности от болезней органов дыхания, заданной уравнением (4). Рис. 4 отображает результаты модели для смертности от болезней системы кровообращения, заданной уравнением (5). Результаты моделей достаточно последовательно отражают уровни смертности, особенно для болезней органов дыхания. Это дает подтверждение уместности структуры нашей модели, выражающей месячные уровни смертности через вклад гриппа в дополнение к регулярному образцу (базовые уровни + тренд).

В табл. 1 представлены оценки годового вклада гриппа в смертность от болезней органов дыхания, и болезней системы кровообращения для каждого из сезонов гриппа с 2013/14 по 2018/19 (сезон определяется как период с сентября по июнь), а также среднегодовые значения за этот период времени (6 сезонов). Мы оценили, что в среднем 17821 (95% ДИ(9723,25918)) годовых смертей от болезней системы кровообращения и 4174 (3252,5095) смертей от болезней органов дыхания в сезоны с 2013/14 до 2018/19 были ассоциированы с гриппом. Наибольшая смертность как от болезней системы кровообращения (30098 (17618,42578)), так и от болезней органов дыхания (6793 (5369,8216)), ассоциированная с гриппом была оценена в сезон 2014/15, когда дрейфовые варианты

гриппа A/H3N2 и B/Ямагата циркулировали в России [10]. В сезон 2014/15, высокая смертность, связанная с циркулирующей гриппа A/H3N2 и B/Ямагата была зафиксирована и в ряде других стран [5]. Уровень вакцинации против гриппа в России возрос начиная с сезона 2016/17. По сравнению с сезонами 2013/14 до 2015/16, в сезоны 2016/17 до 2018/19 смертность, ассоциированная с гриппом, упала на 9,2%, или в среднем 2128 годовых смертей от болезни системы кровообращения и болезни органов дыхания. Наконец, мы отметим высокий уровень смертности от болезней системы кровообращения, ассоциированной с гриппом, которая превышает уровень смертности от болезней органов дыхания, ассоциированной с гриппом в 4,27 раза. В США отношение между уровнем смертности от болезней системы кровообращения и уровнем смертности от болезней органов дыхания, ассоциированной с гриппом, в период 1997–2007 оценивается в 1,35 [4]. При этом соотношение общего количества смертей от болезней системы кровообращения к количеству смертей от болезней органов дыхания в России (14 к 1 в 2018 г., [11]) значительно превышает соотношение общего количества смертей от болезней системы кровообращения к количеству смертей от болезней органов дыхания в США (3,08 к 1 в 2017 г. [15]).



Рис. 3. Средний ежедневный уровень смертности от болезней органов дыхания 100 000 человек в РФ по месяцам с 07/2013 до 07/2019 (черная кривая), результаты модели (красная кривая), и базовый уровень смертности, не связанной с гриппом + тренд (зеленая кривая). Вклад гриппа в смертность равен разнице между красной и зеленой кривыми



Рис. 4. Средний ежедневный уровень смертности от болезней системы кровообращения 100 000 человек в РФ по месяцам с 07/2013 до 07/2019 (черная кривая), результаты модели (красная кривая), и базовый уровень смертности, не связанной с гриппом + тренд (зеленая кривая). Вклад гриппа в смертность равен разнице между красной и зеленой кривыми

Таблица 1
Количество смертей от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания, ассоциированных с гриппом, в сезоны с 2013/14 до 2018/19 в РФ, и годовое среднее для соответствующих 6-и сезонов гриппа

Сезон	Болезни системы кровообращения	Болезни органов дыхания
2013/14	13430 (7415, 19446)	3070 (2386, 3754)
2014/15	30098 (17618, 42578)	6793 (5369, 8216)
2015/16	12174 (502, 23845)	3612 (2283, 4941)
2016/17	18025 (5111, 30938)	3513 (2046, 4979)
2017/18	19786 (11205, 28368)	4788 (3807, 5769)
2018/19	13412 (5163, 21661)	3268 (2330, 4205)
Годовое среднее	17821 (9723, 25918)	4174 (3252, 5095)

В табл. 2 представлены оценки среднего годового количества смертей от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания, ассоциированных с основными подтипами гриппа, в сезоны с 2013/14 до 2018/19 в РФ. Мы оценили, что в тот период среди смертей, ассоциированных с гриппом, 46,1 % смертей от болезней системы кровообращения и 38,2 % смертей от болезней органов дыхания были связаны с гриппом А/Н3N2 (табл. 1 и 2); 22,5 % смертей от болезней системы кровообращения и 29,7 % смертей от болезней органов дыхания были связаны с гриппом А/Н1N1; 31,4 % смертей от болезней системы кровообращения и 32,1 % смертей от болезней органов дыхания были связаны с гриппом В.

Таблица 2
Среднее годовое количество смертей от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания, ассоциированных с гриппом А/Н3N2, А/Н1N1 и В в сезоны с 2013/14 до 2018/19 в РФ

Подтип гриппа	Болезни системы кровообращения	Болезни органов дыхания
А/Н3N2	8221 (2290, 14152)	1593 (919, 2267)
А/Н1N1	4008 (-219, 8235)	1239 (758, 1721)
В	5592 (1969, 9214)	1342 (928, 1756)

Отметим, что ограничение нашей статьи заключается в том, что мы использовали месячные, оперативные данные о смертности [11], а не недельные данные. Данные о смертности, стратифицированные по неделям/возрастным группам, помогут лучше понять эпидемиологию смер-

ности, связанной с циркуляцией гриппа в России – см., например, [7, 5].

Заключение

Информация о смертности, ассоциированной с гриппом в РФ, ограничена и в основном базируется на данных о смертях с диагностированным гриппом. Эти смерти представляют только малую долю всех смертей, ассоциированных с гриппом, и не позволяют оценить вклад разных подтипов гриппа в смертность, связанную с гриппом, а также уровень смертности от разных болезней, ассоциированной с гриппом (Введение). В этой статье мы применили ранее разработанную методологию, которая уже была использована для оценки уровня смертности, ассоциированной с гриппом в ряде стран [4–6] для того, чтобы оценить уровень смертности от болезней органов дыхания и болезней системы кровообращения, ассоциированной с гриппом в РФ в сезоны гриппа с 2013/14 до 2018/19. Наши оценки подтверждают и квантифицируют наблюдаемую связь между высокой циркуляцией гриппа и повышением уровня смертности от болезней системы кровообращения и болезней органов дыхания. Мы нашли значительный вклад гриппа, особенно гриппа А/Н3N2, но также гриппа А/Н1N1 и В/Ямагата в смертность, особенно от болезней системы кровообращения. Мы также нашли эффект недавнего увеличения уровня вакцинации на смертность от гриппа (уменьшение в среднем на 2100 смертей в год начиная с сезона 2016/17). Наши результаты являются свидетельством в поддержку дополнительного увеличения уровня вакцинации против гриппа, особенно среди людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и пожилых людей, а также применения противовирусных препаратов, особенно для представителей групп риска, таких как люди с сердечно-сосудистыми и другими хроническими заболеваниями и пожилые люди, включая применение в амбулаторных условиях при симптомах гриппа в периоды высокого уровня циркуляции гриппа. Вклад гриппа В/Ямагата в смертность, особенно в сезоны, когда этот вид гриппа не содержался в трехвалентной вакцине, является свидетельством в поддержку использования четырехвалентных вакцин против гриппа. Мы также надеемся, что эта работа послужит стимулом для более подробного изучения эпидемиологии тяжелых последствий эпидемий гриппа в России, основанного на более гранулярных данных, в целях планирования усилий по уменьшению смертности и других тяжелых последствий, связанных с эпидемиями гриппа.

Список литературы

1. Карпова Л.С., Волик К.М., Столяров К.А., Поповцева Н.М., Столярова Т.П., Соминина А.А., Бурцева Е.И. Особенности эпидемического процесса при гриппе А(H1N1) PDM09 и А(H3N2) в России с 2009 по 2017 г. // Вопросы вирусологии. 2018. № 63 (4).
2. Львов Д.К., Бурцева Е.И., Кириллова Е.С., Колобухина Л.В., Мукашева Е.А., Трушакова С.В., Феодоритова Е.Л., Меркулова Л.Н., Краснослободцев К.Г., Гарина Е.О., Федякина И.Т., Аристов В.А., Варгания Р.В., Кистенёва Л.Б., Дерябин П.Г., Прилипов А.Г., Росаткевич А.Г., Бреслав Н.В., Кружкова И.С., Беляев А.Л. Дрейфовая изменчивость вируса гриппа а(h3n2): биологические, антигенные и генетические свойства в эпидемическом сезоне 2016–2017 гг. в России и странах северного полушария // Вопросы вирусологии. 2018. № 63 (2). С. 61–68.
3. Карпова Л.С., Поповцева Н.М., Столярова Т.П., Коновалова Н.И., Еропкин М.Ю., Бурцева Е.И., Феодоритова Е.Л., Соминина А.А. Эпидемия гриппа в России в сезон 2014–2015 гг. // MIR J. 2015. № 2(1). С. 19–27. DOI: 10.18527/2500-2236-2015-2-1-19-27.
4. Goldstein E., Viboud C., Charu V., Lipsitch M. Improving the estimation of influenza-related mortality over a seasonal baseline. *Epidemiology*. 2012. Vol. 23(6). P. 829–838.
5. Pebody R.G., Green H.K., Warburton F., Sinnathambay M., Ellis J., Molbak K., Nielsen J., de Lusignan S., Andrews N. Significant spike in excess mortality in England in winter 2014/15 – influenza the likely culprit. *Epidemiol Infect*. 2018. Vol. 146 (9). P. 1106–1113.
6. Nielsen J., Krause T.G., Molbak K. Influenza-associated mortality determined from all-cause mortality, Denmark 2010/11–2016/17: The FluMOMO model. *Influenza Other Respir Viruses*. 2018. Vol. 12 (5). 591–604.
7. Quandelacy T.M., Viboud C., Charu V., Lipsitch M., Goldstein E. Age- and Sex-related Risk Factors for Influenza-associated Mortality in the United States Between 1997-2007. *Am. J. Epidemiol*. 2014. Vol. 179 (2). P. 156–167.
8. Mamas M.A., Fraser D., Neyses L. Cardiovascular manifestations associated with influenza virus infection. *Int. J. Cardiol*. 2008. Vol. 130 (3). P. 304–309.
9. Kwong J.C., Schwartz K.L., Campitelli M.A., Chung H., Crowcroft N.S., Karnauchow T., Katz K., Ko D.T., McGeer A.J., McNally D., Richardson D.C., Rosella L.C., Simor A., Smieja M., Zahariadis G., Gubbay J.B. Acute Myocardial Infarction after Laboratory-Confirmed Influenza Infection. *N. Engl. J. Med*. 2018. Vol. 378(4). P. 345–353.
10. Научно-исследовательский институт гриппа им. А.А. Смородинцева. Ситуация по гриппу в России и мире. 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://www.influenza.spb.ru/system/epidemic_situation/situation_on_a_flu (дата обращения: 15.11.2019).
11. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Число зарегистрированных умерших по основным классам и отдельным причинам смерти (оперативные данные). 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicator/33559> (дата обращения: 15.11.2019).
12. Caini S., Kuszniierz G., Garate V.V., Wangchuk S., Thapa B., de Paula Júnior F.J., Ferreira de Almeida W.A., Njouom R., Fasce R.A., Bustos P., Feng L., Peng Z., Araya J.L., Bruno A., de Mora D., Barahona de Gámez M.J., Pebody R., Zambon M., Higueros R., Rivera R., Kosasih H., Castrucci M.R., Bella A., Kadjo H.A., Daouda C., Makusheva A., Bessonova O., Chaves S.S., Emukule G.O., Héraud J.M., Razanajatovo N.H., Barakat A., El Falaki F., Meijer A., Donker G.A., Huang Q.S., Wood T., Balmaseda A., Palekar R., Arévalo B.M., Rodrigues A.P., Guiomar R., Lee V.J.M., Ang L.W., Cohen C., Treurnicht F., Mironenko A., Holubka O., Bresee J.M., Brammer L., Le M.T.Q., Hoang P.V.M., El Guerche-Séblain C., Paget J. Global Influenza B Study team. The epidemiological signature of influenza B virus and its B/Victoria and B/Yamagata lineages in the 21st century. *PLoS One*. 2019. Vol. 14 (9):e0222381.
13. Министерство Здравоохранения Российской Федерации. Анализ причин смерти: Справка. 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://static-3.rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/027/019/original/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD_%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8.pdf?1439392257 (дата обращения: 15.11.2019).
14. Хансулин В.И., Гафаров В.В., Воевода В.И., Артамонова М.В. Показатели смертности от болезней органов кровообращения в зависимости от среднегодовой температуры воздуха и географической широты проживания в РФ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6–2. С. 255–259.
15. US Centers for Disease Control and Prevention. CDC Wonder. 1999-2017 Multiple Cause of Death Request. 2019. [Electronic resource]. URL: <https://wonder.cdc.gov/mcd-icd10.html> (date of access: 15.11.2019).

УДК 631.416.3:631.472:631.483

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МОНОМЕРОВ И ПОЛИМЕРОВ КРЕМНИЕВЫХ КИСЛОТ В СВЯЗИ С КИСЛОТНОСТЬЮ И ГУМУСИРОВАННОСТЬЮ ПОЧВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПО НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлов А.В., Уромова И.П.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru

В работе представлены результаты сравнительно-географического анализа некоторых химических показателей основных типов почв, встречающихся на территории Нижегородской области. В период 2017–2019 гг. в рамках летних полевых студенческих практик было заложено несколько почвенных разрезов в различных почвенно-климатических подзонах региона, в том числе разрезы типичной подзолистой и дерново-подзолистой почвы, а также разрезы типичной серой лесной почвы и типичного чернозема. Образцы с генетических горизонтов почв были проанализированы по показателям содержания гумуса, мономеров, полимеров кремниевых кислот и кислоторастворимого кремния, а также уровня актуальной и обменной кислотности на базе Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды и Лаборатории географии почв и геохимии ландшафтов Мининского университета. Было установлено, что среди трех исследованных форм кремния содержание мономерной формы минимально в почвах подзолистого типа, причем чем активнее развит в профиле подзолообразовательный процесс, тем меньше накопление мономеров кремния. Подобные тенденции прослеживались и в отношении полимеров кремниевых кислот и кислоторастворимых фракций Si. Наибольшее количество всех соединений кремния было установлено в почвах с развитым дерновым и гумусо-аккумулятивным процессами (типичные серые лесные почвы и типичные черноземы), что, по-видимому, связано не только со смещением водного режима территории в сторону непромытого типа, но также с накоплением гумусовых компонентов и снижением уровня кислотности в сторону нейтральной реакции. Подобные тенденции объясняют зависимость содержания подвижных соединений кремния в генетических горизонтах почвенных профилей от доминирующего почвообразовательного процесса.

Ключевые слова: мономеры и полимеры кремниевых кислот в профиле почвы, кислоторастворимые соединения кремния в почве, гумус, кислотность почвы, основные типы почв региона

COMPARATIVE ANALYSIS OF MONOMER CONTENT AND SILICON ACID POLYMERS DUE TO ACIDITY AND HUMUSINESS OF MAIN SOIL TYPES IN NIZHNY NOVGOROD REGION

Kozlov A.V., Uromova I.P.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru

The work presents results of comparative-geographical analysis of some chemical indicators of main soil types found in territory of the Nizhny Novgorod region. In the period 2017-2019, within the framework of summer field student practices, several soil sections were laid in various soil-climatic sub-areas of the region, including sections of typical sod-podzolic and cespitose sod-podzolic soil, as well as sections of typical grey forest soil and typical chernozem. Samples from the genetic horizons of soils were analyzed according to the content of humus, monomers, polymers of silicon acids and acid-soluble silicon, as well as the level of current and metabolic acidity on basis of the Ecological Analytical Laboratory for Monitoring and Protection of the Environment and the Laboratory of Soil Geography and Geochemistry of Landscapes of Minin University. It has been found, that among three forms of silicon studied, content of monomer form is minimal in the soils of the sod-podzolic type, and the more active the sod-podzolic process is developed in the profile, the less the accumulation of the silicon monomer. Similar trends have been observed with respect to silicon acid polymers and acid soluble Si fractions. The largest amount of all silicon compounds was found in soils with developed turf and humus-battery processes (typical grey forest soil and typical chernozem), which seems to be due not only to shift of water regime of the territory towards non-washing type, but also to the accumulation of humus components and decrease of level of acidity towards neutral reaction. Such trends explain dependence of content of movable silicon compounds in genetic horizons of soil profiles on dominant soil formation process.

Keywords: monomers and polymers of silicon acids in soil profile, acid-soluble silicon compounds in soil, humus, soil acidity, main soil types of the region

В настоящее время в научном обществе среди ученых геологов, биологов и почвоведов отношение к элементу кремнию до сих пор остается двояким. С одной стороны, данный элемент отнесен к разряду инертных по причине как значительной распро-

странности в земной коре и в почвах, так и высокой устойчивости к выветриванию. По этим причинам кремниевые соединения являются основными в составе большинства минералов, которые, в свою очередь, формируют скелет почвы и ее структурное

состояние [1, 2]. С другой стороны, соединения кремния и в особенности его растворимые и кислотные формы, наряду с фосфором, кальцием и магнием, относятся к элементам, обладающим высокой степенью подвижности и биогеохимической миграции в системах «почва – материнская порода», «почва – растение», «почва – вода», «вода – литологическая основа» [3, 4]. Данный факт определяет участие кремния и его соединений в различных геологических и биологических процессах.

В почвенном растворе постоянно присутствуют монокремниевые и поликремниевые кислоты, а также кремнийорганические соединения, которые обладают высокой химической и биологической активностью. В первом приближении физико-химический преобразование кремниевых соединений в почвах сводится к следующему. Мономеры кремниевых кислот образуются при постепенном растворении преимущественного аморфного (некристаллизованного) кремнезема, часть которых при условии наличия тонкодисперсных фракций (коллоидов) полимеризуется на их поверхности или в почвенном растворе. В свою очередь, полимеризация мономеров кремниевых кислот в коллоидной матрице происходит в диффузном слое, а в почвенном растворе данный процесс протекает только при условии значительно повышенной концентрации мономеров [3, 5]. Таким образом в почве происходит формирование динамического запаса мономеров и полимеров кремниевых кислот.

С точки зрения агрохимии интерес к кремнию как к элементу питания сельскохозяйственных культур берет свое начало еще со времен второй половины XIX в. с начальных исследований Юстуса фон Либиха на Ротамстедской опытной станции (Великобритания) и до сих пор не теряет своей значимости [6]. Причиной тому является отсутствие единого, комплексного представления о физико-химическом взаимодействии кремниевых веществ в почвах и их роли в системе «почва – растение», отдельно – в физиологии и биохимии растений и животных организмов, а также микроорганизмов, в том числе и почвообитающих, деструктирующая функция которых, в свою очередь, имеет непосредственное отношение к динамике мономеров и полимеров кремниевых кислот в почве [7]. В настоящее время данные вопросы остаются актуальными [5, 7].

Агрономическая ценность активных кремниевых компонентов в почвах высока, поскольку те, усваиваясь культурными растениями, способствуют не только прямому

увеличению их урожайности и качества продукции, но также за счет физиологической оптимизации растительного организма повышают его устойчивость к неблагоприятным факторам агроэкотопа: перепады температурного фона, увлажненности дневных горизонтов почвы и воздуха; фитосанитарные условия; мера засоленности почвы и т.д. [8–10].

Известно, что комплекс почвообразовательных процессов, длительное время происходящих в сезонном динамическом равновесии в теле почвенного профиля, эволюционно сформировал его основные генетические горизонты, обладающие определенными качествами и свойствами [1, 11, 12]. В свою очередь, определенный набор базовых и переходных сформированных горизонтов определяет направление и интенсивность физико-химических и биохимических процессов, протекающих соответственно в почвенно-поглощающем и почвенно-биотическом комплексах индивидуального генетического слоя [4, 13]. В настоящее время в почвоведении нет единой и завершенной теории о функциях активных соединений кремния в указанных выше процессах и комплексах [3, 5, 8], что определяет научный интерес к теме и актуальность изучения данного вопроса.

Цель исследования: сравнительный анализ содержания монокремниевых и поликремниевых кислот, а также кислоторастворимых фракций кремния в генетических горизонтах основных типов почв средней полосы России в зависимости от показателей их кислотности и гумусированности.

Материалы и методы исследования

Исследованию подверглись почвы, расположенные в различных почвенно-климатических подзонах Нижегородской области [14, 15]:

1. Подзолистая типичная освоенная обычная глубокоподзоленая неоглеенная легкосуглинистая почва (Городецкий район).

2. Дерново-подзолистая освоенная обычная мелкоподзоленая неоглеенная легкосуглинистая почва (Уренский район).

3. Типичная серая лесная освоенная обычная слабоподзоленая слабосмытая среднесуглинистая почва (Перевозский район).

4. Чернозем типичный обычный среднемоночный среднегумусный слабосмытый легкосуглинистый (Сеченовский район).

Закладка и описание разрезов почвенных профилей, а также отбор и лабораторный анализ проб почвы с генетических горизонтов проводились в период 2017–2019 гг.

в рамках выездной полевой учебной практики по географии почв, проводимой со студентами-географами, и выездной полевой учебной эколого-географической практики, проводимой со студентами-экологами.

Образцы доставлялись в Эколого-аналитическую лабораторию мониторинга и защиты окружающей среды и Лабораторию географии почв и геохимии ландшафтов Мининского университета, где впоследствии анализировались на определение показателей актуальной и обменной кислотности потенциметрическим методом (ГОСТ 26483-85), содержания монокремниевых, поликремниевых кислот и кислоторастворимых фракций кремния спектрофотометрическим методом В.В. Матыченкова [3], а также содержания гумуса – по ГОСТ 26213-91.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные табл. 1 и 2 отражают изменчивость показателей в генетических горизонтах почвенных профилей, в различной мере подвергшихся подзолообразовательному и иллювиальному процессам, а также

с разницей с активности гумусо-аккумулятивного ЭПП – типичной подзолистой глубокоподзоленной и дерново-подзолистой мелкоподзоленной легкосуглинистых почв.

Было установлено, что в процессе смены друг другом элювиально-иллювиальных горизонтов кислотность почвы существенно повышалась, причем в сильной мере – при более глубоком развитии подзолообразовательного процесса. Уровень значений рН, определенных из водной и солевой вытяжек, были выше в дерново-подзолистых почвах, что объясняется более выраженным дерновым процессом и меньшей интенсивностью процессов оподзоливания материнской породы. Вследствие данной вариабельности уровень накопления гумуса в почвах и его динамика вниз по профилю имели вполне четкое и закономерное распределение – большая часть гумусовых компонентов встречались в дневных горизонтах, затем шло плавное снижение их концентрации. При этом уровень концентрации гумуса оказался немного выше в почвах с развитым дерновым процессом.

Таблица 1

Показатели кислотности, гумусированности и содержания различных соединений кремния в типичной подзолистой глубокоподзоленной почве

№ п/п	Горизонт	Глубина, см	Кислотность, ед. рН			Соединения Si, мг/кг			Гумус, %
			рН _{вод.}	рН _{сол.}	ΔрН	моно-форма	поли-форма	кислото-раст.	
1	A _{ПАХ}	0–25	5,35	5,11	0,24	3,1	7,7	65,0	1,65
2	A ₂	26–50	3,99	3,62	0,37	1,6	15,5	38,2	0,32
3	B ₁	51–80	3,82	3,38	0,44	2,8	10,9	73,7	0,53
4	B ₂	81–110	3,98	3,41	0,57	3,2	19,8	111,7	0,11
5	BC	111–125	3,84	3,58	0,26	4,6	18,3	77,5	0,06

Таблица 2

Показатели кислотности, гумусированности и содержания различных соединений кремния в дерново-подзолистой мелкоподзоленной почве

№ п/п	Горизонт	Глубина, см	Кислотность, ед. рН			Соединения Si, мг/кг			Гумус, %
			рН _{вод.}	рН _{сол.}	ΔрН	моно-форма	поли-форма	кислото-раст.	
1	A _{ПАХ}	0–16	5,79	5,52	0,27	4,9	12,7	86,2	2,83
2	A ₂	17–20	4,24	4,08	0,16	2,8	26,1	47,5	0,96
3	B ₁	21–48	4,66	4,20	0,46	4,3	19,9	58,2	0,40
4	B ₂	49–85	4,07	3,72	0,35	5,6	32,8	162,5	0,34
5	BC	86–125	3,99	3,40	0,59	4,7	14,6	97,5	0,17
6	C	126–175	4,37	3,65	0,72	6,1	11,8	102,9	0,11

В исследовании было выявлено, что среди всех изученных профилей в почвах подзолистого ряда содержится минимальное количество обеих водорастворимых фракций кремния – мономеров и полимеров. При этом, несмотря на значительное содержание валового кремния в элювиальных горизонтах (A_2), представленного в основном инертным кварцем и полевыми шпатами, количество его растворимых соединений присутствовало в минимальном количестве.

С продвижением вниз по профилю накопление моно- и полимерных форм растворимого кремния повышалось вплоть до почвообразующей породы, чему причиной являются ярко выраженные иллювиальные процессы почв подзолистого ряда. Наибольший уровень концентрации данных соединений присутствовал в нижней части горизонта B_2 , в котором происходит интенсивное накопление вымываемого сверху вещества.

Содержание кислоторастворимых соединений кремния также уменьшалось в области интенсивного оподзоливания, но к иллювиальной зоне увеличивалось до уровня выше, чем в гумусо-аккумулятивных горизонтах.

Критерий ΔpH , показывающий разницу значений между актуальной и обменной кислотностью почв, косвенно свидетельствует о наличии определенной емкости катионного обмена, который в области интенсивного развития подзолообразовательного процесса профилей подзолов (табл. 1 и 2) имел разный уровень значений. В профиле типичных подзолов данный показатель был выше в горизонте A_2 относительно значения дневного горизонта, однако в профиле дерново-подзолистой почвы ΔpH оказался самым минимальным из всех, после которого он повышался вниз по профилю. В иллювиальных слоях данный показатель был одинаково высоким относительно зна-

чений по дневным горизонтам. Подобные тенденции прямым образом подтверждают элювиально-иллювиальное распределение вещества, доминирующее в профилях почв, которые встречаются на территории промывного водного режима, а также свидетельствуют о выносе мелкодисперсных обменно-активных частиц, коллоидов, кальция и магния вниз по профилю.

Изменение показателей в генетических горизонтах профилей почв дернового ряда представлено в табл. 3 и 4. Данные почвы образованы на нейтральных или карбонатных тяжелых породах, в их профилях преобладают дерновый и гумусо-аккумулятивный процессы, а элювиальный вынос вещества либо сведен к минимуму, либо практически отсутствует.

При анализе показателей актуальной и обменной кислотности почв четко отслеживается намеченная выше закономерность. В профиле типичных серых лесных почв с продвижением до горизонта B_2 кислотность повышалась, в этом горизонте значение pH становилось минимальным, после чего шло резкое увеличение значений вплоть до материнской породы, которая уже характеризовалась слабощелочной реакцией.

В профиле черноземов типичных подобной закономерности не наблюдалось по причине замедленной вертикальной миграции вещества из-за непромывного водного режима местности, а также за счет значительной карбонатности почвообразующих пород. Здесь показатели актуальной и обменной кислотности стабильно повышались с продвижением вниз по профилю, а значение ΔpH было максимально в нижней части гумусо-аккумулятивного горизонта и сопоставимо со значением материнской породы. Данные тенденции показывают классический пример преобладания дернового и гумусо-аккумулятивного процессов в черноземах, образованных на карбонатных отложениях.

Таблица 3

Показатели кислотности, гумусированности и содержания различных соединений кремния в типичной серой лесной почве

№ п/п	Горизонт	Глубина, см	Кислотность, ед. pH			Соединения Si, мг/кг			Гумус, %
			$pH_{\text{вод}}$	$pH_{\text{сол}}$	ΔpH	моно-форма	поли-форма	кислото-раст.	
1	$A_{\text{ПАХ}}$	0–20	6,46	5,90	0,56	7,4	25,8	91,2	3,42
2	BA_2	21–35	5,77	5,35	0,42	11,6	36,4	275,6	1,07
3	B_1	36–60	6,52	6,05	0,47	9,1	21,5	227,6	0,52
4	B_2	61–81	4,87	4,42	0,45	16,8	46,0	257,3	0,21
5	B_3	82–111	6,03	5,37	0,66	13,5	30,1	240,2	0,13
6	BC	112–130	7,17	6,93	0,24	8,2	18,4	225,8	0,07

Таблица 4

Показатели кислотности, гумусированности и содержания различных соединений кремния в черноземе типичном

№ п/п	Горизонт	Глубина, см	Кислотность, ед. рН			Соединения Si, мг/кг			Гумус, %
			pH _{вод.}	pH _{сол.}	ΔрН	моно-форма	поли-форма	кислото-раст.	
1	A ₁ '	0–26	6,33	5,77	0,56	18,3	9,1	243,9	7,60
2	A ₁ "	27–54	6,49	5,87	0,62	24,4	19,5	295,0	6,83
3	B ₁	55–88	7,32	7,04	0,28	43,6	25,7	332,4	5,73
4	BC	89–103	7,80	7,25	0,55	23,1	15,4	166,2	2,16
5	C	104–129	7,92	7,32	0,60	14,6	10,2	145,1	0,23

Содержание мономеров и полимеров кремниевых кислот в профиле типичной серой лесной почвы имело некоторую дифференциацию относительно горизонта B₁ – накопление данных форм кремния было сосредоточено в вышележащем переходном горизонте BA₂ (по-видимому, за счет начала элювиальных процессов в вертикали профиля), а наибольшая концентрация моно- и полимеров кремния сосредотачивалась в середине иллювиальной толщи (горизонт B₂).

В профиле же типичного чернозема общее накопление водорастворимых фракций кремния было немного меньше, чем в профиле типичных серых лесных почв, и не имело двойного распределения в верхних горизонтах профиля. Здесь присутствовала стабильная миграция мономеров и полимеров кремниевых кислот с последующим их накоплением в иллювиальном горизонте B₁.

Кроме того, нужно отметить, что среди всех рассматриваемых профилей в каждом генетическом горизонте профиле чернозема общий уровень содержания мономеров кремниевых кислот оказался выше уровня содержания поликремниевых кислот, что, по-видимому, было обусловлено удержанием процесса полимеризации моноформ кремниевых соединений за счет запасов влаги и наличия специфических органических веществ.

Относительно кислоторастворимых соединений кремния нужно сказать, что тенденция их распределения по профилям чернозема и серой лесной почвы была идентична тенденции распределения водорастворимых фракций, однако уровень концентрации данных соединений стабильно выше в почве верхних горизонтов чернозема, чем серой лесной почвы.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что сильная вы-

раженность подзолообразовательного процесса в профиле почв не способствует накоплению как мономерных, так и полимерных фракций кремниевых кислот. Иными словами, доминирующие в генезисе элювиальные процессы эволюционно способствовали избыточной вертикальной миграции многих компонентов из дневных горизонтов, в том числе и растворимых соединений кремния.

Содержание поликремниевых кислот в профилях изученных почв проявляет закономерность увеличенного количества относительно содержания монокремниевых кислот за исключением профиля черноземов типичных, в горизонтах которых мономерных форм кремния несколько больше, чем полимерных. Данная тенденция, по-видимому, обусловлена значительным запасом органических веществ в черноземах и преобладанием кальция и магния в ППК, которые способствуют удержанию большого количества свободной воды. В свою очередь данные обстоятельства не позволяют мономерам кремниевых кислот подвергаться полимеризации, что сохраняет их в активной моноформе.

В профилях почв подзолистого типа четко прослеживается элювиально-иллювиальная дифференциация вещества, в том числе и кислоторастворимых фракций кремния. В почвах дернового и гумусо-аккумулятивного ЭПП такая тенденция либо выражена слабо, либо практически отсутствует по причине нейтральности среды за счет повышающихся показателей актуальной и обменной кислотности вплоть до слабощелочной реакции.

Список литературы

1. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. М.: ГЕОС, 2003. 536 с.
2. Савич В.И., Седых В.А., Гераськин М.М. Охрана почв. М.: Проспект, 2016. 352 с.

3. Матыченков И.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П., Бочарникова Е.А., Матыченков В.В. Подвижные кремниевые соединения в системе почва – растение и методы их определения // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2016. № 3. С. 37–46.
4. Муха В.Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). М.: КолосС, 2004. 271 с.
5. Чао Л., Кси Б., Бочарникова Е.А., Матыченков В.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П. Влияние недостатка увлажнения и повышенного содержания соли на кремниевое состояние почв Европейской части России и Центрального Китая // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2018. № 3. С. 16–22.
6. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 687 с.
7. Kozlov A.V., Uromova I.P., Kuposova N.N., Novik I.R., Vershinina I.V., Avdeev Yu.M., Khamitova S.M., Naliukhin A.N., Kostin A.E., Mokretsov Yu.V. Optimization of the productivity of agricultural crops at application of natural minerals as ameliorants and mineral fertilizers on sod-podzolic soils. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018. T. 10. № 3. P. 677–680.
8. Козлов А.В., Уромова И.П. Оценка агроэкологического состояния чернозема оподзоленного в условиях агроэкосистемы юга Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2018. № 12. С. 63–69.
9. Уромова И.П. Агробиологическое и экологическое обоснование приемов возделывания картофеля, полученного методом апикальной меристемы, в условиях Волго-Вятского региона: дис. ... докт. сел.-хоз. наук. Брянск, 2009. 330 с.
10. Уромова И.П. Повышение биопотенциала картофеля с использованием биопрепаратов // Плодородие. 2008. № 4 (42). С. 28–29.
11. Дзюин А.Г. Влияние систем удобрений в длительном стационаре на продуктивность севооборота и агрохимические показатели почвы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 5. С. 103–108.
12. Наумов В.Д. География почв. Почвы России. М.: Проспект, 2016. 344 с.
13. Шапорина Н.А., Чичулин А.В., Чумбаев А.С. Пространственная вариабельность водно-физических свойств темно-серой лесной почвы в условиях Предсалаирья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 144–149.
14. Никитин Б.А., Гогмачадзе Г.Д. Пахотные почвы Нижегородской области. Н. Новгород: Типография Нижегородского госуниверситета, 2003. 176 с.
15. Полякова Н.В., Володина Е.Н., Платонычева Ю.Н. Рабочая классификация почв Нижегородской области. Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. 64 с.

УДК 582.28 (282.255.213)

АНАЛИЗ МИКРОМИЦЕТОВ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ БАССЕЙНА РЕКИ АТ-БАШИ КЫРГЫЗСТАНА

Мамбетказиева А.М.

*Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек,
e-mail: asel.mambetkazieva.85@mail.ru*

Одним из важнейших условий развития животноводства в Кыргызстане является создание прочной кормовой базы. Интенсивная эксплуатация естественных пастбищ и сенокосов привела к их истощению и засорению. Для их лучшего использования необходимо всестороннее изучение этих пастбищ и выявление возможности повышения их урожайности. Одной из причин ухудшения состояния пастбищ являются многочисленные грибные болезни, которые снижают урожай травостоя и вызывают преждевременное усыхание растений. В статье приводится анализ видового состава микромицетов дикорастущих и культурных кормовых растений бассейна реки Ат-Баши – 228 видов микромицетов из 86 родов, 43 семейств, 18 порядков, 8 классов, 3 отделов на представителях 120 видов растений из 65 родов, 19 семейств. Наибольшее количество видов грибов – из отдела *Ascomycota* – 137 (60%). Из них большим количеством видов представлены порядки *Capnodiales* – 52 (23%), *Pleosporales* – 39 (17%), *Helotiales* (4,5%) и *Erysiphales* – 9 видов (4%). Из отдела *Basidiomycota* зарегистрировано 79 видов (35%): из порядка *Pucciniales* – 54 (24%), *Ustilaginales* – 18 (8%), *Urocystidales* – 4 (2%), *Tilletiales* – 2 (1%). Незначительным количеством видов – 12 представлен отдел *Oomycota*. Впервые для Кыргызстана выявлены *Peronospora carniolica*, *Coniothyrium kalidii*, *Camarosporium salsolae*. Всего в бассейне реки Ат-Баши нами зарегистрировано 323 вида микромицетов из 148 родов, 46 семейств на 203 видах высших растений.

Ключевые слова: бассейн реки Ат-Баши, микромицеты, семейство, род, вид

ANALYSIS OF MICROMYCETES OF FODDER PLANTS OF THE AT-BASHI RIVER BASIN OF KYRGYZSTAN

Mambetkazieva A.M.

*Institute of Biology of Kyrgyz National Academy of Sciences, Bishkek,
e-mail: asel.mambetkazieva.85@mail.ru*

One of the most important conditions for the development of animal husbandry in Kyrgyzstan is the creation of a solid fodder base. Intensive exploitation of natural pastures and hayfields led to their depletion and clogging. For their best use, a comprehensive study of these pastures and the identification of the possibility of increasing their productivity is necessary. One of the reasons for the deterioration of the state of pastures is the numerous fungal diseases that reduce the yield of grass and cause premature drying of plants. The article provides an analysis of the species composition of micromycetes of feed (wild and cultivated) plants of the At-Bashi river basin – 228 species of micromycetes from 86 genera, 43 families, 18 orders, 8 classes, 3 divisions on representatives of 120 plant species from 65 genera, 19 plant families. The largest number of species of fungi was found from the *Ascomycota* department – 137 (60%). Of these, *Capnodiales* – 52 (23%), *Pleosporales* – 39 (17%), *Helotiales* (4.5%) and *Erysiphales* – 9 species (4%) are represented by a large number of species. 79 species (35%) were recorded from the *Basidiomycota* department: from the *Pucciniales* order, 54 species (24%), *Ustilaginales* – 18 (8%), *Urocystidales* – 4 (2%), *Tilletiales* – 2 (1%). A small number of species – 12, the *Oomycota* department is represented. For the first time, Kyrgyzstan identified *Peronospora carniolica*, *Coniothyrium kalidii*, *Camarosporium salsolae*. In total, in the At-Bashi river basin we registered 323 species of micromycetes from 148 genera, 46 families in 203 species of higher plants.

Keywords: At-Bashi river basin, micromycetes, family, genus, species

Река Ат-Баши с притоками, которые берут свое начало с ледников северного склона хребта Ат-Баши, принадлежит к бассейну р. Нарын – главной водной артерии Кыргызстана. Бассейн реки Ат-Баши расположен на высоте около 2000–4000 м над ур. м. Основные гидрологические характеристики реки Ат-Баши: длина – около 140 км. По характеру водного режима реки региона имеют типичный горный характер. Основную роль в формировании речного стока играет таяние снежников и ледников, Питание рек подземными и дождевыми водами имеет небольшое значение. Река Ат-Баши образуется слиянием двух рек – Жаны-

Жер и Улан, берущих свое начало с ледников гребневой зоны хребтов Жаны-Жер и Ат-Баши. Основными притоками реки Ат-Баши, стекающими с северного, северо-западного и северо-восточного склонов хребта Ат-Баши, являются реки Таш-Рабат, Шырыкты, Кенеш – Арык, Чет-Келтебек, Кембил, Ача-Кайынды, Орто-Кайынды, Баш-Кайынды, Талды-Суу, Озгоруш, Уйурмо. Все эти притоки по размеру бассейна, своей длине и водности являются небольшими, самая крупная из них – река Каракоюн. Общая площадь водосборного бассейна реки Ат-Баши составляет 5540 км². Средне-многолетний расход воды равен 33,2 м³/с,

среднегодовое количество стока – 1,04 км³. Максимальный сток наблюдается в период с июня по август и составляет 47,6 м³/с, а минимальный в феврале – марте – 23,9 м³/с [1, 2].

В 1959–1964 гг. Н.А. Гамалицкая [3] при микологическом обследовании юго-западной части Центрального Тянь-Шаня посетила Ат-Баши-Каракуюнскую долину (от с. Ат-Баши до урочища Босого) и северный склон Ат-Башинского хребта (урочище Босого). Она приводит для Ат-Башинской долины 68 видов и форм на всех растениях, из них – 27 на кормовых. В 2011–2018 гг. нами было проведено изучение микобиоты кормовых растений пастбищ и сенокосов бассейна реки Ат-Баши, выявлено 228 видов на представителях 120 видов растений из 65 родов, 19 семейств и установлены закономерности их распространения.

Цель работы: инвентаризация видового состава микромицетов дикорастущих и культурных кормовых растений бассейна реки Ат-Баши Кыргызстана и их анализ по таксономическим группам грибов.

Материалы и методы исследования

Сбор материала проводили маршрутным методом. Материалом данного исследования послужили образцы микромицетов кормовых растений, собранные нами во время экспедиций в 2011–2018 гг. в бассейне реки Ат-Баши. При обработке собранных гербарных материалов применяли общепринятые методы микологических исследований. Собранный материал хранится в гербарном фонде лаборатории микологии и фитопатологии Института биологии НАН КР. В ряде случаев применяли метод «влажной камеры». Названия таксонов грибов приведены в соответствии с базой данных интернет-ресурсов CABI

Bioscience Database – <http://www.mycobank.Org>. (по состоянию на 01.06.2019), с данными Index fungorum (www.indexfungorum.org) и согласно десятому изданию словаря грибов Айнсуорта и Бисби [4]. Названия растений приведены в соответствии с кадастром флоры Кыргызстана [5]. Список кормовых растений сделан по каталогу пастбищных растений Кыргызстана [6].

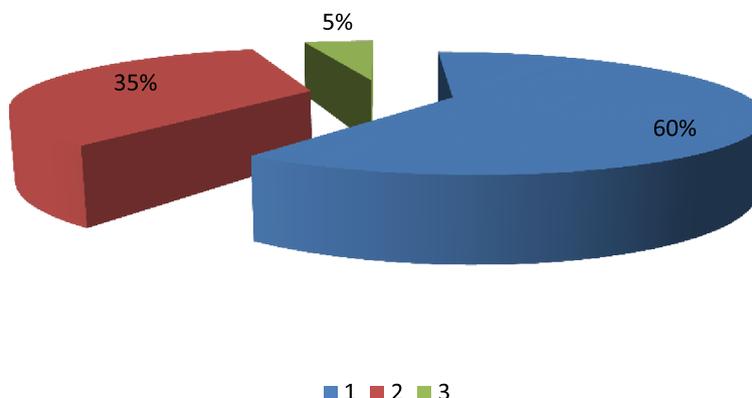
Благодаря различию природных условий, хорошо выраженной вертикальной поясности, разнообразию типов растительности в бассейне реки Ат-Баши, нами было зарегистрировано 323 вида микромицетов из 107 родов, 46 семейств на 203 видах высших растений. Из них 228 видов на кормовых (дикорастущих и культурных) растениях из 86 родов, 43 семейств, 18 порядков, 8 классов, относящихся к 3 отделам. Впервые для Кыргызстана выявлены *Pero­nospora carniolica*, *Coniothyrium kalidii*, *Camarosporium salsolae*.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами проведено количественное распределение микромицетов на кормовых растениях по отделам (рисунок).

Как видно из диаграммы (рисунок), наибольшее количество видов грибов обнаружено из отдела *Ascomycota* – 137 видов (60%). Значительно уступают им представители отделов *Basidiomycota* – 79 видов (35%) и *Oomycota* – 12 видов (5%).

Как видно из табл. 1, в отделе *Ascomycota* большим количеством видов представлены порядки *Capnodiales* – 52 вида (23%), *Pleosporales* – 39 видов (17%), *Helotiales* – 10 видов (4,5%), *Erysiphales* – 9 видов (4%) и *Botryosphaeriales* – 7 видов (3%). Остальные порядки выявлены меньшим числом видов (от 1 до 4).



Количественное распределение видов исследуемых грибов по отделам:
1. *Ascomycota*; 2. *Basidiomycota*; 3. *Oomycota*

Таблица 1

Количественное распределение обнаруженных грибов по систематическим группам

Систематические группы грибов			Количество родов	Количество видов,	% от общего числа видов		
Царство/Отдел	Класс	Порядок					
<i>Chromista</i> <i>Oomycota</i>	<i>Oomycetes</i>	<i>Peronosporales</i>	4	12	5		
<i>Mycota</i> <i>Ascomycota</i>	<i>Dothideomycetes</i>	<i>Botryosphaeriales</i>	3	7	3		
		<i>Capnodiales</i>	15	52	23		
		<i>Dothideales</i>	3	5	2		
		<i>Pleosporales</i>	23	39	17		
		<i>Erysiphales</i>	4	9	4		
		<i>Helotiales</i>	7	10	4.5		
	<i>Sordariomycetes</i>	<i>Diaporthales</i>	1	1	0.5		
		<i>Glomerellales</i>	2	4	2		
		<i>Hypocreales</i>	3	3	1.5		
		<i>Phyllachorales</i>	4	4	2		
		<i>Xylariales</i>	1	1	0.5		
		<i>Amphisphaeriales</i>	2	2	1		
		<i>Basidiomycota</i>	<i>Exobasidiomycetes</i>	<i>Tilletiales</i>	1	2	1
			<i>Pucciniomycetes</i>	<i>Pucciniales</i>	7	54	24
<i>Ustilaginomycetes</i>	<i>Ustilaginales</i>		5	18	8		
	<i>Urocystidales</i>		1	4	2		
<i>Agaricomycetes</i>	<i>Contharellales</i>		1	1	0.5		
Итого:	8	18	86	228	100		

Из базидиальных грибов больше всего видов обнаружено из порядков *Pucciniales* – 54 вида (24%), *Ustilaginales* – 18 видов (8%), *Urocystidales* – 4 вида (2%), *Tilletiales* – 2 вида. Порядок *Contharellales* – зарегистрирована один вид.

Отдел *Oomycota* представлен порядком *Peronosporales*, отмечен четырьмя родами и 12 видами.

Выявленные микромицеты зарегистрированы на 120 видах из 65 родов, 19 семейств высших растений. Представители этих семейств поражаются видами грибов из различных систематических групп неодинаково.

Отдел Oomycota – оомицеты

Данные таблицы показывают, что представители класса *Oomycetes* наиболее малочисленные среди собранных грибов. На исследованных нами кормовых растениях оомицеты представлены 12 видами из 4 родов, трех семейств порядка *Peronosporales*: семейство *Phytophthoraceae* – *Phytophthora infestans*, семейство *Peronosporaceae* – *Plasmopara pusilla*, *Peronospora aestivalis*, *P. astragalina*, *P. farinosa*, *P. carniolica*, *P. meliloti*, *P. polygoni*, *P. ruergeriae*, *P. sulfurea*, *P. viciae – sativae*, семейство *Albuginaceae* – *Albugo candida*. Все отмеченные пероноспоры грибов являются паразитами кормовых растений из 11 родов. Наибольшее число принадлежит к роду

Onobrychis (2 вида) на посевах. У остальных родов: *Solanum*, *Geranium*, *Medicago*, *Astragalus*, *Chenopodium*, *Gentiana*, *Melilotus*, *Polygonum*, *Artemisia* и *Vicia* обнаружено по одному виду пероноспоры грибов. На представителях семейства *Roaseae* они вообще не найдены.

Отдел Ascomycota – аскомицеты

В изучаемом нами районе выявленные нами аскомицеты включают 3 класса – *Dothideomycetes*, *Leotiomycetes* и *Sordariomycetes*, которые представлены 12 порядками *Botryosphaeriales*, *Dothideales*, *Capnodiales*, *Pleosporales*, *Erysiphales*, *Helotiales*, *Hypocreales*, *Diaporthales*, *Glomerellales*, *Phyllachorales*, *Xylariales*, *Amphisphaeriales* (табл. 1).

Больше половины исследованных сумчатых грибов относятся к классу *Dothideomycetes* (103 вида, 43 рода), причем порядок *Capnodiales* превосходит остальные порядки грибов как по числу родов, так и по числу видов (52 вида, 15 родов): *Cercospora angustata*, *C. archangelicae*, *C. cana*, *Cladosporium aecidiicola*, *C. breviscompactum*, *C. fasciculare*, *C. gentianae*, *C. graminum*, *C. herbarum*, *C. macrocarpum*, *C. pisi*, *Cladosporium sp.*, *Fusoidiella depressa*, *Heterosporium caraganae*, *Mastigosporium album*, *Mycosphaerella alchimillicola*, *M. minor*, *M. onobrychidis*, *M. podagrariae*, *Ovularia bornmulleriana*, *O. schroeteri*, *Passalora ef-*

fusa, *Polythrincium trifolii*, *Pseudocercospora astragali*, *Pseudocercospora cavarae*, *Sphaerulina vulpina*, *Sphaerulina* sp., *Ramularia geranii*, *R. hedyari*, *R. medicaginis*, *R. onobrychidis*, *R. pratensis*, *R. rhabdospora*, *R. taraxaci*, *R. vaccarii*, *Septoria aegopodii*, *S. alliorum*, *S. alliicola*, *S. artemisiae*, *S. caricola*, *S. convolvulina*, *S. cruciatae*, *S. festucae*, *S. gentianae*, *S. geranii*, *S. graminium*, *S. onobrychidis*, *S. plantaginea*, *S. phleina*, *S. serebriani*, *Septoria* sp., *Rhabdospora pleosporoides*. Несколько беднее представлены порядки *Pleosporales* (39 видов, 23 рода): *Alternaria alternata*, *A. fasciculata*, *A. solani*, *Ascochyta caricis*, *A. imperfecta*, *A. inulae*, *A. onobrychidis*, *A. trifolii*, *Bipolaris sorokiniana*, *Camarosporium salsolae*, *Cicinnobolus rosacearum*, *Ciloplea kansensis*, *Coniothyrium kalidii*, *Dacampia hookeri*, *Didymella rhei*, *Leptothyrium mossolowii*, *Leptosphaeria culmifraga*, *L. doliohum*, *Macrosporium cladosporioides*, *M. meliloti*, *Metasphaeria aguilegia*, *Parastagonospora avenae*, *P. nodorum*, *Phomopsis thalictрина*, *Phomatodes nebulosa*, *Phaeosphaeria graminis*, *P. caricicola*, *Phaeoseptoria czuiliensis*, *Pleospora deceptiva*, *P. discors*, *P. longispora*, *P. rudis*, *P. valesiaca*, *Pleospora* sp. *Sphaerellopsis filum*, *Stagonospora graminella*, *Stemphylium vesicarium*, *S. cirsii*, *Wojnowicia hirta* и *Botryosphaeriales* (7 видов, 3 рода): *Asteromella astragalicola*,

Diplodia herbarum, *Phyllosticta ferruginea*, *P. hedyari*, *P. ligulariae*, *P. polygonorum*, *P. plantaginis*. Порядок *Dothideales* представлен 5 видами и 3 родами: *Placosphaeria graminis*, *Pseudoseptoria donacis*, *Selenophoma nebulosa*, *S. pulsatillae*, *Selenophoma* sp.

Согласно последним классификационным схемам к этому классу отнесены в основном анаморфные грибы, которые раньше выделялись как отдельный класс – *Deuteromycetes*. Родовой и видовой состав представителей грибов этого класса, паразитирующих на посевных и дикорастущих кормовых растениях, представлен в табл. 2.

По числу видов у сумчатых грибов на втором месте стоит класс *Leotiomycetes* (табл. 1), где наибольшее количество видов и родов относится к порядку *Helotiales* (10 видов, 7 родов). *Diplocarpon mespili*, *Gloeosporium campanulae*, *G. morianum*, *Gloeosporium* sp., *Godronia mühlenbeckii*, *Cylindrosporium onobrychidis*, *Leptotrochila campanulae*, *Marssonina polygoni*, *Pseudopeziza medicaginis*, *Sporonema phacidiioides*. Порядок *Erysiphales* (9 видов, 4 рода): *Erysiphe cruciferarum*, *E. graminis*, *E. labiatarum*, *E. polygoni*, *E. pisi*, *Golovinomyces scichoracearum*, *Leveillula leguminosarum*, *Podosphaera fugax*, *P. fuliginea*.

Таблица 2

Количественное соотношение родов и видов класса *Dothideomycetes*

<i>Capnodiales</i>		Порядки				<i>Dothideales</i>	
		<i>Pleosporales</i>		<i>Botryosphaeriales</i>			
Род	Вид	Род	Вид	Род	Вид	Род	Вид
<i>Cercospora</i>	3	<i>Alternaria</i>	3	<i>Asteromella</i>	1	<i>Placosphaeria</i>	1
<i>Cladosporium</i>	9	<i>Ascochyta</i>	5	<i>Diplodia</i>	1	<i>Pseudoseptoria</i>	1
<i>Heterosporium</i>	1	<i>Bipolaris</i>	1	<i>Phyllosticta</i>	5	<i>Selenophoma</i>	3
<i>Mastigosporium</i>	1	<i>Dacampia</i>	1				
<i>Mycosphaerella</i>	4	<i>Sphaerellopsis</i>	1				
<i>Passalora</i>	1	<i>Didymella</i>	1				
<i>Pseudocercospora</i>	1	<i>Camarosporium</i>	1				
<i>Polythrincium</i>	1	<i>Coniothyrium</i>	1				
<i>Ovularia</i>	2	<i>Cicinnobolus</i>	1				
<i>Ramularia</i>	8	<i>Ciloplea</i>	1				
<i>Septoria</i>	16	<i>Leptothyrium</i>	1				
<i>Sphaerulina</i>	2	<i>Macrosporium</i>	2				
<i>Fusoidiella</i>	1	<i>Parastagonospora</i>	2				
<i>Rhabdospora</i>	1	<i>Phaeosphaeria</i>	2				
		<i>Phaeoseptoria</i>	1				
		<i>Phomatodes</i>	1				
		<i>Pleospora</i>	6				
		<i>Wojnowicia</i>	1				
		<i>Stagonospora</i>	1				
		<i>Stemphylium</i>	2				
		<i>Metasphaeria</i>	1				
		<i>Leptosphaeria</i>	2				
		<i>Phomopsis</i>	1				
Итого:	15	52	23	39	3	6	3
							5

Среди изученных аскомицетов третье место принадлежит классу *Sordariomycetes*. Порядок *Glomerellales* представлен четырьмя видами из двух родов: *Verticillaria dematium*, *V. caricis*, *V. herbarum* и *Verticillium albo-atrum*. Из порядка *Phyllachorales* отмечено тоже 4 вида из четырех родов: *Chaetomelasmia komarnitzkyi*, *Rhodosticta astragali*, *Stigmatula astragali*, *Diachora onobrychidis*. Порядок *Hypocreales* имеют 3 вида из 3 родов: *Claviceps purpurea*, *Ephloë typhina*, *Fusarium oxysporum* соответственно. Виды родов *Claviceps*, *Ephloë* и *Fusarium* – на изученной территории имеют большое практическое значение. *Claviceps purpurea* сильно поражает *Hordeum brevisubulatum*, *Elymus multicaulis*, *Agropyron tianschanicum*. *Ephloë typhina* часто встречается на *Deschampsia caespitosa* и *Dactylis glomerata*. *Fusarium oxysporum* на *Solanum tuberosum*, по уровню вредоносности сухая гниль клубней занимает второе место после фитофтороза.

Из порядка *Amphisphaeriales* отмечены 2 вида: *Pestalozzina soraueriana*, *Monochaetia* sp., а порядки *Diaporthales* и *Xylariales* имеют всего по одному виду: *Coryneum artemisiae*, *Physalospora caricicola*.

Отдел *Basidiomycota* – базидиомицеты

Базидиомицеты в изучаемом районе представлены четырьмя классами *Exobasidiomycetes*, *Pucciniomycetes*, *Ustilaginomycetes* и *Agaricomycetes*.

Головневых грибов выявлено 24 вида из 7 родов: *Ustilago* – 11 видов: *U. aegilopsidis*, *U. agrestis*, *U. avenae*, *U. bullata*, *U. cynodontis*, *U. elymicola*, *U. hordei*, *U. hypodutes*, *U. phrygica*, *U. tritici*, *Ustilago* sp; *Microbotryum*-4: *M. bosniacum*, *M. goeppertianum*, *M. marginale*, *M. pustulatum*; *Urocystis* тоже по 4 вида: *Urocystis agrostidis*, *U. anemones*, *U. poae*, *U. ranunculi*; *Tilletia* – 2: *T. caricis*, *T. elymicola*; *Sorosporium*, *Anthracoidea* и *Schizonella* – по 1 виду: *S. reverdaltoanum* на *Lasiagrostis splendens*, *A. caricis* и *S. melanogramma* на *Carex stenocarpa*. Все выявленные головневые грибы являются облигатными паразитами, поражающими листья, колосья, завязи и пыльники злаковых растений. На культурных растениях отмечены *Ustilago avenae*, *U. hordei*, *U. tritici*. Повсеместно распространена *U. cynodontis* на *Synodon dactylon*.

Ржавчинные грибы (порядок *Puccinales*) на кормовых растениях представлены семью родами и 54 видами: Из рода *Uromyces* выявлено 16 видов: *Uromyces anthyllidis*, *U. dactylidis*, *U. eurotiae*, *U. ferganensis*, *U. viciae-fabae*, *U. geranii*, *U. hedysari*

obscuri, *U. kochiae*, *U. nerviphilus*, *U. poae*, *U. polygoni*, *U. punctatus*, *U. striatus*, *U. onobrychidis*, *U. trifolii-repentis*, *U. glycyrrhizae* на *Glycyrrhiza uralensis*. Последний вид гриба имеет первичную диффузную грибницу и поражает *Glycyrrhiza uralensis*. На видах клевера зарегистрированы два вида ржавчины: *U. nerviphilus* и *U. trifolii-repentis*. *U. onobrychidis* обнаружен на посевах вида *Onobrychis*. Из рода *Puccinia* нами зарегистрирован 31 вид: *Puccinia agrostis*, *P. brachypodii*, *P. bistortae*, *P. bromina*, *P. coronata*, *P. cynodontis*, *P. chrysanthemii*, *P. dovrensis*, *P. dracunculina*, *P. dioicae*, *P. expansa*, *P. festucae*, *P. gentianae*, *P. glutarum*, *P. gluntasum*, *P. graminis*, *P. hieracii*, *P. kurdistanii*, *P. lasiagrostis*, *P. leveillei*, *P. leioderma*, *P. melasmioides*, *P. monticola*, *P. phlomidis*, *P. phragmitis*, *P. polygoni-alpini*, *P. pygmaea*, *P. recondita*, *P. septentrionalis*, *P. tragopogi*, *Puccinia* sp. Из рода *Aecidium* нами найдены *A. phacae*, *A. thalictri*, *Aecidium* sp., Следующие роды представлены каждый одним видом: *Tranzschelia anemones*, *Trachyspora alchimillae*, *Cronartium gentianeum*, *Melampsora lini*.

Из класса *Agaricomycetes* порядок *Contharellales* найден один вид: *Rhizoctonia solani* на *Solanum tuberosum*.

Ржавчинные грибы являются одним из самых распространенных порядков грибов, паразитирующих на кормовых растениях в условиях бассейна реки Ат-Баши. Интересно отметить, что представители рода *Puccinia* встречаются исключительно на кормовых злаках, а *Uromyces* – в основном на бобовых кормовых растениях. Многие виды *Puccinia* узкоспециализированы, поражают лишь определенные роды и даже виды растений. Таковыми являются, например, *P. bromina*, *P. dactylidina*, *P. festucae*. С другой стороны, такие виды, как *P. graminis* и *P. recondita*, паразитируют на многих видах злаковых, например *Agropyron*, *Bromus*, *Dactylis*, *Carex*, *Triticum*.

Ржавчинные грибы относятся к безусловно патогенным грибам, вызывающим у животных тяжелые заболевания. Отравления кормами, пораженными ржавчиной, наблюдаются при скармливании как зеленой массы, так и сена, соломы. Подобные отравления отмечались у лошадей, крупного рогатого скота, овец.

Всего в бассейне реки Ат-Баши нами было зарегистрировано 323 вида микромицетов из 107 родов, 46 семейств на 203 видах высших растений благодаря различию природных условий, хорошо выраженной вертикальной поясности и разнообразию типов растительности.

Выводы

Анализируя вышеприведенное разнообразие микромицетов на территории бассейна реки Ат-Баши, следует отметить: больше всего грибов обнаружено из отдела *Ascomycota*, несколько меньше *Basidiomycota* и *Oomycota*. В исследуемом районе представлено 228 видов микромицетов, относящихся к 86 родам, 43 семействам, 18 порядкам и 8 классам. Широко представлены виды родов *Puccinia*, *Septoria* и *Cladosporium*.

Выявлены новые микромицеты для отечественной микологии: *Peronospora carniolica*, *Coniothyrium kalidii*, *Camarosporium salsolae*.

Список литературы

1. Жумалиева А.С. Современное состояние и динамика геосистем высокогорной Аксай-Чатыркульской впадины и хребта Ат-Баши (Внутренний Тянь-Шань): дис. ... канд. геог. наук. Санкт-Петербург, 2017. 107 с.
2. Физическая география Кыргызстана. Под ред. С.К. Аламанова. Бишкек: Турар, 2013. 588 с.
3. Гамалицкая Н.А. Микромицеты юго-западной части Центрального Тянь-Шаня. Ф., 1964. 172 с.
4. Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C., Stalpers J.A. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi (eds). 10th ed. CAB, 2008. 771 p.
5. Лазьков Г.А., Султанова Б.А. Кадастр флоры Кыргызстана. Сосудистые растения. Б.: Алтын принт, 2014. 125 с.
6. Лазьков Г.А., Эгембердиев А.А., Горборукова Л.П. Каталог пастбищных растений Кыргызстана. Изд. второе. Б.: «VRS Company», 2015. 224 с.

УДК 579.26:579.63

ОЦЕНКА САНИТАРНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ВОДОЕМОВ ПО ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ

Михеев П.В.

Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Мытищи,
e-mail: pvm-fscg@yandex.ru

Изучена численность микроорганизмов в поверхностных слоях донных осадков водохранилищ, прудов, рек в трех областях центральной России. Приведены данные о санитарно-микробиологическом состоянии донных осадков в мелководной прибрежной зоне водоемов, используемых для купания, рыбалки и отдыха населения. Общая численность сапрофитных и потенциально патогенных бактерий в донных осадках была повышенной ($1\text{-}5 \times 10^6$ КОЕ/г) по сравнению с другими водоемами в р. Москва и Яуза в черте города, и в рыбноводном пруду с экстенсивной формой рыбоводства. Несмотря на принципиально иную структуру донных осадков по сравнению с почвами, в них была высока численность спорных аэробных бактерий и актиномицетов. Численность плесневых грибов в осадках была низкой ($1\text{-}8 \times 10^2$ КОЕ/г) по сравнению с почвами, окружающими эти водоемы. К категории «загрязненных» с эпидемической точки зрения следует отнести донные осадки, в которых численность колиформных бактерий превышает 1000 кл/г, а численность *E. coli* и *Enterococcus spp.* – порядка 10–100 кл/г сырого ила. Оценено санитарное состояние водоемов по численности колиформных бактерий, *E. coli*, *Enterococcus spp.*, и экологическое состояние по численности аэробных сапрофитных и потенциально патогенных бактерий. Полученная оценка совпадает для водоемов, испытывающих высокую антропогенную нагрузку.

Ключевые слова: рекреационные водоемы, антропогенное загрязнение водоемов, условно-патогенные бактерии, эпидемическая опасность донных осадков

ASSESSMENT OF SANITARY AND ECOLOGICAL STATE OF RECREATIONAL RESERVOIR BY THE NUMBER OF MICROORGANISMS IN BOTTOM SEDIMENTS

Mikheev P.V.

F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene, Mytishchi, e-mail: pvm-fscg@yandex.ru

The number of microorganisms in the surface layers of bottom sediments of reservoirs, ponds, rivers in three regions of central Russia was studied. Data on the sanitary-microbiological state of bottom sediments in the shallow coastal zone of water bodies used for swimming, fishing and recreation are given. The total number of saprophytic and potentially pathogenic bacteria in the bottom sediments was increased ($1\text{-}5 \times 10^6$ CFU/g) compared to other reservoirs in the Moscow and Yauza rivers within the city, and in a fish pond with an extensive form of fish farming. Despite the fundamentally different structure of bottom sediments compared to soils, they had a high number of spore aerobic bacteria and actinomycetes. The number of molds in the sediments was low ($1\text{-}8 \times 10^2$ CFU/g) compared with the soils surrounding these bodies of water. The category of «contaminated» from an epidemic point of view should include bottom sediments, in which the number of coliform bacteria exceeds 1000 cells/g, and the numbers of *E. coli* and *Enterococcus spp.* – about 10–100 cells/g of raw sludge. The sanitary state of water bodies by the number of coliform bacteria, *E. coli*, *Enterococcus spp.*, and the ecological state by the number of aerobic saprophytic and potentially pathogenic bacteria were estimated. The obtained estimate coincides for reservoirs experiencing a high anthropogenic load.

Keywords: recreational water bodies, anthropogenic pollution of water bodies, conditionally pathogenic bacteria, epidemic danger of bottom sediments

Изучение микроорганизмов и геохимических процессов их деятельности в пресноводных водоемах дало обширные знания об участии донных осадков в функционировании водной экосистемы [1]. Для исследования численности микроорганизмов и потоков веществ (в первую очередь – круговорот органического вещества) в пресноводных системах использовали различные методы микроскопических исследований, в том числе на стеклах обрастания и пелоскопах, на селективных питательных средах с идентификацией колоний микроорганизмов, методы оценки ферментативной активности. Применяли современные ме-

тоды радиоизотопных, молекулярно-биологических исследований, изучали химические продукты метаболизма бактерий. Донные осадки уже не рассматриваются как инертное образование или депо химических элементов, так как существует непрерывный обмен веществ между ними и водной толщей.

Существует принципиальное отличие по распределению микроорганизмов в донных осадках озер, рек, водохранилищ в сравнении с почвами, окружающими эти водоемы. Критическими областями в почвенном профиле являются подстилка и область опада, затем – аэрируемый слой почвы

с развитой корневой системой растений, и области ниже уровня почвенных вод [2]. Основными группами микроорганизмов, участвующих в разложении остатков растений, являются эукариотные мицелиальные организмы, аэробные и анаэробные бактерии. Отличительной особенностью иловых отложений является тонкая стратификация физико-химических условий в верхних слоях, граничащих с водной толщей. Доступность кислорода в современных осадках ограничивается слоем в несколько миллиметров или несколько сантиметров в речных песках. В поверхностных слоях иловых осадков преобладают аэробные бактерии, прикрепленные к субстрату, или обладающие скользким движением. Ниже находятся экологические ниши денитрифицирующих бактерий, Mn- и Fe-редукторов, сульфатредукторов и метаногенов.

Представляется значимой роль донных осадков в самоочищении водной среды небольших мелководных водоемов, подвергающихся интенсивному эвтрофированию вследствие загрязнения ливневыми, хозяйственно-бытовыми водами и стоками с полей. Особенно важно изучение микробиологических процессов в осадках для рекреационных водоемов, используемых как место отдыха на воде (лодочный, байдарочный, парусный спорт, туризм и прогулки) и на берегах с купанием в них или без него.

Учет бактерий в донных осадках позволит не только спрогнозировать экологическое состояние водоема, но также оценить его санитарное состояние и возможный риск здоровью населения. В настоящее время отсутствуют санитарно-микробиологические нормативы для донных осадков поверхностных водоемов питьевого назначения, а также для донных осадков водоемов в местах массового отдыха населения.

Цель исследования: дать микробиологическую характеристику донных осадков небольших водохранилищ, прудов, рек, находящихся в условиях антропогенного загрязнения. Оценить роль донного микробного сообщества в формировании качества водной среды с санитарных и экологических позиций.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись донные, в основном песчаные осадки мелководий небольших водохранилищ, прудов и рек, используемых населением для купания, рыбной ловли и отдыха. Отбор проб проводили в летний период в 2015–2019 гг. в Московской, Курской и Белгородской областях.

Точечные пробы поверхностного (0–5 см) слоя осадков отбирали у берега с глубины 0,5 м, или с лодки специальным пробоотборником с глубины 1,0–1,5 м в стерильные емкости и в охлажденном виде (сумка-холодильник) доставляли в лабораторию. Максимальное время от отбора до проведения анализа составило трое суток для проб донных осадков из Курской и Белгородской областей. Численность быстрорастущих сапрофитных и потенциально патогенных бактерий определяли на питательном агаре при 37 °С в течение суток, численность актиномицетов – на крахмало-аммиачном агаре, численность плесневых грибов – на среде Чапека, численность колиформных бактерий – на среде Эндо, численность *E. coli* – по характерному росту на хромогенном агаре, образованию кислоты и газа на лактозной среде при 44 °С, численность энтерококков – на агаре с канамицином, эскулином и азидом натрия. Численность патогенных бактерий родов *Salmonella*, *Shigella* выявляли в 10 г навеске донного осадка методом обогащения с высевом на висмут сульфит агар и SS – агар с идентификацией до рода. Споры аэробных бактерий и сульфитредуцирующих клостридий (*Clostridium perfringens*) выявляли из прогретых при 75 °С в течение 20 мин разведений донных осадков. Воду для микробиологического анализа отбирали одновременно с донными осадками из водоисточников, где была возможность быстрой доставки пробы в лабораторию для анализа по показателям ОМЧ и ОКБ/ТКБ.

Результаты исследования и их обсуждение

Количественные показатели численности активно растущих на питательных средах микроорганизмов приведены в таблице.

Несмотря на принципиально иную структуру донных осадков по сравнению с почвами, в них была высока численность спорных аэробных бактерий и актиномицетов. Численность плесневых грибов была низкой ($1-8 \times 10^2$ КОЕ/г) по сравнению с почвами береговой полосы, в которых микромицеты отвечают за минерализацию растительного опада [3]. Общая численность сапрофитных и потенциально патогенных бактерий в донных осадках была повышенной в р. Москва и Яуза в черте города, а также в рыбноводном пруду, используемом для купания (без кормления рыбы).

Следует учесть некоторые особенности донных осадков, которые отмечены ранее в наших исследованиях.

Численность микроорганизмов в донных осадках водоемов

*	Группы микроорганизмов							
	Сапрофиты, КОЕ/г	Споры, КОЕ/г	Микро- мицеты, КОЕ/г	Актино- мицеты, КОЕ/г	Коли- формы	<i>E. coli</i>	Энтеро- кокки	Споры <i>Cl. perfringens</i>
Диапазон численности, кл./г								
1	2,0x10 ⁵	3,2x10 ⁴	1,2x10 ²	1,4x10 ⁴	≤10	Не обн.	≤10	10–100
2	2,7x10 ⁴	–	–	–	≤10	Не обн.	Не обн.	–
3	5,3x10 ⁵	1x10	1,0x10 ²	1,2x10 ⁴	≤10	Не обн.	Не обн.	10–100
4	1,3x10 ⁶	1,1x10 ⁵	2,3x10 ²	8,2x10 ⁵	≤10	Не обн.	Не обн.	100–1000
5	1,5x10 ⁵	5,0x10 ³	1,0x10 ³	1,0x10 ⁴	100–1000	10–100	10–100	10–100
6	1,0x10 ⁴	2,0x10 ²	8,0x10 ²	2,1x10 ⁴	≤10	Не обн.	≤10	10–100
7	5,5x10 ³	1,0x10	4,0x10 ²	1,5x10 ⁴	10–100	≤10	≤10	10–100
8	9,0x10 ⁵	2,3x10 ⁴	1,0x10 ³	2,8x10 ⁵	10–100	≤10	≤10	1000–10000
9	5,2x10 ⁶	3,0x10 ²	2,2x10 ²	2,0x10 ⁴	≤10	Не обн.	Не обн.	10–100
10	1,1x10 ⁵	5,0x10 ⁴	2,0x10 ²	2,1x10 ²	≥10000	10–100	10–100	1000–10000
11	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁴	2,9x10 ³	1,1x10 ³	≥10000	100–1000	10–100	100–1000
12	4,8x10 ⁵	7,0x10 ³	1,0x10	1,0x10 ³	10–100	10–100	≤10	100–1000
13	5,0x10 ⁵	6,0x10 ³	1,0x10 ³	3,0x10 ⁴	100–1000	10–100	10–100	1000–10000
14	1,6x10 ⁵	4,0x10 ³	1,0x10	1,5x10 ⁴	1000–10000	100–1000	10–100	100–1000

Примечание. * – Место отбора проб донных осадков. Не обн. – не обнаружено – означает отсутствие данных: 1. Москва, пруд Путяевский; 2. Московская область, Пяловское водохранилище; 3. Московская область, Жестылевское водохранилище; 4. Московская область, рыбоводный пруд ВНИИПРХ с экстенсивной формой рыбоводства; 5. Губкинский городской округ, пруд Попов Верх; 6. Губкинское водохранилище; 7. Старооскольское водохранилище; 8. Льгов, старица р. Сейм; 9. Река – Москва, Серебряный бор; 10. Река – Яуза, Лосиный остров; 11. Река – Яуза, Москва; 12. Река – Песочная, Железногорск, 13. Река – Чернь, Железногорск; 14. Река – Речица, Железногорск.

В литоральной зоне стоячих мелководных водоемов, в которых свет и растворенный кислород проникают до дна, в толще воды и на поверхности дна в летний период вегетируют фитопланктон, фитобентос и высшая водная растительность. В поверхностном слое донных осадков формируется экранирующая ниша аэробных микроорганизмов, осуществляющих деструкцию аллохтонного и автохтонного органического вещества за счет растворенного в воде кислорода.

Донные отложения рек образуются в результате аллювиального литогенеза, сноса химических элементов в растворенном и взвешенном состоянии с прилегающих территорий, а также в продукционных биологических процессах. Течение воды удерживает в толще мельчайшие минеральные частицы, микроколонии бактерии и водорослей, детрит. Поверхностный слой донных осадков – это одна из нескольких микробиологических ниш рек и других водотоков. Бактериобентос размещается на поверхности и внутри органоминерального комплекса в аэробных, микроаэрофильных и анаэробных условиях.

Строение донных отложений и интенсивность микробиологических процессов

были подробно изучены на примере рыбоводных прудов [5]. В поверхностных слоях донных осадков фиксируется высокая численность сапрофитных бактерий – 5–30 млн кл/г сырого ила. Установлено, что наряду с процессами аэробной деструкции, приводящей к снижению уровня растворенного кислорода в воде, в поверхностном 0–2 см слое ила происходили анаэробные процессы сульфат- и сероредукции (при *Eh* от –10 до +130 мВ), а в слое ила 6–8 см – процессы метаногенеза и ацетогенеза. С 1 м² поверхности дна прудов в сутки выделялось от 0,9 до 2,3 л газа, имеющего преимущественно метаново-азотный состав. Пузырьки газа транспортировали со дна в водную толщу микрочастицы ила с ассоциированной микрофлорой.

В экосистеме прудов сестон имел особое значение как экониша, связывающая водную толщу и донные отложения. Основу сестона составляли детрит и минеральные частицы, биомасса живых организмов составляла 6%, в органическом веществе сестона достигая 50%. Численность бактерий в осадке сестона была одного порядка с илами прудов. В течение всего сезона в воде прудов преобладали одиночные бактерии, на частицах детрита они составляли

18–52%, в микроколониях 2–6%. т.е. в агрегированном состоянии в среднем в прудах находилось примерно 35% бактерий от количества одиночных клеток и примерно 26% от общего количества бактерий в воде прудов. Количество микроколоний 4,4–12,2 тыс. шт/мл, количество частиц детрита – от 15,8 до 29,2 тыс. шт/мл, преобладали частицы детрита с числом бактерий более 30 шт./частица. В воде реки Яכותь, вытекающей из Жестылевского водохранилища, число частиц детрита составляло 6 тыс. шт/мл, детритные фракции были в основном мелкие с преобладанием до 30 бактерий на частице. Детритные частицы размером 4–5 мкм составляли 17–32%, 9–10 мкм – 27–44%, 17–20 мкм – 39–48%. Часто встречались частицы размером около 30 мкм.

Исходя из означенных выше особенностей функционирования микробного сообщества донных осадков, можно предположить, что частицы поверхностного слоя осадков могли попадать в водную толщу в результате процессов эрлифта с пузырьками газа, взмучивания потоком воды в реке, а также механическим взмучиванием осадков купающимися людьми. Водные объекты всегда имели внешний источник фекального загрязнения. Однако могли также проходить процессы вторичного загрязнения водной толщи микроорганизмами из донных осадков. Для рек описаны также противоположные случаи обнаружения значительных количеств колиформных бактерий в донных осадках при практическом отсутствии в воде [6].

Микробиологические требования к составу и свойству воды водных объектов устанавливают по численности общих и термотолерантных колиформных бактерий [7]. Сопоставление численности ОКБ в воде исследованных водоемов и численности колиформных бактерий в донных осадках дало следующие результаты.

Чистые водоемы, пригодные для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест: Жестылевское водохранилище, р. Москва в районе Серебряного бора, рыбоводный пруд. Численность ОКБ в воде этих водоемов значительно ниже 500 КОЕ/100 мл воды, численность колиформных бактерий в илах – до 10 КОЕ/г.

Сильно загрязненный водоток, постоянно подпитываемый ливневыми и хозяйственно-бытовыми водами: р. Яуза в черте г. Мытищи и Москва. Численность ОКБ в воде составляла 8000–10000 КОЕ/100 мл, численность колиформных бактерий в илах – 10^4 КОЕ/г.

Для оценки эпидемической опасности донных осадков пригодны те же индикаторные бактерии, которые используют для

оценки почв [8]. Однако количественные критерии оценки требуют изучения и дальнейшего уточнения.

Колиформные бактерии в высоких количествах присутствовали в донных осадках водоемов, для которых визуально отмечены источники загрязнения. Пруд Попов Верх отличался тем, что на дальнем его берегу была гусиная ферма. Птицы могли подходить к водоему и плавать на ограниченной территории. Река Яуза в верховье в национальном парке заселена чайками и утками, в черте Москвы – принимает в себя огромное количество ливневых стоков. Малые реки в Курской области также загрязнены стоками из сельских населенных пунктов и г. Железногорска.

Энтерококки и бактерии *E. coli* традиционно являются надежными индикаторами фекального загрязнения и служат критериями для оценки эпидемической опасности почв. Донные осадки водоемов, в которых численность колиформных бактерий превышает 1000 кл/г, а численность *E. coli* и *Enterococcus spp.* – порядка 10–100 кл/г сырого ила, вероятно, следует отнести к категории «загрязненные», в которых при определенных обстоятельствах могут присутствовать патогены. В наших исследованиях патогенные кишечные бактерии в донных осадках не были обнаружены.

Сульфитредуцирующие кластридии, среди которых с большой вероятностью присутствует *Clostridium perfringens*, также позволяют оценить степень загрязненности донных осадков за продолжительный период времени в связи с высокой устойчивостью спор этого анаэробного микроорганизма. Они были выявлены во всех образцах донных осадков в численности от 10 до 10^4 кл/г сырого ила. По этому показателю наиболее сильно загрязнены старица на р. Сейм, реки Яуза в Национальном парке и Чернь, что не вполне соотносится с другими данными.

Под экологическим состоянием водоемов обычно подразумевают взаимоотношения организмов друг с другом и со средой их обитания, используя при этом экосистемный принцип. Увеличение доли анаэробной деструкции в общей деструкции органического вещества ведет к ухудшению экологического состояния водоемов [9]. По критериям, предложенным А.Н. Дзюбаном, оценено экологическое состояние водоемов в местах рекреации. К водоемам в состоянии «норма» (10^3 – 10^4 КОЕ/г сапрофитных бактерий) можно отнести Пяловское, Старооскольское и Губкинское водохранилища. В состоянии «риска» (10^4 – 10^5 КОЕ/г) – Пу-

тяевский пруд в Москве, Жестылевское водохранилище, старицу на р. Сейм, р. Язу в национальном парке Лосиный Остров, малые реки в районе г. Железнодорожска и Железнодорожского металлургического комбината. К водоемам в «предкризисном» состоянии – рыбоводный пруд ВНИИПРХ с экстенсивной формой рыбоводства, р. Москва и Язуа в черте Москвы.

Для сильно загрязненных водоемов совпадают критерии «опасности» и «кризиса», основанные на численности санитарно значимых и сапрофитных бактерий.

Относительно чистые водоемы, пригодные для купания, могут испытывать антропогенное влияние и находиться в состоянии «риска».

Заключение

Таким образом, в донных осадках нескольких водоемов в разных регионах изучена численность активно делящихся, растущих на питательных средах микроорганизмов, очевидно, принимающих участие в функционировании водной экосистемы. Полученные данные позволяют дать оценку водоемам с санитарно-микробиологических и экологических позиций, которая не всегда совпадает.

Список литературы

1. Горленко В.М., Дубинина Г.А., Кузнецов С.И. Экология водных микроорганизмов. М.: «Наука», 1977. 289 с.
2. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: «Наука», 2004. 348 с.
3. Михеев П.В. Санитарно-микробиологическое состояние почв береговой полосы водоемов в местах рекреации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12–2. С. 59–64.
4. Михеев В.П., Михеева И.В., Михеев П.В. Некоторые биоэкологические особенности водных объектов с разными формами рыбного хозяйства // Вопросы рыболовства. 2014. Т. 15. № 1. С. 66–83.
5. Михеев П.В., Намсараев Б.Б., Борзенков И.А., Горленко В.М. Метаногенез в рыбоводных прудах и его роль в деструкции органического вещества // Микробиология. 1994. Т. 63. № 1. С. 172–174.
6. Нечаева И.А., Акатова Е.В. Оценка микробного состояния рек Тульской области // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. Биология. 2014. Вып. 2. С. 270–281.
7. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М.: Минздрав России, 2000. 13 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/4177334> (дата обращения: 15.11.2019).
8. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Минздрав России, 2003. 15 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/4179179> (дата обращения: 15.11.2019).
9. Дзюбан А.Н. Функционирование микробных сообществ донных отложений водоемов как фактор формирования качества водной среды // Вода: химия и экология. 2013. № 6. С. 57–62.

УДК 57.04:614.7

АККУМУЛЯЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПГМ) В ТЕСТ-КУЛЬТУРЕ ALLIUM CEPA

Сбитнев А.В., Ахальцева Л.В., Водянова М.А., Ушакова О.В.

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: asb21@yandex.ru

Изучена аккумуляция компонентов противогололедных материалов (ПГМ) в луковицах *Allium cepa* при их контакте с растворами реагентов в рамках комплексных экспериментальных исследований по оценке цито- и генотоксических эффектов ПГМ. Исследованы два модельных образца ПГМ с различным химическим и агрегатным составом: твердый ПГМ1 (NaCl 91%; CaCl₂ 8,7%) и жидкий ПГМ2 (25%-ный раствор MgCl₂) в восьми концентрациях. Химико-аналитические исследования позволили определить количественное соотношение основных ионов ПГМ (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ и Cl⁻) в растительной массе экспериментальных луковиц после их проращивания на растворах тестируемых реагентов. На основе экспериментальных данных установлена тенденция накопления тест-культурой *Allium cepa* отдельных элементов ПГМ. В частности, корреляционный анализ данных выявил связь между количественным содержанием отдельных катионов Na⁺ и Mg²⁺ в растворах ПГМ и в растительной массе *Allium cepa*. Полученные данные представляют научный интерес для оценки влияния ионов ПГМ на показатели цитогенетического анализа клеток корневой меристемы тест-культуры *Allium cepa*. Представляется интересным дальнейшее изучение взаимосвязи между количественным содержанием аккумулированных компонентов ПГМ в тест-культуре и токсическими эффектами, регистрируемыми в клетках корневой меристемы *Allium cepa*.

Ключевые слова: противогололедный материал (ПГМ), реагент, тест-культура, *Allium cepa*, катион, аккумуляция, цито- и генотоксический эффект

ACCUMULATION OF SINGLE DEICING SALT COMPOUNDS IN ALLIUM CEPA TESTING CULTURE

Sbitnev A.V., Akhaltseva L.V., Vodyanova M.A., Ushakova O.V.

Center for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: asb21@yandex.ru

A deicing salt compounds (DS) accumulation in *Allium cepa* exposed to deicer solutions within the complex studies of deicing salt cyto- and genotoxic effects was researched. Eight concentrations of two different chemical and aggregate compositions of DS using as a model objects such as the solid DS1 (NaCl 91%; CaCl₂ 8,7%) and the liquid DS2 (25% MgCl₂ solution) were analyzed. Analytical analyses were allowed to establish a quantitative ratio of basic deicer ions (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ and Cl⁻) in biomass of test onions after its deicer solution germinating. Experimental data provided to establish the accumulation trend of single deicing elements by *Allium cepa* testing culture. In particular a correlation analysis found the Na⁺ и Mg²⁺ single cation connection between a quantitative content of such elements in deicer solutions and in *Allium cepa* biomass. Obtained data may have a scientific interest for further research of deicing salt ions effect on cytogenetic analysis criteria of *Allium cepa* testing culture root meristem cells.

Keywords: deicing salt (DS), deicer, testing culture, *Allium cepa*, cation, accumulation, cyto- and genotoxic effect

Одной из модельных тест-культур в цитогенетике, использующейся для оценки цито- и генотоксических эффектов различных химических веществ, являются луковицы *Allium cepa* [1]. Клетки апикальной меристемы корней данной культуры являются удобным материалом для оценки цитогенетических нарушений, индуцируемых различными химическими соединениями [2–4]. К настоящему времени на *Allium cepa* подробно изучена цито- и генотоксичность различных химических соединений, а также отдельных компонентов окружающей среды [5–7].

В наших исследованиях на *Allium cepa* подробно изучены фито- и цитогенотоксические свойства одного из видов противогололедных материалов (ПГМ) как отдельной группы химических соединений, обладающих фитотоксичностью [8]. В продолжение исследований проводится комплексная оценка цито- и генотоксических эффектов других видов ПГМ, в рамках которой исследуется аккумуляция хими-

ческих соединений ПГМ в тест-культуре *Allium cepa*.

Цель работы: оценка аккумуляции компонентов ПГМ в тест-культуре *Allium cepa* при ее контактном взаимодействии с водными растворами реагентов.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились на двух модельных образцах ПГМ с различным химическим составом: твердый ПГМ1 (NaCl 91%; CaCl₂ 8,7%) и жидкий ПГМ2 (25%-ный раствор MgCl₂).

Луковицы проращивались в условиях непосредственного контакта корней *Allium cepa* с растворами ПГМ в течение трех суток в условиях постоянной температуры: +25(±1)°C. Контрольные луковицы проращивались на дистиллированной воде. Диапазон тестируемых концентраций ПГМ1 и ПГМ2 был выбран исходя из задач, определенных в рамках комплексного исследования цито- и генотоксических свойств ПГМ с использованием тест-культуры *Allium cepa*.

Таблица 1

Объем исследований и схема эксперимента

Направление исследований	Метод исследования	Характеристика исследуемых объектов	Количество проб (повторность)
Анализ химического состава экспериментальных луковиц <i>Allium cepa</i>	ИСП-МС, элементный анализ (минерализация растительного материала в системе микроволнового разложения проб)	Экспериментальные луковицы, выращенные на модельных растворах ПГМ1 и ПГМ2 (концентрации: 0, 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 5; 10; 20 г/л)	27 на каждый исследуемый образец ПГМ (3-кратная повторность для каждой концентрации)

Таблица 2

Катионно-анионный состав луковиц *Allium cepa*, выращенных на растворах ПГМ1 с различной концентрацией по основным ионам (Na⁺, Ca²⁺, Cl⁻)

Концентрация растворов ПГМ, г/л	Концентрация ионов в луковицах, мг/г				Массовая доля ионов в луковицах, %		
	Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	сумма ионов (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻)	Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻
контроль	0,1	0,4	1,3	1,8	5,5	22,3	72,1
0,5	0,14	0,5	1,1	1,8	7,5	29,1	63,4
1	0,15	0,4	1,1	1,7	8,9	24,6	66,5
1,5	0,11	0,7	1,3	2,1	5,3	33,3	61,4
2	0,16	0,6	1,4	2,1	7,3	28,5	64,1
2,5	0,23	0,4	1,4	2,0	11,9	19,7	68,4
5	0,29	0,7	1,4	2,3	12,4	29,2	58,4
10	0,37	0,5	1,6	2,5	15,0	21,5	63,5
20	0,55	0,4	1,1	2,0	27,5	19,4	53,1

Химический анализ растворов ПГМ и луковиц проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) в соответствии с ГОСТ [9]. Пробы растительного материала для элементного анализа готовили с использованием микроволновой системы разложения проб под давлением. Объем исследований представлен в табл. 1.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом корреляционного анализа с помощью непараметрического коэффициента корреляции рангов Спирмена при использовании компьютерных программ Microsoft Office Excel 2010 г. и Statistica 10.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 представлены данные по основным катионам и анионам ПГМ1, определенным в составе луковиц *Allium cepa*, выращенных на дистиллированной воде без добавления реагента (контроль) и на растворах тестируемого вещества (ПГМ1) в разных дозах.

На основе экспериментальных данных определено количественное соотношение основных компонентов ПГМ1 в составе опытных луковиц. В частности, установлено увеличение суммарного количества ионов (Na⁺, Ca²⁺, Cl⁻) с ростом их концен-

трации в растворах ПГМ1, на которых проращивались луковицы по сравнению с контролем. Следует также отметить, что динамика аккумуляции отдельных ионов существенно отличается.

Рассчитывали коэффициент, отражающий степень аккумуляции ионов в тест-культуре *Allium cepa*, по формуле: $K = Co/Ck$, где Co – концентрация определяемого иона в опытном варианте эксперимента, Ck – концентрация определяемого иона в контроле. Установлена тенденция увеличения концентрации данного элемента в луковицах *Allium cepa* с ростом концентрации раствора ПГМ1 (табл. 3).

Таблица 3

Величины коэффициентов, характеризующие степень накопления ионов ПГМ в луковицах *Allium cepa* относительно контроля

Концентрация ПГМ1 в растворе, г/л	Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻
0,5	1,4	1,3	0,9
1	1,6	1,1	0,9
1,5	1,1	1,7	1,0
2	1,6	1,5	1,1
2,5	2,4	1,0	1,1
5	2,9	1,7	1,1
10	3,8	1,3	1,2
20	5,6	1,0	0,8

Таблица 4
Данные корреляционного анализа зависимости концентрации ионов ПГМ1 в растворе и содержания ионов в луковицах *Allium cepa*

Ион	Число луковиц	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена R	p*
Na ⁺	24	0,9732	0,003
Ca ²⁺	24	-0,3562	0,529
Cl ⁻	24	-0,1257	0,199

Примечание. *p-уровень значимости коэффициентов корреляции в соответствии с t-критерием Стьюдента.

Оценка связи между количественным составом ионов в растворах ПГМ1 и в луковицах проводилась методом корреляционного анализа (табл. 4, рис. 1–3). Выявлено, что в пределах изученного диапазона концентраций ПГМ1 (от 0,1 до 20 г/л) имеется прямая значимая корреляционная связь

($R = 0,9$, $P = 0,003$) между количеством ионов Na⁺ в растворе ПГМ1 и в луковицах *Allium cepa*. Линии регрессии для Ca²⁺, Cl⁻ показывают обратную зависимость количества ионов в растворах и луковицах, при этом корреляционных связей по данным элементам не выявлено (табл. 4, рис. 2, 3). Таким образом, данные свидетельствуют об избирательной аккумуляции луковицами Na⁺ при проращивании тест-культуры *Allium cepa* на растворах ПГМ1.

В табл. 5 представлены данные по количественному составу основных ионов ПГМ2 в луковицах *Allium cepa* после их проращивания в растворах реагента. Согласно полученным данным выявлена тенденция аккумуляции луковицами катиона магния (Mg²⁺) относительно контроля. Схожая тенденция прослеживается по общему количеству ионов ПГМ2 (Mg + Cl₂) для луковиц, выращенных на растворах с высокой концентрацией ПГМ (10 и 20 г/л) (табл. 5).

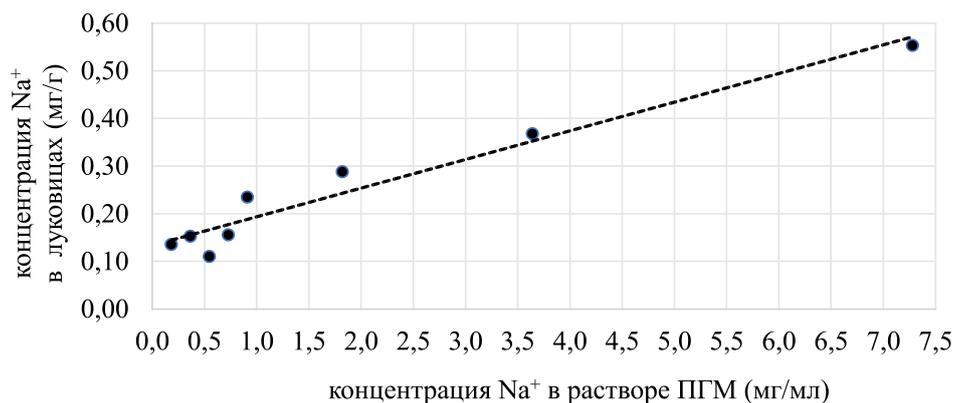


Рис. 1. Зависимость содержания ионов Na⁺ в тест-культуре *Allium cepa* от концентрации раствора ПГМ1

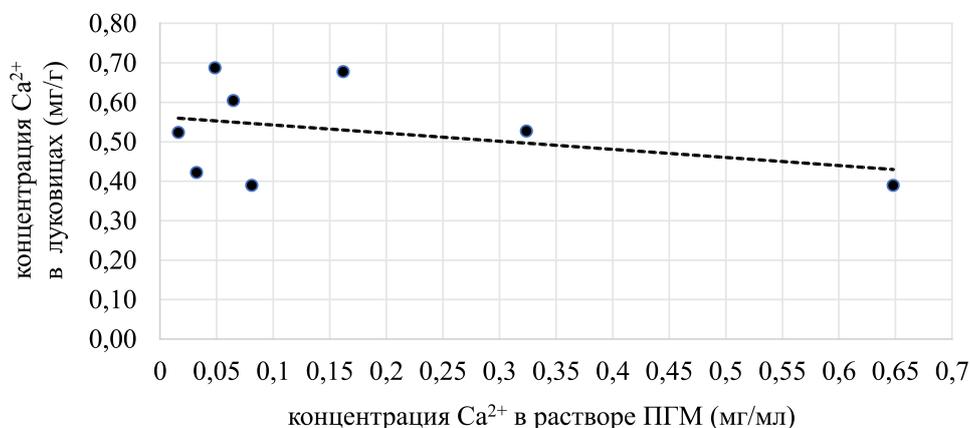


Рис. 2. Зависимость содержания ионов Ca²⁺ в тест-культуре *Allium cepa* от концентрации раствора ПГМ1

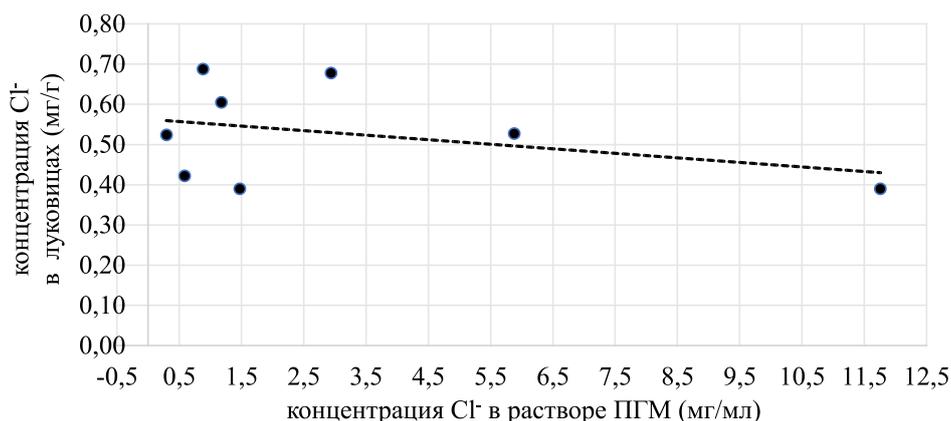


Рис. 3. Зависимость содержания ионов Cl⁻ в тест-культуре *Allium сера* от концентрации раствора ПГМ1

Таблица 5

Катионно-анионный состав лукович *Allium сера*, выращенных на растворах ПГМ2

Концентрация ПГМ, г/л	Концентрация ионов в луковиче, мг/г		Сумма ионов (Mg ²⁺ + Cl ⁻)	Массовая доля ионов в луковичах, %	
	Mg ²⁺	Cl ⁻		Mg ²⁺	Cl ⁻
контроль	0,15	1,16	1,31	11,37	88,63
0,5 г/л	0,14	0,72	0,86	16,74	83,26
1 г/л	0,15	0,78	0,93	16,41	83,59
1,5 г/л	0,21	1,01	1,22	16,95	83,05
2 г/л	0,21	0,64	0,85	24,93	75,07
2,5 г/л	0,22	0,46	0,68	32,11	67,89
5 г/л	0,22	0,46	0,68	32,41	67,59
10 г/л	0,67	1,55	2,22	30,05	69,95
20 г/л	0,90	1,67	2,57	34,85	65,15

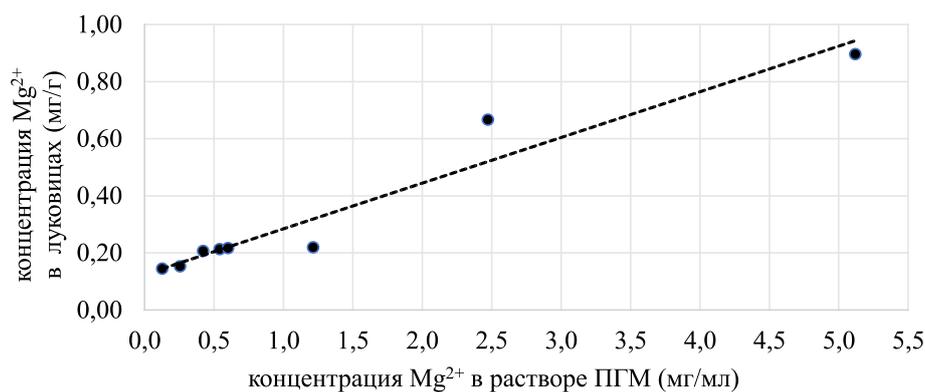


Рис. 4. Зависимость содержания ионов Mg²⁺ в тест-объекте от концентрации раствора ПГМ2

Выявлена положительная значимая корреляция ($P = 0,004$) между содержанием Mg²⁺ в луковичах и в растворах ПГМ2, характеризующаяся наличием сильной связи ($R = 0,9$) между оцениваемыми по-

казателями ($R = 0,9$) (табл. 6, рис. 4). Напротив, значимой корреляционной зависимости между анионом Cl⁻ в составе лукович и в растворе ПГМ2 не установлено ($P = 0,5$).

Таблица 6

Данные корреляционного анализа зависимости концентрации ионов ПГМ2 в растворе и содержания ионов в луковицах *Allium cepa*

Ион	Число луковиц	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена R	p*
Mg ²⁺	24	0,969	0,001
Cl ⁻	24	0,805	0,529

Примечание. *p-уровень значимости коэффициентов корреляции в соответствии с t-критерием Стьюдента.

Заключение

Таким образом, исследование химического состава луковиц после контактного взаимодействия корневой системы *Allium cepa* с растворами ПГМ позволило выявить избирательное накопление катионов Na⁺ и Mg²⁺ в растительной массе тест-культуры, используемой при оценке цито- и генотоксичности ПГМ. Представляется интересным дальнейшее изучение взаимосвязи между количественным содержанием аккумулярованных компонентов ПГМ в тест-культуре и токсическими эффектами, регистрируемыми в клетках корневой меристемы *Allium cepa*.

Список литературы

1. Fiskesjo G. The Allium Test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*. 1985. Vol. 102. P. 99–112.
2. Rank J., Nielsen M.H. A modified Allium test as a tool in the screening of the genotoxicity of complex mixtures. *Hereditas*. 1993. Vol. 18. P. 49–53.
3. Ma T.-H., Xu Z., Xu C., McConnell H. The improved Allium/Vicia root tip micronucleus assay for clastogenicity of environmental pollutants. *Mutat. Res.* 1995. Vol. 334. P. 185–195.
4. Liman R., Acikbas Y., Cigerci I.H. Cytotoxicity and genotoxicity of cerium oxide micro and nanoparticles by Allium and Comet tests. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2019. Vol. 168. P. 408–414.
5. Фаррухшина Л.Р., Иванова Г.А., Зарипова С.К., Сысоева М.А., Газизова Ф.Ф. Исследование токсичности и мутагенности пищевых красителей с помощью тест-системы *Allium cepa* // Вестник технологического университета. 2018. № 21 (1). С. 186–189.
6. Чернышева Н.Н., Хлебова Л.П., Пронина Р.Д. Использование тест-системы *Allium cepa* L. для оценки генотоксичности воды р. Чумыш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (137). С. 90–95.
7. Pesnya D.S., Romanovsky A.V. Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particles and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2013. Vol. 750 (1–2). P. 27–33.
8. Сбитнев А.В., Водянова М.А., Сычева Л.П., Журков В.С., Крятов И.А., Ахальцева Л.В. Цитогенетическая и фитотоксическая оценка противогололедного материала на модельной тест-системе лук (*Allium cepa*). *Гигиена и санитария*. 2018. Т. 97. № 2. С. 144–148.
9. ГОСТ Р 56219-2014 (ИСО 17294-2:2003) Вода. Определение содержания 62 элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115431> (дата обращения: 12.11.2019).

УДК 547.917:575.2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА COUSINIA NINAE JUS

¹Турдумамбетов К.Т., ²Ажибаева З.С., ¹Бакирова Г.А., ¹Джорупбекова Ж.Д.

¹*Институт химии и фитотехнологии НАН Кыргызской Республики,
Бишкек, e-mail: him-teh-ugl@mail.ru;*

²*Ошский государственный университет, Ош, e-mail: zulaika75@mail.ru*

Приоритетным направлением в изучении углеводов является поиск новых источников полисахаридов и их производных, которые обладают высокой физиологической активностью. Углеводный состав растений представляет собой весьма сложную смесь: редуцирующие сахара, олигосахариды, полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлоза и остатки растительных тканей (целлюлозы). Изучены качественный и количественный углеводный состав растений *C. ninae* Juz, как биологически активных компонентов, обуславливающих ее противовоспалительную и иммуностимулирующую активность. Наблюдения в течение ряда лет за ростом *C. ninae* Juz позволили сделать вывод о том, что динамика накопления углеводов зависит от периода вегетации и от биологических особенностей растений, что связано с различной интенсивностью процессов роста и развития растений. В период отрастания (розеточная форма) содержание полисахаридов очень низкое, максимальное их накопление отмечается в период цветения и плодоношения, а к концу вегетационного периода их концентрация заметно снижается. А содержание олигосахаридов преобладает в фазе бутонизации. Установлено, что их содержание зависит от места произрастания, качества почвы и влажности. Определено что наибольшее количество глюкофруктанов содержится в корнях *C. ninae* Juz в фазе плодоношения. Изучение распределения содержания глюкофруктанов по длине корня показало, что наибольшая локализация глюкофруктанов происходит в верхней части корня. Результаты, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о том, что растения *C. ninae* Juz являются перспективными источниками получения глюкофруктанов, определяют возможности расширения сырьевой базы для получения биологически активных соединений.

Ключевые слова: *C. ninae* Juz, углеводный состав, глюкофруктан, олигосахариды

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE CARBOHYDRATE COMPOSITION COUSINIA NINAE JUS

¹Turдумамбетов К.Т., ²Azhibayeva Z.S., ¹Bakirova G.A., ¹Dzhorupbekova Zh.D.

¹*Institute of Chemistry and Phytotechnology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, e-mail: him-teh-ugl@mail.ru;*

²*Osh State University, Osh, e-mail: zulaika75@mail.ru*

A priority in the study of carbohydrates is the search for new sources of polysaccharides and their derivatives, which have high physiological activity. The qualitative and quantitative carbohydrate composition of *C. ninae* Juz plants was studied as biologically active components that determine its anti-inflammatory and immunostimulating activity. Observations over a number of years over the growth of *C. ninae* Juz led to the conclusion that the dynamics of carbohydrate accumulation depends on the growing season and on the biological characteristics of plants, which is associated with different intensities of plant growth and development. During the growing period (rosette form), the content of polysaccharides is very low, their maximum accumulation is noted during the flowering and fruiting period, and by the end of the growing season their concentration decreases markedly. And the content of oligosaccharides prevails in the budding phase. It was found that their content depends on the place of growth, soil quality and humidity. It was determined that the largest number of glucofructans is found in the roots of *C. ninae* Juz in the fruiting phase. A study of the distribution of glucofructane content along the length of the root showed that the greatest localization of glucofructans occurs in the upper part of the root. The results obtained during the experiment indicate that *C. ninae* Juz plants are promising sources for the production of glucofructans, determine the possibilities of expanding the raw material base for the production of biologically active compounds.

Keywords: *C. ninae* Juz, carbohydrate composition, glucofructan

Углеводный состав растений представляет собой весьма сложную смесь: редуцирующие сахара, олигосахариды, полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлоза и остатки растительных тканей (целлюлозы). Известно, что лекарственное растительное сырье при достаточной фармакологической активности легко усваивается организмом, обладает меньшей токсичностью и аллергенностью. Приоритетным направлением в изучении углеводов является поиск новых источников полисахаридов

и их производных, которые обладают высокой физиологической активностью [1, 2].

Установленные фармакологические эффекты водорастворимых полисахаридов связаны, в частности, с наличием фруктозосодержащих углеводов – глюкофруктанов. В наших предыдущих работах были описаны исследования по изучению углеводного состава родов *Cousinia*, а также структуры, свойств и практического применения глюкофруктанов выделенных из этих растений [3, 4].

Цель работы: изучение углеводного состава и особенностей накопления полисахаридов в растениях *Cousinia ninae* Juz, произрастающих в Кыргызстане.

Материалы и методы исследования

На территории Кыргызстана встречается 73 вида растений рода *Cousinia* относящиеся семейству Сложноцветных, что составляет более 30% их видового содержания в СНГ [5]. Растения *C. ninae* Juz является одним из представителей этого рода.

C. ninae Juz – сорные, колючие, двухлетние растения высотой 20–70 см, которые растут обычно сплошными зарослями в пустырях, пастбищах и сенокосах. В настоящее время они не находили существенно применения.

По литературным данным растения *C. ninae* Juz содержат в основном глюкофруктан, мономерный состав которого состоит из глюкозы и фруктозы.

Образцы растительного сырья собраны в Чуйской и Ферганской долинах. Воздушно-сухие, измельченные корни (к) и надземную часть (н/ч) растений обрабатывали 82% и 96%-ным этанолом для удаления низкомолекулярных соединений, красящих веществ и влаги. Моно- и олигосахариды извлекали экстракцией этанолом, мономерный состав определяли кислотным гидролизом, а с помощью бумажной хроматографии (БХ) идентифицировали глюкозу и фруктозу.

Из состава растения последовательно выделяли спирторастворимые сахара (ОС), водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества и гемицеллюлозу (ГЦ) [6].

Результаты исследования и их обсуждение

В корнях и надземных частях растений в зависимости от периода вегетации было определено содержание углеводов. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, в фазе бутонизации количество олигосахаридов в корнях этих растений достигает максимума – 6,9%, а полисахаридов в фазе цветения – плодоношения – 10,9% и 16,4%. В надземных частях в фазе бутонизации содержание олигосахаридов достигает 3,2%.

Таким образом, было установлено: накопление глюкофруктанов значительно меняется в течение вегетационного периода, что связано с различной интенсивностью процессов роста и развития растений. В период отрастания (розеточная форма) содержание полисахаридов очень низкое, максимальное их накопление отмечается в период цветения и плодоношения, а к концу вегетационного периода их концентрация заметно снижается. А содержание олигосахаридов преобладает в фазе бутонизации. Содержание же редуцирующих сахаров в корнях и надземной части невелико. Кроме того, на содержание углеводов оказывают влияние как погодные-климатические условия, так и почвенный состав. Также было установлено, что между содержанием углеводов в растениях и местом их произрастания существует прямая зависимость (табл. 2).

При изучении изменения количества углеводов в течение года было определено, что в количественном отношении содержание углеводов в корнях растений меняется на протяжении всего периода вегетации. Даже в зимний период углеводы не исчезают. В период бутонизации содержание олигосахаридов достигает максимума – 6,9%, а в это же время количество полисахаридов снижается до 6,4%. Определено, что с увеличением количества полисахаридов в фазе цветения наблюдается уменьшение содержания олигосахаридов до 4,2%. Содержание же пектинов и гемицеллюлоз по мере роста растений увеличивается, достигая максимума в фазе цветения и плодоношения, затем снижается равномерно до фазы покоя.

Таблица 1

Содержание углеводов в зависимости от периода вегетации растений *C. ninae* Juz

Фаза развития	Части растений	МС %	ОС %	ПС %	ПВ %	ГЦ %
Розеточная форма	К	0,7	3,3	3,4	2,2	1,8
	н/ч	1,1	2,0	1,1	1,0	1,2
Бутонизация	К	0,9	6,9	6,4	3,2	4,8
	н/ч	1,7	3,2	1,4	1,3	2,2
Цветение	К	0,7	5,5	10,9	3,6	5,6
	н/ч	0,4	2,5	1,1	1,2	3,0
Плодоношение	К	0,6	4,2	16,4	3,2	5,4
	н/ч	0,4	2,1	1,0	1,0	3,1

Таблица 2

Изменение содержания углеводов в зависимости от места произрастания растений *C. ninae* Juz (фаза цветения)

Место отбора проб	Часть растения	МС %	ОС %	ПС %	ПВ %	ГЦ %
Кок-Бель (перевал)	к	0,5	2,5	15,9	1,7	3,1
	н/ч	1,0	2,4	1,7	0,9	2,7
Торкент (село)	к	1,1	5,3	12,7	2,0	3,7
	н/ч	1,3	2,2	0,9	2,1	1,9
Уч-Терек (село)	к	1,4	6,2	14,3	2,1	3,9
	н/ч	0,6	1,9	2,1	2,3	2,2
Таш-Мойнок (перевал)	К	1,7	5,2	16,5	2,7	4,1
	н/ч	1,5	1,4	1,2	1,9	0,2
Сосновка (село)	к	1,0	6,9	14,4	2,6	4,3
	н/ч	0,6	1,7	1,7	1,7	2,1
Александровка (село)	к	1,5	5,4	12,9	2,9	4,1
	н/ч	0,9	1,4	2,1	1,9	2,0

Таблица 3

Углеводный состав растения *C. ninae* Juz в течение года

Время года	Фаза развития	Содержание углеводов, %				
		МС	ОС	ПС	ПВ	ГЦ
Январь	Покой	0,7	2,9	6,2	2,1	2,5
Февраль	Покой	0,7	3,0	6,3	2,2	2,5
Март	Пробуждение	0,9	7,6	6,9	2,7	2,6
Апрель	Розетка	1,2	4,9	7,5	3,1	2,9
Май	Бутонизация	У	6,9	6,4	3,9	3,1
Июнь	Цветение	У	4,2	10,9	4,2	4,0
Июль	Плодоношение	0,7	4,0	11,6	4,2	4,1
Август	Плодоношение	0,7	4,0	16,9	4,2	4,1
Сентябрь	Отмирание н/ч	0,6	2,7	9,0	4,2	4,0
Октябрь	Начало покоя	0,4	2,6	8,0	4,0	3,7
Ноябрь	Покой	0,5	2,6	7,7	3,9	3,3
Декабрь	Покой	0,6	2,7	7,0	3,0	2,7

В стадии покоя происходит процесс синтеза более высокомолекулярных водорастворимых полисахаридов до максимального уровня к началу новой вегетации. В табл. 3 представлены результаты изучения углеводного состава растения *C. ninae* Juz в течение года.

На примере изучения эндемного *C. ninae* Juz показано, что состав его корней представлен весьма сложной смесью (табл. 4).

Кроме того, были проведены работы по изучению влияния погодно-климатических условий на содержание углеводов. Изучение проводилось на двухлетних растениях *C. ninae* Juz в период 2015–2016 и 2017–2018 гг. Образцы растений, корни и надземную часть брали в одном и том же месте произрастания. Нами были установлены особенности изменения суммы олигосахаридов в зависимости от погодных условий. Так как сезоны 2016 и 2018 гг. по сравнению с предыдущими были аномально засушливыми, было замечено, что в корнях и надземной части растений происходило увеличение содержания суммы углеводов (табл. 5).

Таблица 4

Химический состав корней *C. ninae* Juz

Химический состав	%, от массы корня
Сухие вещества	45,3
Вода	7,2
Общий сахар, в том числе:	30,2
Моносахариды	1,2
Олигосахариды	6,7
Полисахариды	12,9
Пектиновые вещества	4,2
Г емицеллюлоза	5,2
Несахаристые вещества, в том числе:	
Азот	1,4
Зола	5,9
Дубильные вещества	2,1
Смола (красящие вещества)	1,2
Жиры	1,5
Сесквитерпеновые лактоны	0,3
Белковые вещества	1,75
Каучук	0,25

Таблица 5

Зависимость углеводного состава *C. ninae* Juz от климатических условий

Исследуемый орган	Фаза развития	Год сбора (сумма углеводов)			
		2015	2016	2017	2018
к	Бутонизация	29,6	33,0	30,4	32,9
н/ч	-//-	24,2	27,2	23,2	26,8
к	Цветение	34,0	38,1	33,2	37,3
н/ч	-//-	22,2	24,1	21,7	24,6
к	Плодоношение	29,9	33,6	35,5	36,8
н/ч	-//-	20,2	22,8	19,8	22,2
к	Отмирание	29,0	31,2	26,3	29,5
н/ч	-//-	17,1	20,3	17,0	19,7

Таблица 6

Зависимость выхода глюкофруктанов от массы корней

Масса сырого корня	Моносахариды, %	Олигосахариды, %	Глюкофруктаны, %	Общий сахар, %	ГФ от общего сахара, %
500	1,3	13,7	30,00	45,00	66,04
800	1,25	7,79	35,00	44,34	44,26
100	0,5	7,00	38,50	46,00	83,70
120	0,55	6,80	41,00	48,35	84,78

Таблица 7

Распределение углеводов по длине корня растений

Исследуемая часть корня	МС, %	ОС, %	Глюкофруктаны, %	Общий сахар, %	Глюкофруктаны от общего сахара, %
Корневище (головка) шейка, 6 см длины	0,50	8,20	32,10	40,80	78,67
Основание корня с корневищем	0,55	9,00	37,56	47,05	79,70
Длина от начала подземных органов:					
10 см	0,35	9,80	37,34	47,40	78,13
20 см	1,22	13,28	36,90	51,40	71,78
38 см	1,13	11,94	36,40	49,11	74,11
Боковые корни	1,13	7,80	35,26	44,28	79,62

Наблюдения в течение ряда лет за ростом *C. ninae* Juz позволили сделать вывод о накоплении углеводов в зависимости от биологических особенностей растений. Установлено, что содержание углеводов зависит от места произрастания, качества почвы и влажности. Причем замечено, что с увеличением количества влаги повышается содержание олигосахаридов (фаза бутонизации), но снижается количество полисахаридов.

Продолжая исследования растений, изучена зависимость выхода глюкофруктанов от массы корней растений (табл. 6).

Как видно из табл. 6, наибольшее количество глюкофруктанов содержится в корнях массой 120 г. С увеличением массы содержание глюкофруктанов в них уменьшается и достигает минимума, так как большинство корней обычно бывают подгнившими.

Далее было проведено изучение распределения содержания глюкофруктанов по длине корня (табл. 7).

Результаты исследования показали, что наибольшая локализация глюкофруктанов происходит в верхней части корня (до 15 см его длины). Поэтому заготовку корней надо осуществлять с неполным выкапыванием корня, а только на глубине более 20 см. Это предохранит почву от эрозии, а их оставшихся корней произойдет отрастание новых побегов. Боковые корни содержат до 36% глюкофруктанов, и при заготовке их тоже надо выкапывать на глубине не более 20 см.

Исследования показали, что в подземных органах растений количество глюкофруктанов во внутренних древесных тканях больше, чем в наружных. В начале корня (длиной до 10 см) разница между содержа-

нием глюкофруктанов в коре и в середине меньше, чем в нижней части корня.

Показаны различия в количественном содержании и моносахаридном составе выделенных фракций полисахаридов, что может быть связано с индивидуальными особенностями растений.

Выводы

Наблюдения в течение ряда лет за ростом *C. ninae* Juz позволили сделать вывод о том, что накопление углеводов зависит от периода вегетации и от биологических особенностей растений, что связано с различной интенсивностью процессов роста и развития растений. Установлено, что их содержание зависит от места произрастания, качества почвы и влажности. При исследовании глюкофруктанов определено что наибольшее количество глюкофруктанов содержится в корнях *C. ninae* Juz в фазе плодоношения.

Результаты, полученные в ходе эксперимента, свидетельствуют о том, что расте-

ния *C. ninae* Juz являются перспективными источниками получения глюкофруктанов и определяют возможности расширения сырьевой базы для получения биологически активных соединений

Список литературы

1. Сафонова Е.А. Полисахариды растений как корректоры цитостатической терапии экспериментальных опухолей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2011. 26 с.
2. Дьякова Н.А. Рационализированная методика количественного определения водорастворимых полисахаридов и ее валидация // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2015. № 2. С. 106–111.
3. Турдумамбетов К., Ажибаева З.С., Усубалиева Г.К., Джорупбекова Дж., Гончарова Р.А. Олиго- и полисахариды некоторых видов растений семейства Сложноцветных // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. 2011. № 4. С. 49–53.
4. Турдумамбетов К., Ажибаева З.С. Растения родов *Cousinia* – источник получения глюкофруктанов (инулина) // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 28. С. 21–25.
5. Флора Киргизии. Фрунзе: Илим, 1965. Т. XI.
6. Жданов Ю.А. Практикум по химии углеводов. М., 1973. С. 179–183.

СТАТЬИ

УДК 551.46

**ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ
АКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ТОЛЩИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ****Пронин А.А.***Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: pronin@ocean.ru*

Рассмотрены технические аспекты постобработки данных акустического профилирования толщи водонасыщенных донных отложений, получаемых с помощью буксируемых акустических профилографов, в частности акустического профилографа АП-5, разработанного в Институте океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Предложена методика «технического» дешифрирования первичных данных, которая позволяет значительно упростить процесс обмена материалами съёмки и их обработки, между специалистами разного профиля, участвующими в процессе интерпретации. Для обмена результатами работы предложено использовать программу Surfer, фирмы Golden Software, Inc., которая широко применяется в практике океанологических исследований и хорошо известна большому кругу специалистов различного профиля, работающих в сфере морских исследований. Приведены примеры обработки данных по предлагаемой методике на основе материалов, полученных при проведении прибрежно-морских экспедиций на шельфе полуострова Крым в 2017 г. на МНИС «Ашамба» и в 2018–2019 гг. на НИС «Пеленг». Показана целесообразность применения специальных цветографических обозначений и условных знаков при дешифрировании материалов акустического профилирования, что позволяет более полно отразить различные аспекты первичных данных с целью их использования специалистами, которые проводят дальнейшую интерпретацию.

Ключевые слова: донные осадки, акустическое профилирование, подводные буксируемые аппараты, шельф полуострова Крым, морские экспедиционные исследования

TECHNICAL ASPECTS POST PROCESSING DATE ACOUSTICAL PROFILING**Pronin A.A.***Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: pronin@ocean.ru*

The technical aspects of post-processing of acoustic profiling data for the thickness of water-saturated bottom sediments obtained using towed acoustic profilographs, in particular, the AP-5 acoustic profilograph developed at the Institute of Oceanology named after P.P. Shirshov Russian Academy of Sciences. A technique of «technical» decoding of primary data is proposed, which allows to significantly simplify the process of exchanging survey materials and their processing between specialists of different profiles involved in the interpretation process. It is proposed to use Surfer, Golden Software, Inc., a company that is widely used in oceanological research practice and is well known to a wide range of specialists in various fields working in the field of marine research to exchange work results. Examples of data processing, according to the proposed methodology, based on materials obtained during the coastal-sea expedition on the shelf of the Crimean peninsula in 2017 at the MNIS «Ashamba» and in 2018-2019 at the R / V «Peleng» are given. The expediency of using special colorographic symbols and conventional signs for decoding of acoustic profiling materials is shown, which allows to more fully reflect various aspects of the primary data for the purpose of their use by specialists who conduct further interpretation.

Keywords: bottom sediments, acoustic profiling, underwater towed vehicles, shelf of the Crimean peninsula, marine expeditionary studies

В настоящее время при проведении океанологических исследований все более широкое применение находят технические средства акустического зондирования – эхолоты, гидролокаторы бокового обзора и акустические профилографы. Акустическое профилирование толщи водонасыщенных донных отложений является одним из основных методов, применяемых при изучении подповерхностного строения донного грунта. В нашей стране аппаратура для проведения акустического профилирования дна для научных исследований, впервые была создана и применена Н.А. Римским-Корсаковым [1]. В 1990-х гг. началось применение

аппаратуры для акустического профилирования на реках и других внутренних водоемах [2], для решения как научных, так и прикладных задач.

В последующие десятилетия эта область получила бурное развитие, в настоящее время акустические профилографы (преимущественно зарубежного производства) имеются на научно-исследовательских судах, а также во многих организациях, выполняющих изыскательские работы, связанные со строительством гидросооружений, обслуживанием нужд нефтегазового комплекса и другими задачами.

Использование акустического профилирования доказало свою эффективность для

проведения работ различного назначения, как научно-исследовательских, так и прикладного характера – для изыскательских целей, поиска и пр. Одним из наиболее востребованных направлений для применения подобных приборов являются геолого-геоморфологические исследования шельфа, эстуарных зон и русел рек.

Оптимальным для решения задачи наиболее полной и достоверной интерпретации данных акустического профилирования толщи донных отложений является его проведение группой экспертов – специалистов ряда отраслей знания – геологов, геоморфологов, биологов, инженеров и др., которые в процессе непосредственного общения могут обмениваться информацией. При проведении крупных комплексных экспедиций, на больших научно-исследовательских судах, так и поступают при интерпретации данных наиболее интересных, ключевых участков. Во всех остальных случаях приходится обрабатывать данные последовательно, передавая материалы от специалиста к специалисту.

В Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН довольно давно известна и широко применяется методика обработки комплекса данных, полученных с помощью эхолотирования, гидролокационной съемки поверхности дна и акустического профилирования толщи донных отложений [3–5]. При многочисленных положительных качествах этой методики, ограничением ее применения является наличие специального программного обеспечения (ПО), которое даже при свободном его распространении, не всегда применяется специалистами смежных областей, так как требует времени и определенных усилий для его освоения. С другой стороны, в научной практике известно применение специалистами различных отраслей знания одного и того же программного пакета для обработки и представления результатов исследований. В частности, в области наук о Земле к такому ПО можно отнести программу Surfer, фирмы Golden Software, Inc. Эту программу используют практически все специалисты, работающие в области океанологии. Она широко применяется в гидрофизике, гидрохимии, экологии донных сообществ и других дисциплинах для обработки и представления данных по разрезам. Таким образом, целью данной работы было создание методики последовательной обработки данных акустического профилирования, в которой предусматривается, что обмен данными и суммирование результатов происходит в общеизвестной программе Surfer, а отдельные

участники процесса могут применять специализированное ПО.

Материалы и методы исследования

В данной статье описана методика обработки данных акустического профилирования, выполненная на шельфе Крыма в 2017–2019 гг., в экспедициях на МНИС «Ашамба» и НИС «Пеленг» на примере 8-й версии программы Surfer. Это связано с тем, что в силу известных причин не все научные учреждения могут своевременно обновлять применяемое ПО. Тем не менее ее возможностей вполне хватает для качественной постобработки данных, хотя применение современных версий, несомненно, делает работу более удобной, быстрой и обладает рядом дополнительных возможностей. Описываемая методика не является исчерпывающей и описывает только первый, «технический» этап обработки данных, который осуществляется специалистами в области подводной техники. Результатом их работы является представление полученных данных в виде удобном и понятном для специалистов других направлений – геологов, геоморфологов, биологов и т.д. Кроме программы Surfer, на этом этапе используется специализированное ПО – Ehograf, Winrastr и KRAVCH-1, созданное специалистами ИО РАН им. П.П. Ширшова.

Результаты исследования и их обсуждение

На начальном этапе обработки общую информацию о полученных файлах данных необходимо систематизировать в таблице. Начинать её построение желательно во время выполнения съемки. Наиболее важной информацией в таблице являются координаты начала и конца файлов, входящих в разрезы. Причем они необходимы в географической, прямоугольной и линейной (метры от начальной точки разреза) системах координат. Также таблица должна содержать данные о диапазоне работы профилографа, курс (путевой угол), скорость и т.д. Важными являются сведения о маневрах судна, которые могут быть вызваны ситуациями, связанными с безопасностью судоходства, расхождением судов и т.п. Отсутствие этих сведений может привести к существенным ошибкам при интерпретации данных. При заполнении таблицы производится сверка данных со схемой (картой) галсов, которую удобно строить в программе Surfer, используя опцию Post map, которая позволяет строить карты «точек наблюдений», в нашем случае точек, где есть определения спут-

никовой системы навигации во время выполнения съёмки. Для их построения используются файлы с расширением .nav, которые автоматически создаются в процессе движения по галсу программой «Ehograf». Отбраковываются файлы, где существенно менялись скорость и направление движения судна. При необходимости их можно будет использовать позже, если, по результатам дешифрирования, возникнут вопросы, разрешить которые можно только с использованием данных, содержащихся в этих файлах. Далее файлы, которые признаны безоговорочно годными, обрабатываются в программе «Winrastg» или KPAVCH-1, в зависимости от вида оборудования, с помощью которого производилась съёмка. В этих программах, с учетом навигационной привязки, строятся масштабированные файлы изображений толщи донных отложений в графических форматах BMP или JPEG, которые затем импортируются в Surfer. Для программы Winrastg их удобно строить в черно-белой палитре, где максимуму сигнала соответствует черный тон. Программы «Winrastg» и KPAVCH-1 позволяют создать на профилограммах сетку графления по глубине и расстоянию, но удобнее это сделать позже, в программе «Surfer». Полученные изображения толщи донных отложений импортируются в программу «Surfer» с помощью команд Plot – Map-Base Map. Координаты импортированных изображений «Surfer» строят в условной системе координат, которая зависит от характеристик исходного .bmp файла и не связана с навигационными параметрами. Эту систему координат необходимо преобразовать в прямоугольную систему координат с осями оцифрованными в метрах (или в метрах для шкалы глубин и километрах для шкалы расстояний). Для этого используются вкладки Property – Base Map. Для оси расстояний это не представляет труда, просто для данного файла подставляются значения в метрах начала и конца части разреза из таблицы исходных данных. Для оси глубин эта операция немного сложнее. Необходимо началу развертки профилографа на изображении присвоить значение заглупления антенны, а концу – максимальное значение диапазона развертки. В общем случае, граница импортированного изображения может не соответствовать началу развертки, тогда, с помощью функции Map-Digitaze определяют координату положения антенны в условных единицах. Далее определяется величина диапазона развертки в условных единицах (как разность максимального значения ди-

апазона и значения координаты антенны). После этого определяется коэффициент пересчета от условных единиц к метрам и вычисляется значение нуля условной системы координат в метрах (оно может быть отрицательным). Далее эти операции продельвается последовательно со всеми файлами разреза, и результаты сохраняются в отдельной папке. Следует сказать, что файлам и папкам необходимо присваивать осмысленные имена, информирующие об их содержимом и этапе обработки. В противном случае через некоторое время будет трудно разобраться в большом количестве файлов. Алгоритм присвоения имён желательно описать в отдельном файле Read me, где будет сохраняться сопутствующая информация о ходе обработки данных. Следующим шагом, после перевода всех файлов разреза в линейную систему координат, будет оцифровка поверхности дна и границ слоев донных отложений, которая выполняется с помощью функции Map-Digitaze. Выполнение оцифровки поверхности дна и акустических границ между слоями донных отложений возможно в нескольких вариантах. Наиболее правильным является вариант, когда акустические изображения из отдельных файлов собираются в один суммарный и по нему проводится оцифровка слоев. На практике это не всегда выполнимо, если данные имеют большой объем. В этом случае оцифровку целесообразно проводить, оцифровывая каждый слой последовательно по всем файлам разреза, начиная с поверхности дна (рис. 1).

В процессе получения фрагментов профиля разреза их необходимо собирать в отдельном окне плот документа. Это необходимо для недопущения ошибок в обработке отдельных файлов, которые будет трудно выявить в суммарном файле. При этом удобно иметь рабочую систему, в которой каждый файл и каждый слой имеет свое цветографическое обозначение. Иногда возникают затруднения при стыковке слоев оцифрованных в отдельных файлах. В этом случае удобно поместить на плот сборки отдельное изображение, которое оцифровывается, что позволит легче выявить залегание слоев.

При оцифровке необходимо учитывать, что на изображениях могут присутствовать артефакты, которые могут искажать реальную картину. Прежде всего, к ним надо отнести помехи связанные с изменением скорости и направлением движения судна, вследствие которых на записях могут появляться возвышенности и депрессии (рис. 3).

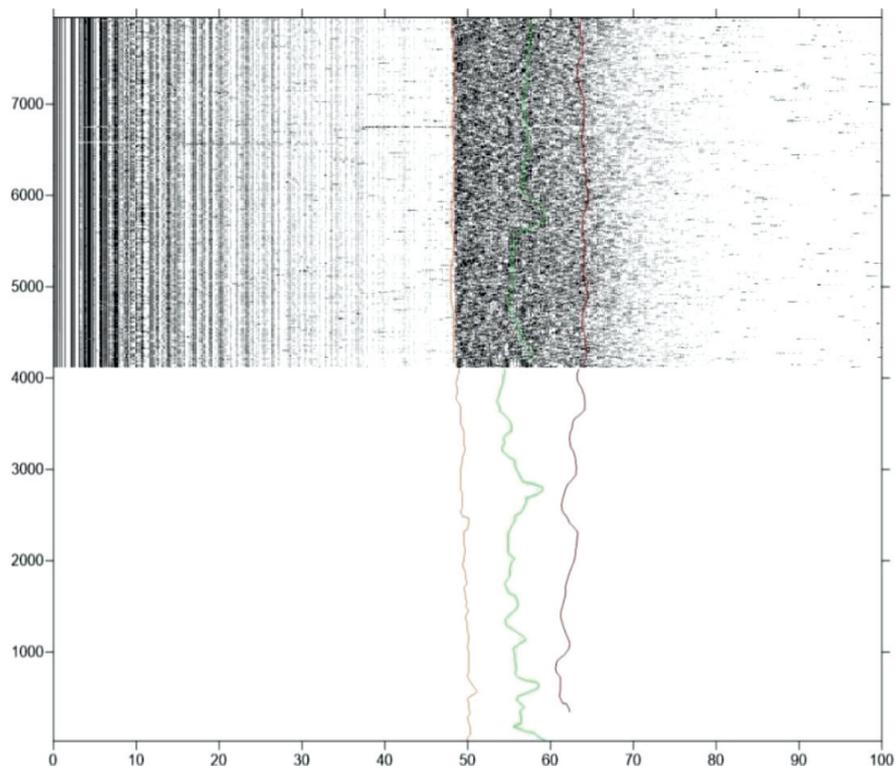


Рис. 1. Последовательная оцифровка отражающих границ на соседних файлах разреза. Слева шкала расстояний от начала разреза, внизу шкала глубин. Обе шкалы в метрах

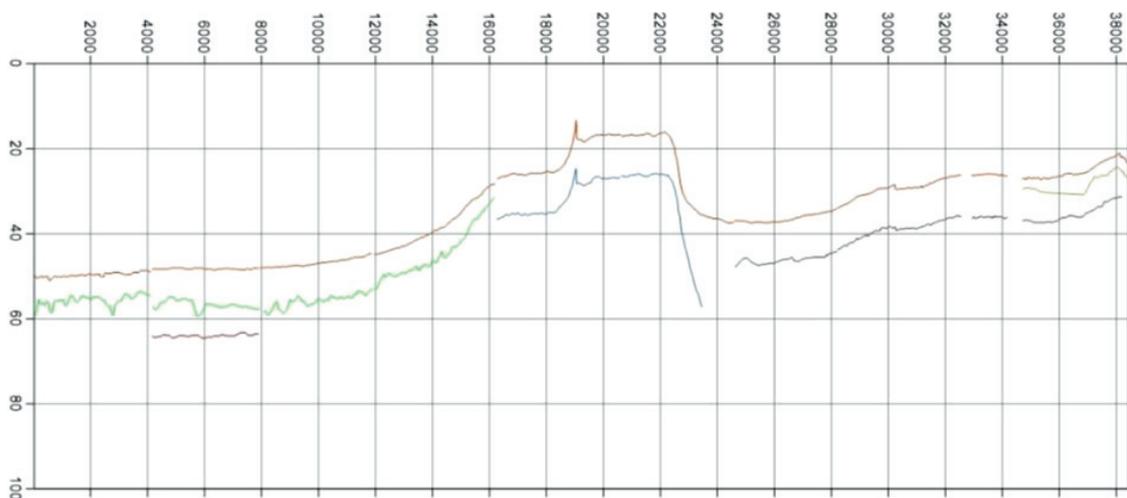


Рис. 2. Сводное изображение, выделенных при первичном дешифрировании отражающих границ. Шкала расстояния от начала разреза и шкала глубин заняли привычные места – расстояния по горизонтали, глубины по вертикали. Обе шкалы в метрах

При проведении работ на реках, в стеснённых акваториях, могут присутствовать помехи, создаваемые близко проходящими судами, гидротехническими сооружениями и т.п. Многие неоднозначные моменты, возникающие при обработ-

ке данных, позволяет прояснить информация, содержащаяся в специализированной литературе. В частности, при обработке материалов по шельфу Крыма существенно помогли сведения, содержащиеся в источниках [6–8].

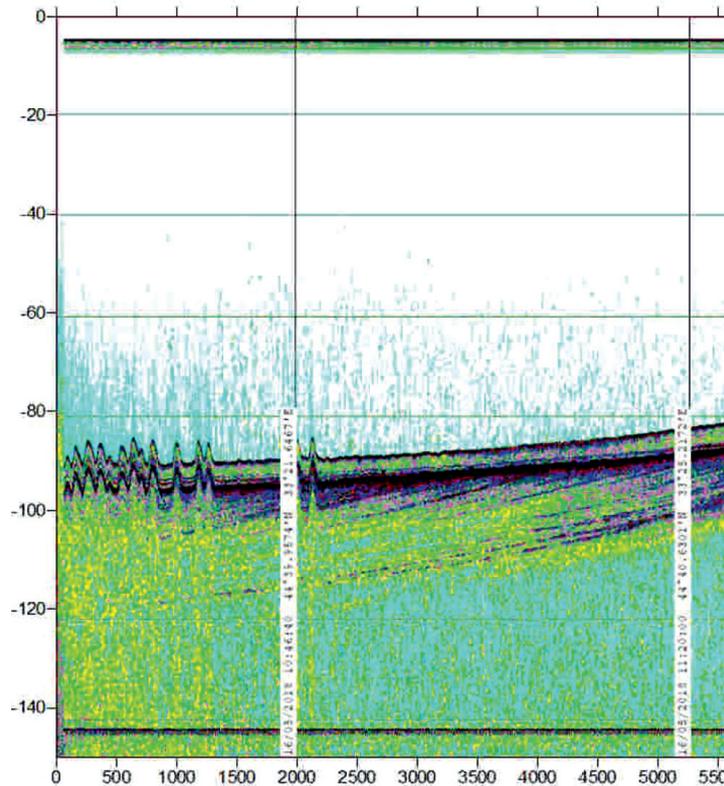


Рис. 3. Пример изображения помех, вызванных нестабильным движением подводного носителя

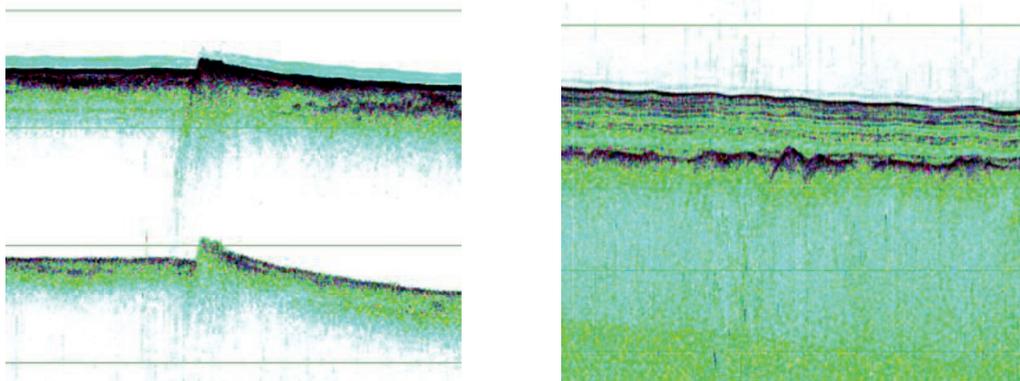


Рис. 4. Пример изображений объектов, которые не выражаются в масштабе разреза, но важны для понимания геолого-геоморфологической обстановки района. Проявления тектонических движений земной коры (разлом) на поверхности дна (слева); ряд разломов, погребенных в осадках (справа)

При оцифровке слоев оператор сталкивается с ситуациями, когда он обнаруживает объекты, которые не входят в системы классификации, которая принята в данном случае, или объекты не могут быть видны при принятом масштабе разреза. Такие аномальные объекты нельзя игнорировать, они могут существенно прояснить картину при последующем

анализе данных другими специалистами. Эти объекты можно показать условными знаками и в приложении к материалам дешифрирования дать их акустические изображения. Условными знаками также удобно отображать сопутствующую информацию, например типы донных грунтов, известных по данным пробоотбора или из других источников.

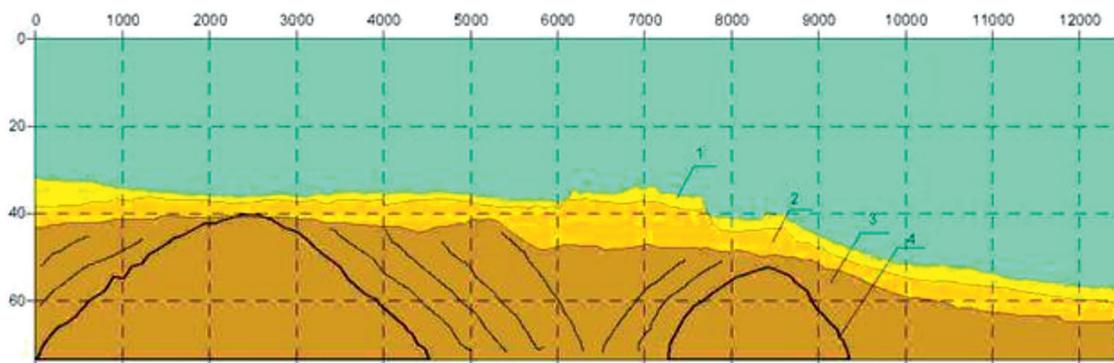


Рис. 5. Итоговый разрез, построенный с применением, описанной методики [9]. Геолого-литологический разрез внутреннего шельфа на Керченском полигоне в районе – мыса Кызыл-Аул. 1 – современные черноморские отложения (джеметинские и каламитские слои), 2 – древнечерноморские отложения (бугазские и новоэвксинские слои), 3 – коренные неогеновые породы (сарматские слои), 4 – диапировая складчатость

Материалы первичной обработки передаются для последующей работы специалистам геолого-геоморфологической направленности. В них входят: полученные схемы отражающих границ, изображения осадочной толщи, схемы планового положения галсов с расположением отдельных файлов акустического профилирования, схемы планового положения выявленных объектов и легенда их классификации. Файлы данных передаются в форматах принятых в ПО Surfer. При необходимости эти же файлы могут быть продублированы в известных графических форматах BMP или JPEG. На рис. 5 показан пример разреза, построенного по данной методике.

Выводы

Применение данной методики для первичной обработки материалов акустического профилирования толщи водонасыщенных донных отложений показало свою эффективность и удобство при совместной работе группы специалистов. К её положительным качествам нужно отнести возможность на любом этапе обработки вернуться к первичным данным и внести необходимые исправления.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0149-2019-0011) при частичной поддержке РФФИ (проект Арктика № 18-05-60070 и проект РГО-а № 17-05-41041).

Автор выражает благодарность Н.А. Римскому-Корсакову, В.Н. Коротаеву, В.В. Иванову за помощь и многочисленные консультации, а также коллегам – А.Д. Мутовкину, И.М. Анисимову и В.Ю. Кузьмину,

совместно с которыми проводились экспедиционные работы.

Список литературы

1. Римский-Корсаков Н.А. Особенности геологических исследований дна акустическими профилографами с борта подводных буксируемых аппаратов // Океанология. 1983. Т. XXIII. № 5. С. 887–892.
2. Коротаев В.Н., Зайцев А.А., Римский-Корсаков Н.А., Сычев В.А. Морфология русла и стратиграфия отложений в западной подсистеме водотоков дельты р. Волги // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 1996. № 5. С.53–59.
3. Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А. О методологии исследований дна акваторий и водных объектов гидролокационными методами. ВИНТИ, 22.12.2010. № 718-B2010.
4. Бабич Д.В., Иванов В.В., Коротаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А. Инженерные изыскания при исследовании русловых процессов на Нижней Волге // Инженерные изыскания. 2014. № 2. С. 35–41.
5. Пронин А.А., Белевитнев Я.И., Сурин Н.М. Модернизация методики сбора, обработки и представления данных при исследовании морфолитодинамики русел рек и морских прибрежных акваторий // Современные методы и средства океанологических исследований: сб. ст. XIV международной научно-технической конференции (МСОИ 2015)». Т. 1. М., 2015. С. 297–301.
6. Авдеев А.И., Белокопытов В.Н. Морфометрические характеристики и расчлененность дна северной части Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2011. № 4. С. 43–63.
7. Иванов В.Е. Особенности осадконакопления в устьях рек юго-западного Крыма в позднем плейстоцене и голоцене // Геология полезных ископаемых Мирового океана. 2014. № 1 (35). С. 94–107.
8. Yamko V. Geological and geomorphological factors and marine conditions of the Azov-Black Sea Basin and coastal characteristics as they determine prospecting for scaled prehistoric sites on the continental shelf. Quaternary Paleoenvironments. 2018. P. 431–478.
9. Иванов В.В., Коротаев В.Н., Мысливец В.И., Порохов А.В., Пронин А.А., Римский Корсаков Н.А., Тихонова Н.Ф. Геофизические и гидрографические изыскания на восточном шельфе полуострова Крым (Феодосия, Керчь, Анапа) // Океанологические исследования. 2018. Т. 46. № 1. С. 82–101.

УДК 631.48:528.9

**КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ****Дитц Л.Ю.***Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИИХ», Новосибирск,
e-mail: l.ditz@mail.ru*

В статье рассмотрены основные направления проведения почвенного экологического мониторинга Северо-Кулундинской зоны на примере одного из хозяйств Новосибирской области. Выявлены наиболее значимые природные и антропогенные факторы, проявление которых приводит к снижению уровня плодородия сельскохозяйственных земель. Отмечено, что для почвенного покрова степных районов Северной Кулунды основным фактором деградации является дефляция. Прогрессирующее развитие процессов дефляции приводит к распылению пахотного горизонта, уменьшению содержания гумуса, падению урожайности. Дана характеристика территории исследования, которая включает природные факторы формирования почвенного покрова. Выделены основные этапы проведения почвенного экологического мониторинга. Особо отмечено, что основой для проведения почвенно-экологического мониторинга является использование картографического метода, основой которого является применение геоинформационных систем. Оперативное выявление изменений состояния почвенного покрова возможно на применении атрибутивных баз данных. Отмечено, что использование серии тематических карт позволяет методом моделирования создавать карту потенциальной урожайности, на основе которой возможно применение управленческих решений. Основой проведения почвенного мониторинга является использование геоинформационных технологий в целях оптимизации землепользования и реабилитации деградированных территорий, картографической регистрации и прогноза изменений.

Ключевые слова: мониторинг, почва, деградация, картографирование, эрозия, географическая информационная система

**MAPPING POSSIBILITIES OF MONITORING THE ECOLOGICAL
STATE OF SOIL RESOURCES****Ditts L. Yu.***Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, e-mail: l.ditz@mail.ru*

The article discusses the main directions of soil environmental monitoring of the North Kulundinskaya zone on the example of one of the farms of the Novosibirsk region. The most significant natural and anthropogenic factors were revealed, the manifestation of which leads to a decrease in the level of fertility of agricultural lands. It is noted that deflation is the main factor of degradation for the soil cover of the steppe regions of Northern Kulunda. The progressive development of deflation processes leads to a dispersal of the arable horizon, a decrease in the content of humus, and a drop in productivity. The characteristic of the study area, which includes the natural factors of soil cover formation, is given. The main stages of soil environmental monitoring are highlighted. It is especially noted that the basis for conducting soil-ecological monitoring is the use of the cartographic method, the basis of which is the use of geographic information systems. Rapid identification of changes in the state of the soil cover is possible using attribute databases. It is noted that the use of a series of thematic maps allows using a simulation method to create a map of potential productivity on the basis of which management decisions can be applied. The basis of soil monitoring is the use of geoinformation technologies in order to optimize land use and rehabilitation of degraded territories, cartographic registration and forecast changes.

Keywords: monitoring, soil, degradation, mapping, erosion, geographical information system

В настоящее время в условиях высокой антропогенной нагрузки земельные ресурсы Новосибирской области подвергаются значительным изменениям, усиливается деградация почвенного покрова. Важнейшим составным компонентом наземных экосистем выступает почва, которая выполняет разнообразные экологические биосферные функции.

Главными причинами неблагополучного экологического состояния степной территории Западной Сибири является длительное экстенсивное развитие сельского хозяйства, нерациональное использование

земель, разрушение природных ландшафтов, несоответствие уровня природопользования природно-ресурсному потенциалу территории, что приводит в итоге к утрате биоразнообразия, потере биомассы и продуктивности плодородных земель. В комплексе эти причины порождают экономическую нестабильность в сельском хозяйстве.

Цель исследования: разработка методологических основ использования почвенной картографии и электронного банка данных для проведения почвенно-экологического мониторинга.

К наиболее значимым антропогенным факторам, приводящим к развитию негативных процессов, относятся:

- экстенсивные формы земледелия;
- использование для обработки почв тяжелой сельскохозяйственной техники;
- техногенные выбросы промышленных предприятий и накопление их в почве;
- отчуждение земель под гидротехнические сооружения, промышленные предприятия, шахты, карьеры и т.п.

В процессе длительного антропогенного воздействия структура и функционирование почвенного покрова трансформированы человеком, что явилось причиной развития многих деградиционных процессов, к которым относятся:

- загрязнение химическими элементами и пестицидами;
- водная и ветровая эрозия;
- дегумификация почв, которая проявляется в падении уровня плодородия;
- уплотнение и разрушение почвенной структуры пахотных горизонтов;
- засоление, осолонцевание, подщелачивание почв;
- заболачивание;
- опустынивание.

Материалы и методы исследования

Традиционная организация территории, сложившаяся в условиях жесткого планирования структуры посевных площадей, привела к существенному, в большей части негативному, изменению природных ландшафтов, в особенности таких его компонентов, как почвенный покров и гидрология.

В целом степень этого изменения зависит от распаханности территории, характера ее освоения, природной зоны, особенностей ландшафтов и почв. В частности, в результате массового вовлечения в активный сельскохозяйственный оборот земель степной зоны получил развитие комплекс процессов, известный под названием «антропогенная аридизация». Такого рода эффект антропогенного воздействия на степные ландшафты проявляется уже в масштабах опустынивания, которое усиливается процессами дефляции, расширением ареалов засоленных и солонцовых почв, изменением гидрологической обстановки: пересыханием малых рек, сокращением площади озер, увеличением минерализации воды в них, повышением солености грунтовых вод. При этом существенно изменяются сложившиеся в природе ландшафтно-геохимические связи, что особенно важно для засоленных ландшафтов, куда относится и Кулундинская равнина, естественная слабая дренированность которой может служить своеобразным фоном для развития процессов засоления и осолонцевания почв.

Развитие процессов водной и ветровой эрозии приводят к разрушению гумусового горизонта почв. Распашка земель ускоряет дефляционные процессы в лесостепных и степных районах, развитие которых превысило допустимый уровень выдувания мелкодисперсных частиц поверхностного гумусового горизонта, что приводит к падению уровня плодородия почв и снижению урожайности сельскохозяйственных культур (рис. 1).

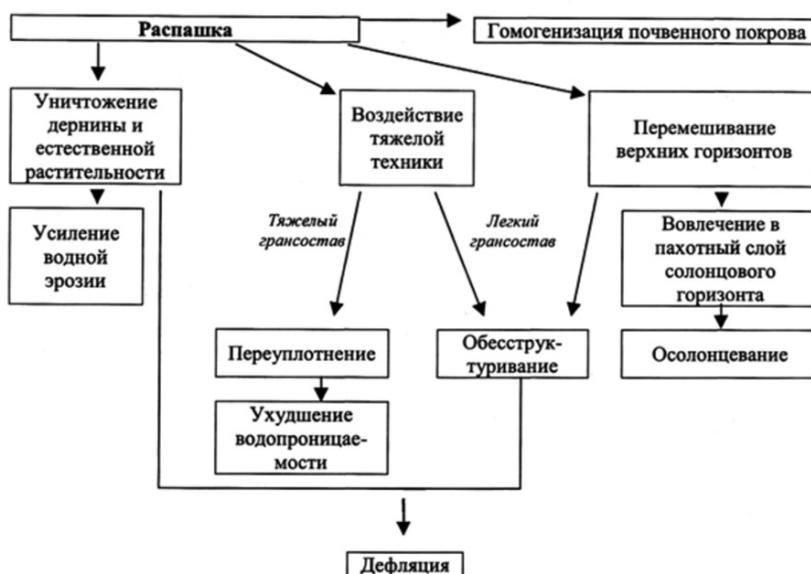


Рис. 1. Схема изменения свойств почв при распашке

В крайнем своем проявлении процессы дефляции и водной эрозии совместно с засолением и дегумификацией приводят к развитию процессов опустынивания, особенно характерно это для степных районов.

Степные регионы, считавшиеся основной продовольственной базой России, в результате тотальной распашки земель охвачены процессами водной и ветровой эрозии, скотобойной деградации [1].

В результате интенсивной антропогенной деятельности почвенный покров территории претерпел значительные негативные изменения. Сокращение площадей занятых лесом, почти полная распашка почв без должного соблюдения научно обоснованных севооборотов и противоэрозионных мероприятий привели к общему иссушению территории, распылению пахотных горизонтов, развитию интенсивной дефляции плакорных почв. В результате дефляции в почвенном покрове, особенно легкого гранулометрического состава, обособились варианты слабо-, средне- и сильнодефлированных почв с пониженным уровнем плодородия.

Признавая основополагающую роль земельных ресурсов для экономического благосостояния региона, возникла необходимость в осуществлении регулярного и оперативного контроля над состоянием почв, осуществлении которого возможно лишь при проведении почвенно-экологического мониторинга.

Экологический мониторинг представляет наиболее сложную структуру постоянного слежения за состоянием природных ресурсов и экологических условий агросистемы конкретной территории.

Организация почвенно-экологического мониторинга осуществляется несколькими этапами [2]:

1. Предварительное обследование состояния почв, формы землепользования, почвенно-экологические условия территории, типы антропогенного воздействия, интенсивность, скорость и направленность изменений.

2. Организация наблюдений во времени. Поскольку все свойства почвы подвержены изменениям, как в пространстве, так и в пределах почвенного профиля, то основной задачей мониторинга является слежение за состоянием свойств почв в процессе их сельскохозяйственного использования.

3. Реализация сбора, хранения, систематизации оперативной информации, что является основой для пространственно-временного прогноза изменения состояния почв и почвенного покрова.

В качестве объекта почвенно-экологического мониторинга было выбрано одно из хозяйств Северо-Кулундинской степи

в пределах Новосибирской области, где экологическими последствиями интенсивного земледелия являются постепенное обсыхание территории, усиление дефляционных процессов, снижение запасов гумуса. Проявление этих негативных факторов привело к снижению урожайности зерновых культур до 8–9 ц/га.

Исследуемая территория является типичным представителем Северной Кулунды. Входит в состав степной природно-климатической зоны. Среднегодовое количество осадков составляет 270–300 мм, большая часть которых (150–190 мм) выпадает с мая по сентябрь, т.е. в течение вегетационного периода. Территория отличается недостаточным увлажнением (ГТК по Г.Т. Селянинову 0,7–0,8), высоким дефицитом влажности воздуха летом и частыми засухами и суховеями. Эрозионно-опасными являются ветры юго-западного направления. Число дней в мае – сентябре со средней скоростью ветра до 10 м/с равно 138, от 10 до 15 м/с – 14, более 15 м/с – 12.

Почвенный покров исследуемой территории, расположенной в пределах Северо-Кулундинской равнины, характеризуется большим разнообразием. Автоморфные почвы, к которым относятся черноземы обыкновенные и южные, используются в основном под пашней. Кормовые угодья расположены в основном на гидроморфные и засоленные почвам.

При проведении мониторинга крупномасштабное картографирование было и остается актуальным направлением в научных областях исследований. Ведение почвенного мониторинга требует базового картографического материала, на котором отражено не только выделение границ почвенных контуров, но и зафиксированы существующие нарушения или объекты, с которыми связана опасность нарушений.

Применение картографического метода исследования в мониторинге позволяет получение по картам качественных сведений и количественных характеристик явлений и процессов, а также их динамику и эволюцию во времени и в пространстве [3]. Поэтому усиливающаяся аридизация степей в результате антропогенного вмешательства диктует необходимость использования геоинформационных систем (ГИС) для картографической регистрации и прогноза изменений.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе первичной информации и исходных карт (почвенной и топографической) методами ГИС-технологии были созданы производные тематические карты

агроэкологических групп, карты потенциальной урожайности пахотных угодий, электронная база данных, которая включает необходимую атрибутивную информацию. Применение ГИС-технологий при компьютерном моделировании является необходимой составляющей любой информационной системы, в которой имеются пространственные данные.

ГИС мониторинга почв проектируется как система, обеспечивающая рациональное почвосберегающее землепользование. Эта работа направлена не только на сбор максимально достоверной информации о землях, но и на решение научно-прикладных задач. ГИС мониторинга обеспечивает накопление и хранение полученной при полевых обследованиях информации, ее обработку, трансформацию, анализ для составления комплексных карт и выработки управленческих решений [4].

С этой целью при проведении почвенного мониторинга предполагается создание серии тематических карт территории землепользования (почвенные, топографические, агроландшафтные, рельефа, потенциальной урожайности, размещения севооборотов и т.п.). Цифровые тематические карты включают все основные категории землепользования (пахотные угодья, пастбища и сенокосы, леса, болота и водные участки, неудобья и населенные пункты).

Каждый почвенный контур в пределах рабочих участков, на которые разделены пахотные массивы, обладает определенной качественной характеристикой. Интегральным показателем почвенных свойств, ландшафтных характеристик и продуктивности агроценозов выступает такая величина, как средняя потенциальная урожайность (среднепогодная урожайность по пару). В качестве экономической составляющей были использованы расчеты экономических затрат и экономическая эффективность производства, выполненные в электронных таблицах.

Результирующим моментом использования вышеназванных материалов является процесс моделирования. После проектирования на экране компьютера рабочих участков с определенными для них показателями потенциальной урожайности, система обращается к электронным таблицам с экономическими показателями эффективности и выдает в качестве отчета количественные результаты эффективности использования этих участков для двух, трех- и четырехпольных зерновых севооборотов. На основе полученных данных эффективного использования экономических затрат принимается окончательное решение использования этой схемы при оптимизации землепользования.

Результатом картографического моделирования послужила карта потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур (рис. 2).

В современных условиях ГИС может являться инструментом для построения динамики или прогноза явлений, информационной основой (БД) для изучения и управления в регионе, основой для построения моделей или экспертных систем [5].

Использование ГИС технологии при моделировании систем землепользования позволяет проводить оценку современного состояния и осуществлять комплекс мероприятий по охране и рациональному использованию почв.

Полученные в результате мониторинга данные об измененности территории под влиянием того или иного вида хозяйственного воздействия на уровне экспертных оценок позволяют лишь в приближенном виде выделять на карте районы относительного неблагополучия. Поэтому наиболее объективной основой для диагностики предполагаемых изменений представляют карты землепользования, где каждый картографический выдел (почвенный или топографический) охарактеризован видом и степенью антропогенной нагрузки.

Сложившиеся негативные экономические трудности в сельском хозяйстве в условиях высоких антропогенных нагрузок привели к развитию процессов деградации почвенного покрова. В связи с существенно обостряющимся экологическим кризисом важнейшее значение приобретает разработка методологических подходов использования геоинформационных технологий в целях оптимизации землепользования и реабилитации деградированных территорий, картографической регистрации и прогноза изменений [4].

Заключение

Таким образом, использование картографического подхода при проведении почвенно-экологического мониторинга позволяет:

- выявить негативные факторы, как природные, так и антропогенные, влияющие на состояние почвенного покрова сельскохозяйственных угодий;
- создавать цифровые тематические карты с использованием геоинформационных технологий;
- исследовать функциональные зависимости между компонентами агроландшафта (почвами, УГВ, степень засоления и т.п.);
- на основе экономических, почвенных и ландшафтных показателей проводить моделирование потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур конкретных севооборотов;

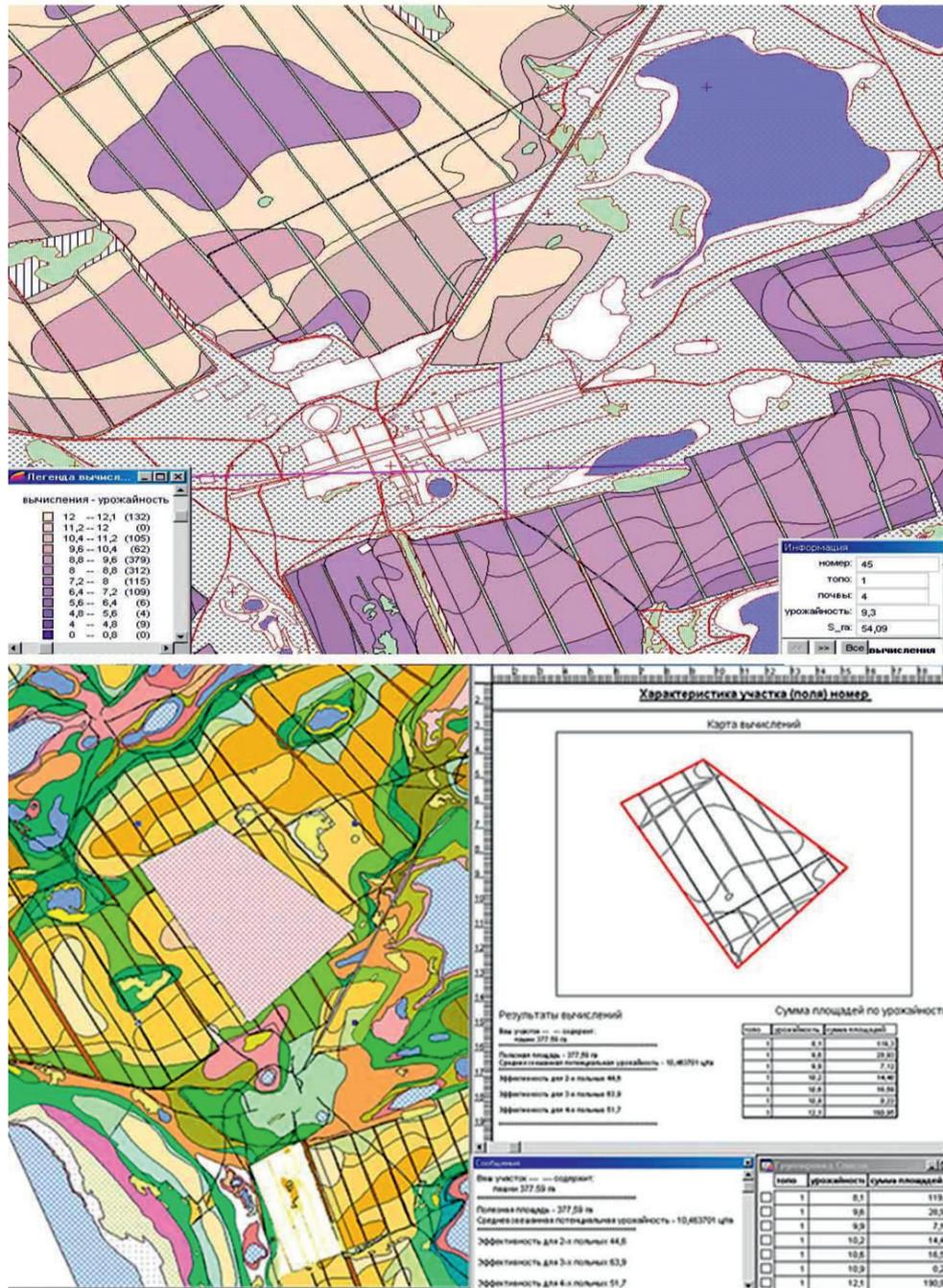


Рис. 2. Фрагмент карты потенциальной урожайности территории Северной Кулдунды

– на основе полученных данных давать научное обоснование при принятии управленческих решений.

Список литературы

1. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирования агроландшафтов. М.: Колос, 2011. 472 с.
2. Тихонова И.О. Экологический мониторинг почв: учеб. пособие. М.: «Инфра-М», 2017. 106 с.
3. Гакаев Р.А. Методы картографического исследования и этапы их формирования // Педагогика высшей школы. 2016. № 1. С. 1–4.
4. Гаджиева Э.М., Ахмедова Т.Ф. Информационная система мониторинга почвенного покрова дельтовых экосистем Терско-Слакской низменности // Мониторинг: наука и технологии. 2012. № 3. С. 64–74.
5. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М., Жукова О.А., Степных Т.В. Цифровизация управления агротехнологиями. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2018. 43 с.

СТАТЬИ

УДК 553.981:622.279.72

**О ВОЗМОЖНОМ ОБРАЗОВАНИИ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА
В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ
НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ****Калачева Л.П., Рожин И.И.***Институт проблем нефти и газа СО РАН – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, e-mail: lpko@mail.ru*

В работе рассмотрена возможность гидратообразования на месторождениях Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции Восточной Сибири. Равновесные условия гидратообразования в пластовых условиях рассчитаны по методике Слоана с использованием уравнения состояния газа Редлиха – Квонга на основании компонентного состава газа. Показано, что практически на всех месторождениях, исключая некоторые скважины с более глубоким интервалом перфорации Бысахтахского ГКМ, гидратообразование возможно как в продуктивных пластах, так и в призабойной зоне и стволах скважин. Косвенными геохимическими маркерами наличия гидратов также являются высокоминерализованные пластовые воды и наличие гелия в природном газе. При пластовых условиях на рассмотренных месторождениях образуются гидраты структуры КС-II с заполнением малых и больших полостей. В составе гидратов преобладают углеводороды C2-C4, что приводит к повышению плотности гидратов относительно плотности гексагонального льда. Прогнозируемое наличие в продуктивных горизонтах и образование гидратов при разработке и эксплуатации месторождений Лено-Тунгусской НПП диктует необходимость проведения исследований, направленных на составление технологических схем с учетом индивидуальных геолого-промысловых данных и физико-химических свойств пластовых флюидов. Поскольку в настоящее время основным методом предупреждения и ликвидации гидратов является закачка метанола в пласт, в призабойную зону и стволы скважин, то также необходим поиск экономически эффективных путей сокращения эксплуатационных затрат по предупреждению техногенного гидратообразования.

Ключевые слова: Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция, природный газ, гидратообразование, равновесные условия гидратообразования, состав и свойства гидратов природного газа

**ON THE POSSIBLE FORMATION OF NATURAL GAS HYDRATES
IN THE CONDITIONS OF THE LENA-TUNGUSKA
PETROLEUM PROVINCE DEPOSITS****Kalacheva L.P., Rozhin I.I.***Institute of Oil and Gas Problems SB RAS – a separate subdivision of the Federal Research Center «Yakut Scientific Center SB RAS», Yakutsk, e-mail: lpko@mail.ru*

The paper considers the possibility of hydrate formation in the fields of the Lena-Tunguska petroleum province of Eastern Siberia. The equilibrium hydrate formation conditions in reservoir were calculated by the Sloan method using the equation of state of the Redlich-Kwong gas based on the blend composition of the gas. It has been shown that in almost all fields, with the exception of some wells with deeper perforation intervals of the Bysakhtakh gas condensate field, hydrate formation is possible whether in productive strata or in the bottom hole zone and well bores. Indirect geochemical markers of the presence of hydrates are also highly mineralized stratum water and the presence of helium in natural gas. Under reservoir conditions, hydrates of the KS-II structure are formed in the examined fields with filling of small and large cavities. The composition of hydrates is dominated by hydrocarbons C2-C4, which leads to an increase in the density of hydrates relative to the density of hexagonal ice. The predicted presence in the productive horizons and the formation of hydrates during the development and operation of the Lena-Tunguska oil and gas fields necessitates research aimed at compiling technological workflows taking into account the individual geological and production data and the physicochemical properties of the formation fluids. Since at present the main method of preventing and eliminating hydrates is the injection of methanol into the formation, into the bottomhole zone and well bores, it is also necessary to search for cost-effective ways to reduce operating costs for the prevention of technogenic hydrate formation.

Keywords: Lena-Tunguska oil and gas province, natural gas, hydrate formation, equilibrium hydrate formation conditions, composition and properties of natural gas hydrates

В настоящее время Республика Саха (Якутия) является одним из субъектов Российской Федерации, которые участвуют в экспорте углеводородного сырья в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) [1]. На территории республики открыто более 30 месторождений нефти и газа, которые находятся в пределах Лено-Тунгусской и Лено-

Вилуйской нефтегазоносных провинций востока Сибирской платформы. Непско-Ботуобинская нефтегазоносная область Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (ЛТ НПП) является самой богатой по разведанным и прогнозным запасам углеводородов. К ней приурочено более 25% всех начальных геологических суммарных ре-

сурсов углеводородов провинции [2]. Природные газы месторождений ЛТ НГП характеризуются высоким содержанием этана, наличием гелия и практически полным отсутствием соединений серы. Эти обстоятельства обуславливают привлекательность разработки и эксплуатации этих месторождений с точки зрения высокой рентабельности и экологической чистоты газохимического производства [1]. Однако главной особенностью инженерно-геологических условий месторождений ЛТ НГП является повсеместное развитие многолетнемерзлых пород, залегающих до глубины 400–600 м. Известно, что при проходке скважинами и подземными выработками интервала криолитозоны возникают внезапные выбросы газов, которые некоторые исследователи связывают с крупными по объему газовыми скоплениями в многолетнемерзлых породах в свободной или гидратной формах [3–5]. Сложные геокриологические условия и гидратонасыщенность криолитозоны свидетельствуют о возможности возникновения различных осложнений – вплоть до серьезных аварийных ситуаций – на всех стадиях освоения месторождений в северных регионах [6, 7].

Месторождения нефти и газа ЛТ НГП характеризуются низкими пластовыми температурами при начальных пластовых давлениях 10–19 МПа [8]. Пластовые воды имеют высокую минерализацию (до 400 г/л) и относятся к хлоридно-кальциевому генетическому типу [9]. Термобарические условия на этих месторождениях соответствуют равновесным условиям образования гидратов, однако высокая минерализация остаточной поровой влаги практически препятствует гидратообразованию в коллекторах пласта. Тем не менее не исключается наличие гидратов в коллекторах продуктивных горизонтов нефтегазоносных провинций Восточной Сибири [10], поскольку высокая минерализация пластовых вод и наличие гелия в составе природного газа являются косвенными геохимическими маркерами выявления газогидратов в зоне возможного гидратообразования (ЗВГО) [11].

Целью работы являлось термодинамическое обоснование существования гидратов в продуктивных горизонтах Лено-Тунгусской НГП и техногенного гидратообразования при эксплуатации месторождений.

Материалы и методы исследования

Термобарические условия гидратообразования природных газов месторождений Лено-Тунгусской НГП (табл. 1) были рассчитаны на основании компонентного состава газа по методике Слоана, где ис-

пользуется уравнение состояния газа Редлиха – Квонга [12, 13].

Таблица 1
Месторождения Лено-Тунгусской НГП

Месторождение	Пластовые условия	
	температура, °С	давление, атм
Кедергинское ГМ	11–12	95–96
Верхневиллючанское НГМ	4–19	161–184
Озерное ГМ	12–13	133–135
Северо-Нелбинское ГKM	10–11	133–150
Буягинское ГKM	8–9	171–172
Бысахтахское ГKM	17–30	308–314
Верхнечонское НГKM	14–15	136–137
Иреляхское ГНМ	10–11	161–162
Талаканское ГНМ	12–13	116–126
Таранское ГНМ	11–12	110–111
Центрально-Талаканское ГНМ	11–13	97–102
Вилуйско-Джербинское НГМ	5–20	160–175
Ихтекское НГKM	5–7	154–156
Маччобинское НГМ	10–13	155–163
Нелбинское НГМ	10	146–147
Таас-Юряхское НГKM	8–14	141–144
Ботуобинское НГKM	12–13	158–159
Нижнехаманское НГKM	13–17	119–129
Среднеботуобинское НГKM	10–11	141–148
Чаяндинское НГKM	7–10	131–135

Расчеты показали, что, кроме отдельных скважин Бысахтахского ГKM с более глубоким интервалом перфорации, гидратообразование возможно на каждом из месторождений.

Расчет равновесных условий гидратообразования в пластовых условиях рассмотрен на примере природных газов Среднеботуобинского и Бысахтахского месторождений, отличающихся по условиям залегания и компонентному составу газа.

Среднеботуобинское НГKM приурочено к Среднеботуобинской и Курунградской структурам северо-восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы. Промышленная нефтегазоносность месторождения связана с карбонатными отложениями осинского и терригенными коллекторами ботуобинского и улаханского горизонтов. Газонефтяная залежь осинского горизонта приурочена к кавернозно-пористым доломитам и известнякам, залегающим в кровле подсолевого комплекса под мощной толщей каменных солей юрегинской свиты нижнего кембрия. Глубина залегания залежи варьи-

руется в пределах 1450–1550 м. Пластовое давление в залежи ниже гидростатического и составляет 13,9–15,8 МПа, пластовая температура равна 8 °С. Основная нефтегазовая залежь приурочена к преимущественно кварцевым песчаникам ботубинского горизонта. Глубина залегания этой залежи 1875–1925 м. Пластовое давление в залежи составляет 14–14,4 МПа, что ниже условного гидростатического, пластовая температура 12–14 °С [8].

Бысахтахское ГКМ расположено в зоне сочленения Березовской впадины с Джеюктинским выступом и приурочено к одноимённой положительной структуре северо-восточного простирания. Выделяются четыре продуктивных горизонта: бысахтахский, кудулахский и успунский в вендской части разреза и юряхский – в венд-нижнекембрийской части разреза. На Бысахтахском месторождении в зависимости от скважины пластовые температуры изменяются в интервале от 17 до 30 °С; а давления – от 166 до 315 атм [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Расчет равновесных условий гидратообразования природного газа Среднеботубинского месторождения (рис. 1) показывает, что пластовые условия находятся глубоко в гидратной области.

На Бысахтахском месторождении образование гидратов возможно только в от-

дельных скважинах, для которых пластовые температуры и давления лежат в области гидратообразования (рис. 2). В скважинах, которые характеризуются высокими пластовыми температурами и давлениями, гидратообразование исключается (рис. 3).

Сравнение равновесных условий гидратообразования показывает, что природный газ Бысахтахского ГКМ (рис. 2, 3) месторождения образует гидраты при более высоком давлении по сравнению с природным газом Среднеботубинского НКМ (рис. 1).

Природные газы месторождений, независимо от компонентного состава, образуют гидраты кубической структуры II с заполнением молекулами газа, как малых, так и больших полостей кристаллической решетки (табл. 2). В составе гидратов из компонентов природного газа преимущественно концентрируются углеводороды C₂-C₄.

Степень заполнения малых полостей θ_1 не достигает максимального значения, так как часть полостей остается свободной. Высокое равновесное давление гидратообразования способствует более полному заполнению малых полостей в гидрате природного газа Бысахтахского месторождения по сравнению с гидратом природного газа Среднеботубинского месторождения. Большие полости гидратов заполняются крупными молекулами гидратообразователей, поэтому степени заполнения θ_2 обоих гидратов близки к единице.

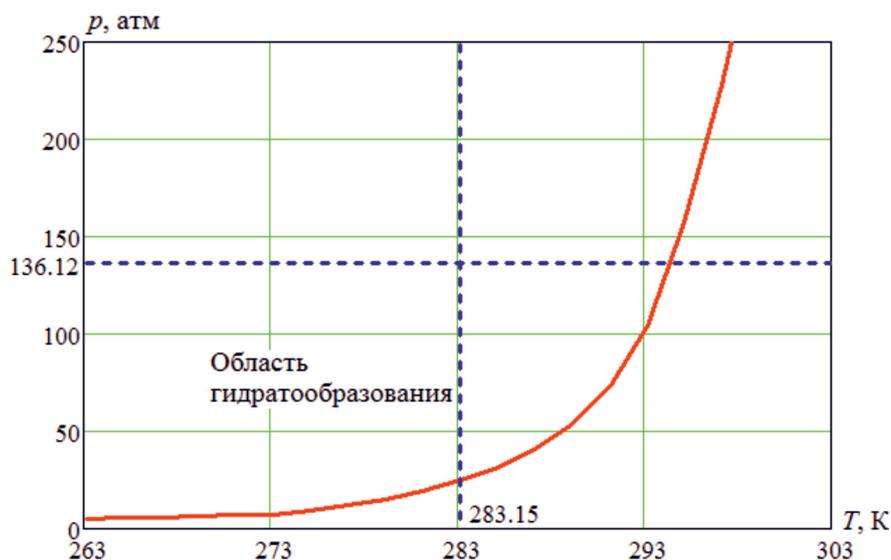


Рис. 1. Равновесные условия гидратообразования для пластового газа Среднеботубинского месторождения (1991 г., скважина № 160, интервал 1889–1899). Точка пересечения штриховых линий соответствует пластовому условию. Компонентный состав газа (% мол.): CH₄ – 85,15; C₂H₆ – 7,41; C₃H₈ – 2,40; n-C₄H₁₀ – 0,74; изо-C₄H₁₀ – 0,29; C₅₊ – 0,93; CO₂ – 0,05; N₂ – 2,61; H₂ – 0,14; He – 0,28

Гидратные числа, рассчитанные по степеням заполнения полостей, показывают, что состав гидрата Бысахтахского месторождения близок к стехиометрическому. Плотность гидратов природного газа Среднеботуобинского месторождения больше плотности гидратов природного газа

Бысахтахского ГКМ и превышают плотность гексагонального льда ($0,912 \text{ г/см}^3$). Поскольку газовые гидраты цементируют породы и увеличивают их механическую прочность, изменяют их фильтрационные свойства и могут повлиять на бурение скважин на месторождениях [11, 14].

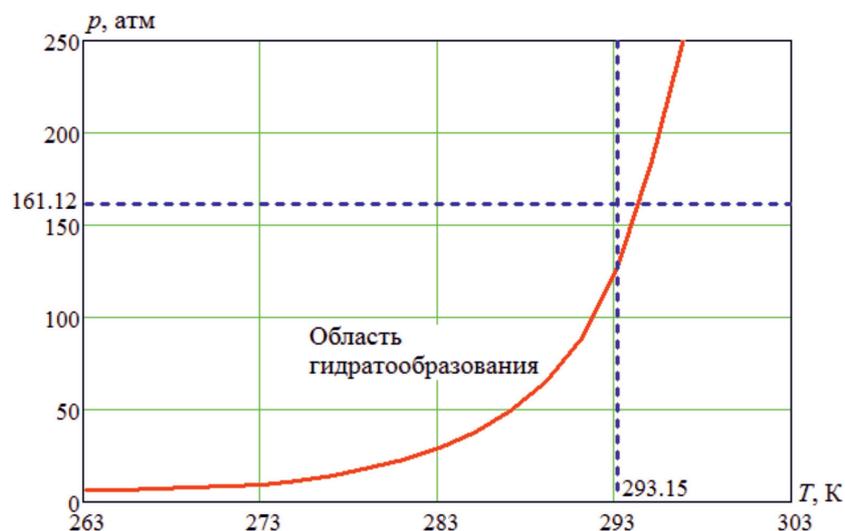


Рис. 2. Равновесные условия гидратообразования для пластового газа Бысахтахского месторождения (скважина № 187-02, интервал 1886–1896). Сплошная линия соответствует равновесным условиям гидратообразования. Точка пересечения штриховых линий соответствует пластовому условию.

Компонентный состав пластового газа (% мол.): CH_4 – 90,423; C_2H_6 – 5,580; C_3H_8 – 1,484; $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ – 0,409; $\text{изо-C}_4\text{H}_{10}$ – 0,173; C_{5+} – 0,774; CO_2 – 0,180; N_2 – 0,879; H_2 – 0,069; He – 0,079

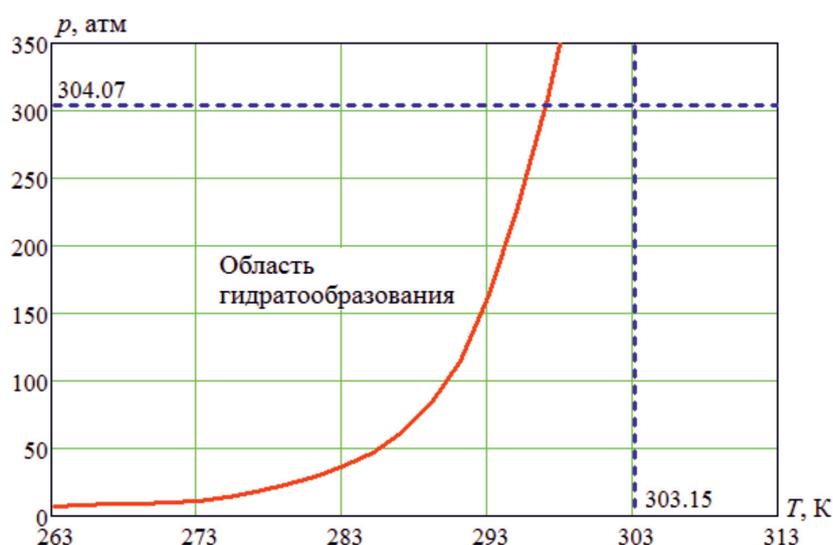


Рис. 3. Равновесные условия гидратообразования для пластового газа Бысахтахского месторождения (скважина № 187-02, интервал 2620–2905). Сплошная линия соответствует равновесным условиям гидратообразования. Точка пересечения штриховых линий соответствует пластовому условию.

Компонентный состав пластового газа (% мол.): CH_4 – 90,10; C_2H_6 – 4,52; C_3H_8 – 0,92; $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ – 0,19; $\text{изо-C}_4\text{H}_{10}$ – 0,09; C_{5+} – 1,41; CO_2 – 0,87; N_2 – 1,74; H_2 – 0,05; He – 0,06

Таблица 2

Состав и свойства гидратов природных газов

Компонент	Среднебугуобинское НГКМ		Бысахтахское ГКМ		
	Содержание компонентов в гидрате, % мол.				
	гидрат		гидрат		
Метан	63,41		74,40		
Этан	4,61		6,03		
Пропан	26,30		16,51		
Изобутан	4,51		1,98		
н-бутан	1,15		0,47		
Диоксид углерода	0,02		0		
Азот	0		0,32		
Молярная масса, г/моль	26,40		22,49		
Степень заполнения полостей	малых θ_1	0,7619		0,9096	
	больших θ_2	0,9946		0,9934	
Гидратное число n	6,75		6,04		
Плотность гидратов, г/см ³	0,939		0,931		

Заключение

Низкие пластовые температуры месторождений Лено-Тунгусской НГП способствуют переходу углеводородов в гидратное состояние в продуктивных горизонтах. Наличие гидратов косвенно подтверждается высокой минерализацией пластовых вод и наличием гелия в природном газе. На месторождениях также возможно техногенное гидратообразование в призабойной зоне пласта и в стволах скважин. Основным методом борьбы с техногенным гидратообразованием до сих пор остается закачка термодинамических ингибиторов в скважины и призабойную зону пласта [9].

В связи с этим при разработке и эксплуатации каждого месторождения Лено-Тунгусской НГП необходимы исследования, направленные на составление технологических схем с учетом индивидуальных геолого-промысловых данных и физико-химических свойств пластовых флюидов, а также на поиск экономически эффективных путей сокращения эксплуатационных затрат по предупреждению техногенного гидратообразования.

Работа выполнена в рамках госзаказа Министерства науки и высшего образования РФ № 0377-2018-0002.

Список литературы

1. Соромотин А.М. Нефтегазовые ресурсы Республики Саха (Якутия): состояние, перспективы использования // Вестник СВФУ. 2014. Т. 11. № 6. С. 129–136.
2. Бурова И.А. Карбонатные коллекторы вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса Восточной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010.

- Т. 5. № 2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2010.pdf (дата обращения: 24.11.2019).

3. Якушев В.С. Природный газ и газовые гидраты в криолитозоне. М.: ВНИИГАЗ, 2009. 192 с.

4. Перлова Е.В., Микляева Е.С., Леонов С.А., Ткачёва Е.В., Ухова Ю.А. Газовые гидраты полуострова Ямал и прилегающего шельфа Карского моря как осложняющий фактор освоения региона // Вести газовой науки. 2017. № 3 (31). С. 255–262.

5. Афанасенков А.П., Волков Р.П., Яковлев Д.В. Аномалии повышенного электрического сопротивления под слоем многолетнемерзлых пород новый поисковый признак залежей углеводородов // Геология нефти и газа. 2015. № 6. С. 40–52.

6. Федосеев С.М. Реликтовые газовые гидраты как возможный источник загазованности подземных горных выработок криолитозоны // Наука и образование. 2014. № 1. С. 40–45.

7. Истомин В.А., Квон В.Г. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. 506 с.

8. Сафронов А.Ф., Сафронов Т.А. Геолого-экономические аспекты развития нефтегазового комплекса Республики Саха (Якутия). Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2008. 184 с.

9. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР: справочник / Под ред. Л.М. Зорькина. М.: Недра, 1989. 382 с.

10. Полозков А.В., Астафьев Д.А., Истомин В.А., Полозков К.А., Гафтуняк П.И. Выявление газогидратных зон в низкотемпературных породах при строительстве скважин и ожидаемые типы газогидратных залежей // Вести газовой науки. 2011. № 3 (8). С. 78–86.

11. Якуцени В.П. Газогидраты – нетрадиционное газовое сырье, их образование, свойства, распространение и геологические ресурсы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2013. Т. 8. № 4. DOI: 10.17353/2070-5379/50_2013.

12. Sloan E.D., Koh C.A. Clathrate hydrates of natural. Boca Raton: Taylor&Francis Group/CRC Press, 2008. 720 p.

13. Рожин И.И. Термодинамические эффекты в математических моделях добычи природного газа в северных регионах: дис. ... докт. техн. наук. Новосибирск, 2015. 264 с.

14. Чувилин Е.М., Гребенкин С.И., Жмаев М.В. Влияние гидрато- и льдообразования на газопроницаемость песчаных пород // Вести газовой науки. 2018. № 3 (35). С. 264–273.

СТАТЬИ

УДК 615.281.9:615.011.4:547.583.5

**ПОИСК СОЕДИНЕНИЙ С АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОГО ДОКИНГА
В ИССЛЕДОВАНИЯХ «СТРУКТУРА – АКТИВНОСТЬ»
ПО ФЕРМЕНТАМ ЦИКЛООКСИГЕНАЗА 1 И 2
В РЯДУ N-ЗАМЕЩЕННЫХ АНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ****Андрюков К.В., Коркодинова Л.М.***ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия»**Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, e-mail: k_andrukov@mail.ru*

Данная статья посвящена использованию молекулярного докинга по ферменту циклооксигеназа 1 и 2 в исследовании связи «структура – активность» в ряду N-замещенных антралиловых кислот. При проведении докинга использовали ферменты циклооксигеназа 1 (PDB ID code: 3N8X) и 2 (PDB ID code: 1PXX), структуры которых были получены из базы данных RCSB Protein Data Bank. Перед проведением молекулярного докинга выполнена оптимизация и квантово-химический расчёт структур исследуемых соединений полуэмпирическим методом PM3 с использованием программы Gaussian 03. Провели теоретический расчёт физико-химических дескрипторов исследуемых соединений: констант липофильности ($\log P_{расч}$), констант кислотности ($pK_{расч}$) и основности ($pK_{расч}$). Моделирование лиганд-рецепторных взаимодействий осуществляли программой AutoDock 4.0 в составе программного комплекса MGL Tools 1.5.6, с использованием Ламарковского генетического алгоритма. В результате проведенного докинга получены скоринговые функции: энергия связывания (Binding energy (Be_{COX1} , Be_{COX2})) и межмолекулярная энергия (Intermolecular energy (Ime_{COX1} , Ime_{COX2})), характеризующие взаимодействие лиганда с рецептором. Выполнены исследования зависимости анальгетической активности от скоринговых функций и физико-химических дескрипторов. Составлены модели «структура – активность» проведением множественного линейного регрессионного анализа с использованием программы Statistica 6. Составлено четыре корреляционных уравнения, связывающих скоринговые функции и физико-химические дескрипторы с анальгетической активностью, проведена проверка на примере трех соединений. Таким образом, полученные модели «структура – активность» могут быть использованы для проведения скрининга на анальгетическую активность соединений в ряду производных антралиловой кислоты, которые планируется синтезировать.

Ключевые слова: антралиловая кислота, молекулярный докинг, анальгетическая активность, квантово-химические параметры, структура – активность

**SEARCH FOR COMPOUNDS WITH ANALGESIC ACTIVITY USING MOLECULAR
DOCKING IN STRUCTURE – ACTIVITY STUDIES ON CYCLOOXYGENASE 1
AND 2 ENZYMES IN A SERIES OF N-SUBSTITUTED ANTHRANILIC ACIDS****Andryukov K.V., Korkodinova L.M.***Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, e-mail: k_andrukov@mail.ru*

This article is devoted to the use of molecular docking for the cyclooxygenase 1 and 2 enzyme in the study of the structure – activity relationship in a series of N-substituted anthranilic acids. When docking, the enzymes cyclooxygenase 1 (PDB ID code: 3N8X) and 2 (PDB ID code: 1PXX) were used, the structures of which were obtained from the RCSB Protein Data Bank database. Before molecular docking, optimization and quantum chemical calculation of the structures of the compounds under study was performed by the semi-empirical PM3 method using the Gaussian 03 program. Ligand – receptor interactions were modeled using the AutoDock 4.0 program as part of the MGL Tools 1.5.6 software package using the Lamarckian genetic algorithm. As a result of docking scoring functions: the binding energy (Binding energy (Be_{COX1} , Be_{COX2})) and intermolecular energy (Intermolecular energy (Ime_{COX1} , Ime_{COX2})) characterizing the interaction of the ligand with the receptor. Studies of the dependence of analgesic activity on scoring functions and physico-chemical descriptors have been performed. The structure – activity models were compiled by performing multiple linear regression analysis using the Statistica 6 program. Four correlation equations linking scoring functions and physicochemical descriptors with analgesic activity were compiled. The compiled models were tested using 3 compounds as an example. Thus, the obtained mathematical models can be used for screening for analgesic activity of compounds in a number of derivatives of anthranilic acid, which are planned to be synthesized.

Keywords: anthranilic acid, molecular docking, analgesic activity, quantum chemical parameters, structure – activity

Моделирование взаимодействия с организмом с целью проведения скрининга с использованием молекулярного докинга, и полученных на его основе соотношений «структура – активность» позволяет про-

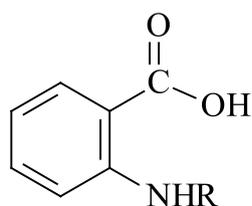
водить целенаправленный поиск соединений с выбранным видом фармакологической активности. Использование молекулярного докинга возможно в том случае если известна мишень, с которой взаимодействует исследу-

емый лиганд. Перед проведением скрининга методом молекулярного докинга важно узнать фермент, воздействие на который приводит к появлению у исследуемого лиганда анализируемой биологической активности.

Антралиловая кислота принимает участие в широком спектре биохимических реакций, используется в качестве одного из ключевых реагентов в полусинтетическом методе получения ряда антибиотиков, как, например, кальцимицина, проявляющего противомикробную активность [1]. Производные антралиловой кислоты относятся к классу биологически активных соединений, обладающих широким спектром фармакологической активности: анальгетической [2], противовоспалительной и противомикробной [3–6].

Проведение моделирования по анальгетической активности является актуальным при проведении целенаправленного поиска веществ с выраженной анальгетической активностью. Сочетание молекулярного докинга с физико-химическими дескрипторами позволяет учитывать в проводимых исследованиях физико-химические свойства веществ, увеличивая качество модели, как, например, модель «структура – противовоспалительная активность» [7].

Цель исследования: исследование связи «структура – анальгетическая активность» с использованием молекулярного докинга по ферментам циклооксигеназа (ЦОГ) 1 и 2 в ряду N-замещенных антралиловых кислот (10 соединений)



- R = CH₂CH=C(Cl)CH₃ (1);
- R = CH₂CH=CH₂ (2);
- R = COC₆H₃(2,4-Cl₂) (3);
- R = COCONHCH₂CH=CH₂ (4);
- R = COCOOC₂H₅ (5);
- R = CO(2-фурил) (6);
- R = CO Ad (7);
- R = CH₂C₆H₅ (8);
- R = COC₆H₄(2-OCH₃) (9);
- R = COCH₂C₆H₅ (10)

Материалы и методы исследования

Структуры всех лигандов были построены и оптимизированы с использованием программы Gaussian 03 полуэмпирическим

методом PM3 с полной оптимизацией геометрии молекул, и затем были конвертированы в 3D-формат (.pdb) с помощью программы ChemBio3D Ultra 12,0.

Определение анальгетической активности (АА) проводили на беспородных белых мышах массой 18–23 г на модели «горячей пластинки». Исследуемые соединения вводили внутрь в дозе 50 мг/кг за 0,5 ч до помещения животных на металлическую пластинку, нагретую до 53,5 °С. Каждое соединение испытывали на пяти животных. Показателем изменения болевой чувствительности служила измеряемая в секундах длительность пребывания животных на горячей пластине до момента облизывания ими задних лапок [8].

Моделирование лиганд – рецепторных взаимодействий осуществляли программой AutoDock 4.0 в составе программного комплекса MGL Tools 1.5.6, с использованием Ламарковского генетического алгоритма, который позволяет воспроизводить строение комплексов более точно. При проведении молекулярного докинга мы использовали трёхмерные модели молекул фермента, информация о которых получена из базы данных RCSB Protein Data Bank ЦОГ 1 (PDB ID code: 3N8X [9]) и 2 (PDB ID code: 1PXX [10]). Изначально, все молекулы воды были удалены из структуры белка. Файлы рецептора и лигандов были конвертированы в формат PDBQT-файла, с добавлением недостающих атомов водорода и частичных атомных зарядов по методу Гастейгера.

В процедуре докинга, с координатами точек (60×60×60) вокруг каждого моделируемого участка, по ферменту ЦОГ 1 при построении Grid-карт за центр были взяты координаты лиганда (x = -19,44, y = -54,38, z = 6,07), а для фермента ЦОГ 2 координаты лиганда (x = 26,25, y = 25,04, z = 14,66). В результате получено 10 Grid-карт по параметрам для исследуемых соединений по ЦОГ 1 и 2. Оценку качества позиционирования характеризовали величиной RMSD, представляющей собой среднеквадратичное отклонение положения лиганда после докинга от его начального положения в белке.

Результаты исследования и их обсуждение

Структуры всех лигандов были построены и оптимизированы с использованием программы Gaussian 03 полуэмпирическим методом PM3 с полной оптимизацией геометрии молекул. В результате получены квантово-химические дескрипторы: суммарные значения напряженности электрического поля Σ(E), потенциала Σ(φ) и заряда Σ(|q|)

на атомах углерода, кислорода, азота и водорода (табл. 1). Рассчитанные квантово-химические дескрипторы использовали для теоретического расчёта физико-химических дескрипторов исследуемых соединений с помощью зависимостей «структура – свойство»: констант липофильности ($\log P_{\text{расч}}$) [11], констант кислотности ($\text{pKa}_{\text{расч}}$) и основности ($\text{pKb}_{\text{расч}}$) [12] (табл. 1).

водородных связей с аминокислотами активного участка ферментов ЦОГ 1 и 2.

Результат проведенного молекулярного докинга по ферментам ЦОГ 1 и 2 представлен в табл. 2 виде скоринговых функций: энергия связывания (Binding energy ($\text{Be}_{\text{ЦОГ1}}$ и $\text{Be}_{\text{ЦОГ2}}$)) и межмолекулярная энергия (Intermolecular energy ($\text{Ime}_{\text{ЦОГ1}}$ и $\text{Ime}_{\text{ЦОГ2}}$)), характеризующие взаимодействие лиганда с рецептором.

Таблица 1

Квантово-химические дескрипторы N-замещенных антралиловых кислот

№	C(E)	N(E)	C(ϕ)	O(ϕ)	N(ϕ)	O(q)	$\log P_{\text{расч}}$	$\text{pKa}_{\text{расч}}$	$\text{pKb}_{\text{расч}}$
1	5,43	0,40	125,71	27,07	13,18	0,70	1,74	6,74	12,40
2	4,97	0,40	110,98	25,96	12,79	0,69	1,66	6,43	12,60
3	8,47	0,52	171,22	41,01	13,83	1,02	2,48	5,10	13,42
4	6,18	0,95	143,04	54,51	26,62	1,32	1,06	7,89	12,03
5	5,32	0,49	126,17	67,55	13,07	1,61	0,44	7,17	11,91
6	5,87	0,22	135,61	54,03	13,27	1,11	2,92	6,34	13,03
7	13,31	0,67	264,12	46,25	15,79	1,03	2,04	3,93	14,14
8	7,51	0,24	169,77	27,40	14,15	0,70	1,95	6,11	13,22
9	7,76	0,23	185,36	58,14	14,42	1,23	2,89	6,82	12,74
10	8,41	0,10	186,32	42,85	14,53	0,97	1,33	5,47	13,99

Значения констант липофильности лежат в интервале от 0,44 (у соединения 5) до 2,92 (соединение 6). Константы кислотности, характеризующие ионизацию, рассчитанные значения которых находятся в пределах от 5,10 (соединение 3) до 7,89 (для соединения 4). Значения констант основности, в интервале от 11,91 у соединения 5 до 13,42, для соединения 3.

Для 10 соединений из ряда N-замещенных антралиловых кислот была экспериментально определена АА. Установлено, что большинство изучаемых амидов обладает различным уровнем АА от 13,5 до 27 с (табл. 2).

Моделирование лиганд-рецепторных взаимодействий осуществляли программой AutoDock 4.0 в составе программного комплекса MGL Tools 1.5.6, с использованием Ламарковского генетического алгоритма, который позволяет воспроизводить строение комплексов более точно.

В качестве активного сайта фермента ЦОГ 1 был принят участок макромолекулы, содержащий аминокислоты (SER530, TYR385, ARG120, TYR355, ALA527, MET113, LEU531, VAL116, VAL349, ILE523, PHE518, LEU352, PHE381, TRP387, LEU359, ALA527, ILE517, LEU384) [9] и ЦОГ 2 (VAL349, ALA527, TYR355, VAL523, LEU352, TRP387, PHE518, LEU384, TYR385, ARG120, SER530) [10]. Значимыми считали гидрофобные взаимодействия и образование межмолекулярных

Таблица 2

АА_{эксп.} и скоринговые функции по ЦОГ 1 и 2 N-замещенных антралиловых кислот

№	АА _{эксп.} , сек	$\text{Be}_{\text{ЦОГ1}}$	$\text{Ime}_{\text{ЦОГ1}}$	$\text{Be}_{\text{ЦОГ2}}$	$\text{Ime}_{\text{ЦОГ2}}$
1	27,0	-6,12	-7,61	-4,87	-6,36
2	23,0	-4,15	-6,44	-4,62	-6,11
3	17,3	-6,91	-8,10	-6,24	-7,43
4	16,2	-5,99	-7,78	-5,06	-6,85
5	13,5	-5,42	-7,21	-4,69	-6,48
6	17,0	-6,18	-7,38	-5,27	-6,46
7	17,1	-6,71	-7,91	-7,14	-8,33
8	14,6	-7,39	-8,89	-6,20	-7,69
9	17,6	-6,35	-7,85	-6,42	-7,74
10	22,8	-6,35	-7,84	-6,68	-8,17

С целью составления модели «структура – аналгетическая активность» проведен множественный линейный регрессионный анализ с использованием программы Statistica 6, зависимости АА_{эксп.} от констант липофильности ($\log P_{\text{расч}}$), ионизации ($\text{pKa}_{\text{расч}}$ и $\text{pKb}_{\text{расч}}$) и скоринговых функций по ферментам ЦОГ 1 и 2 ($\text{Be}_{\text{ЦОГ1}}$, $\text{Be}_{\text{ЦОГ2}}$, $\text{Ime}_{\text{ЦОГ1}}$, $\text{Ime}_{\text{ЦОГ2}}$).

Всего было сгенерировано свыше 23 уравнений регрессии методом пошагового включения параметров с использованием программы Statistica 6, из которых были отобраны четыре уравнения 1–4 (табл. 3).

Таблица 3

Уравнения множественной регрессии зависимости $AA_{эксп.}$ от $\log P_{расч.}$, $pK_{в, расч.}$, $Ve_{цог1}$, $Ime_{цог1}$, $Ve_{цог2}$, $Ime_{цог2}$.

№	Уравнение регрессии	R	F	S	Q^2_{LOO}
1	$AA_{расч.1} = 43,689 - 3,519 \times Ve_{цог1} + 6,107 \times Ime_{цог1}$	0,398	0,66	4,42	0
2	$AA_{расч.2} = -5,451 + 4,089 \times pK_{в, расч.} + 4,784 \times Ve_{цог1}$	0,880	7,09	2,69	0,40
3	$AA_{расч.3} = 21,906 + 2,649 \times pK_{в, расч.} + 4,946 \times Ime_{COX1}$	0,745	4,36	3,21	0,04
4	$AA_{расч.4} = -20,489 + 4,501 \times pK_{в, расч.} + 7,190 \times Ve_{цог1} - 3,187 \times Ime_{цог1}$	0,899	8,46	2,27	0,51

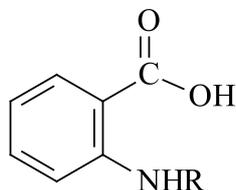
Таблица 4

$\log P_{расч.}$, $pKa_{расч.}$, $pK_{в, расч.}$ скоринговые функции по ЦОГ 1 и 2, $AA_{расч.4}$, $AA_{эксп.}$ N-замещенных антралиловых кислот (10 соединений)

№	$\log P_{расч.}$	$pKa_{расч.}$	$pK_{в, расч.}$	$Ve_{цог1}$	$Ime_{цог1}$	$Ve_{цог2}$	$Ime_{цог2}$	$AA_{расч.4}$	$AA_{эксп.}$, сек
1	2,50	6,00	12,72	-6,95	-8,12	-6,54	-7,74	13,6	11,7
2	1,57	7,11	11,86	-5,10	-8,12	-6,15	-7,39	11,1	13,8
3	1,02	6,23	12,86	-5,63	-6,82	-4,99	-6,18	18,7	21,3

Установлено, что полученное уравнение 4 имеет наибольшие значения коэффициента корреляции (R), критерия Фишера (F) и минимальное значение среднеквадратичной ошибки (S). Проведена оценка составленных уравнений методом перекрестного контроля с выбором по одному (Leave-one-out Cross-validation, LOO) (Q^2_{LOO}), с использованием программы Statographic. Определен коэффициент детерминации предсказаний Q^2_{LOO} , показывающий значимость составленных уравнений. К наиболее значимым по рассчитанным критериям R, F, Q^2_{LOO} относится модель в виде уравнений 4.

Уравнение 4, апробировано для теоретического расчёта AA на трех примерах соединений 11 – 13 из ряда N-замещенных антралиловых кислот (табл. 4).



- R = $CO_2C_6H_3(3-CH_3)$ (11);
 R = $CO_2C_6H_4(4-NO_2)$ (12);
 R = $COCH_2Cl$ (13)

Для проверки проведенного прогноза по соединениям 11–13, была экспериментально определена AA ($AA_{эксп.}$) (табл. 4).

Оценку точности прогнозирования AA по полученному уравнению 2 проводи-

ли с использованием среднеквадратичной ошибки прогноза ($S_{прогн.}$).

Заключение

Проведен теоретический расчёт физико-химических дескрипторов исследуемых соединений с использованием зависимостей «структура – свойство». Для 13 соединений из ряда N-замещенных антралиловых кислот была экспериментально определена AA.

Выполнены исследования взаимодействия анализируемых производных с ЦОГ 1 и 2 методом молекулярного докинга, в результате получены скоринговые функции $Ve_{цог1}$, $Ve_{цог2}$, $Ime_{цог1}$, $Ime_{цог2}$. Составлена модель «структура – анальгетическая активность». Проведена проверка полученной модели на трех соединениях. Для оценки качества прогноза рассчитано значение $S_{прогн.}$ которое равно 2,43. Полученный результат сопоставим со значением S по уравнению 4.

Таким образом, можно сделать вывод, что полученную модель в виде уравнения 4 можно использовать для прогнозирования AA N-замещенных производных антралиловых кислот.

Список литературы

1. Prudhomme M., Dauphin G., Guyot J., Jeminet G. Semi-synthesis of A23187 (Calcimycin) analogs II. Introduction of a methyl group on the benzoxazole ring. The Journal of antibiotics. 1984. Vol. 37. No. 6. P. 627–634.
2. Svehnikova O.M., Kolisnyk S.V., Vinnyk O.F., Kostina T.A., Zhukova T.V. The molecular design of biologically active derivatives of N-phenylanthranilic acid. Zurnal organičnoi ta farmacevtičnoi himii. 2018. Vol. 16. No. 1(61). P. 49–53.

3. Meenu Beniwal, Viney Lather, Vikramjeet Judge, Neelam Jain, Amit Beniwal. Anti-inflammatory, antimicrobial activity and qsar studies of anthranilic acid derivatives. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*. 2015. Vol. 4. No. 09. P. 1443–1451.
4. Alferova D.A., Svechnikova E.N., Suleiman M.M., Gritsenko I.S., Kazakov G.P., Popova N.V. Reationary ability of 3,5-Dibromo-N-Phenylanthranilic acids Derivatives. *Research J. Pharm. and Tech*. 2018. № 11 (9). P. 1–3.
5. Kuldeep Mahiwal, Pradeep Kumar, Balasubramanian Narasimhan. Synthesis, antimicrobial evaluation, ot-QSAR and mt-QSAR studies of 2-amino benzoic acid derivatives. *Medicinal Chemistry Research*. 2012. Vol. 21. No. 3. P. 293–307.
6. Shahzad M., Jamshaid A.. Synthesis, Antioxidant and Antimicrobial activity of 4-aminophenol and 2-aminobenzoic acid based novel azo compounds. *Asian J. Chem*. 2015. Vol. 27. No. 10. P. 3551–3554.
7. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Молекулярный докинг в изучении взаимодействия амидов и гидразидов N-арилзамещенных галоген(Н)антралиловых кислот с циклооксигеназой 1, проявляющих противовоспалительную активность // *Химико-фармацевтический журнал*. 2018. Т. 52. № 5. С. 29–32.
8. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / Под ред. А.И. Миронова. М.: Гриф и К°, 2012. 944 с.
9. Sidhu R.S., Lee J.Y., Yuan C., Smith W.L. Comparison of cyclooxygenase-1 crystal structures: cross-talk between monomers comprising cyclooxygenase-1 homodimers. *Journal Biochemistry*. 2010. Vol. 49. P. 7069–7079.
10. Rowlinson W.S., Kiefer J.R., Prusakiewicz J.J., Pawlitz J.L., Kozak K.R., Kalgutkar A.S. A novel mechanism of cyclooxygenase-2 inhibition involving interactions with Ser-530 and Tyr-385. *J. Biol. Chem*. 2003. Vol. 278. P. 45763–45769.
11. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Прогнозирование коэффициента распределения октанол–вода производных N-арилзамещенных антралиловых кислот // *Химико-фармацевтический журнал*. 2013. Т. 47. № 12. С. 38–41.
12. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Квантово-химические параметры в исследовании зависимости структура – ионизация N-замещенных моно(ди)галоген(Н)антралиловых кислот, их амидов и гидразидов // *Химико-фармацевтический журнал*. 2016. Т. 50. № 3. С. 23–27.

УДК 615:33

ОБЗОР И ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РАЗВИТИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО РЫНКА В РОССИИ

**Брель А.К., Танкабекян Н.А., Складановская Н.Н., Жогло Е.Н.,
Халиуллина А.С., Кагарманова Ю.Р.**

*Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград,
e-mail: nazeli.tankabekyan@yandex.ru*

Современным объектом маркетинга является финансовая и сбытовая деятельность, а также деятельность, направленная на разработку новых товаров и технологий, планирование и реализацию производственных планов. Основные цели маркетинга: получение прибыли и удовлетворение потребительского спроса. В данной статье рассмотрен фармацевтический маркетинг и его отличие от маркетинга в целом. Под фармацевтическим маркетингом следует понимать процесс разработки и предоставления населению товаров и услуг, обеспечивающих определенный уровень жизни. Данный процесс представляет собой совместную деятельность аптеки, аптечного склада и фирм, направленную на удовлетворение нужд потребителей в необходимых медицинских средствах – фармацевтической помощи. Продуктами фармацевтического маркетинга можно считать как лекарственные препараты и лекарственное сырье, так и изделия медицинского назначения, и медицинскую технику. Следует отметить, что данный вид маркетинга должен развиваться во благо потребителю. Актуальным является поиск оптимальных регуляторов выдвигания лекарственных препаратов, вектор которых будет направлен на грамотное информирование населения. Медицинский представитель как регулятор развития фармацевтического рынка облегчает работу врачей, способствует более полной информированности потребителя о появлении инновационных препаратов, об использовании дешевых дженериков, не уступающих по своим свойствам оригинальному лекарственному препарату.

Ключевые слова: фармацевтический маркетинг, фармацевтический рынок, лекарственные препараты, аптека, участники маркетингового процесса

PHARMACEUTICAL MARKET REGULATORS' REVIEW AND SEARCH FOR MARKETING DEVELOPMENT IN RUSSIA

**Brel A.K., Tankabekyan N.A., Skladanovskaya N.N., Zhoglo E.N.,
Khaliullina A.S., Kagarmanova Yu.R.**

Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: nazeli.tankabekyan@yandex.ru

The modern object of marketing includes financial and sales activities, as well as activity aimed at the new products and technologies' development, planning and plans' production realization. The main marketing's aims are to profit and satisfy consumer's demand. Pharmaceutical marketing and its difference from marketing in common will be considered in this article. Pharmaceutical marketing should be understood as the process of developing and providing goods and services for the population to support a certain living standard. This process is a combined activity of the pharmacy, pharmacy warehouse and companies aimed at satisfying the consumers' needs to obtain the necessary medicinal means – pharmaceutical assistance. Medicinal substances, medicinal raw materials, medicinal products and medicinal equipment could be considered as pharmaceutical marketing's products. It should be noted that this type of marketing should be developed for the consumer's benefit. It is actually to look for optimal medicinal substances promotion's regulators which vector will be directed to the population's competent informing. Medical representative as a regulator of the pharmaceutical market facilitates the doctors' work, contributes to a more complete the consumer's awareness of the innovative drugs emergence, using the cheap generics that are not inferior in their properties to the original drug.

Keywords: pharmaceutical marketing, pharmaceutical market, medicinal substances, pharmacy, participants of the marketing process

Фармацевтическому маркетингу можно дать следующее определение: это процесс разработки и предоставления населению товаров и услуг, представляющий собой совместную деятельность аптеки, аптечного склада и фирм, направленную на удовлетворение нужд потребителей по получению необходимых медицинских средств – фармацевтической помощи. Продуктами фармацевтического маркетинга являются как лекарственные препараты и лекарственное сырье, так и изделия медицинского

назначения, и медицинская техника. Фармацевтический маркетинг играет важную роль в рыночной экономике, занимая один из значимых её сегментов.

Цель исследования: поиск оптимальных регуляторов для развития фармацевтического маркетинга в РФ на современном этапе.

Основной целью фармацевтического маркетинга является оптимизация рынка фармацевтической помощи.

Рассматриваемая цель достигается посредством решения следующих задач:

1) изучение потребностей населения в лекарственных препаратах и услугах фармацевтической помощи;

2) разработка программ, направленных на полное, своевременное удовлетворение этих потребностей.

Необходимо отметить, что выделяют два системообразующих направления маркетинговой деятельности в фармацевтике:

1. Ориентирование производства на удовлетворение потребностей населения.

2. Формирование и стимулирование спроса.

Таким образом, данный вид маркетинга может как содействовать ответу на запрос со стороны населения, так и создавать запрос в лекарственных препаратах самостоятельно.

Фармацевтический маркетинг отличается от обычного маркетинга. В фармацевтическом маркетинге становится сложнее купля-продажа лекарств, так как в систему покупатель (пациент) – продавец (провизор) включается третье звено – врач, в равной или в большей степени определяющий спрос.

Осуществляя анализ рынка, необходимо учитывать не только спрос, но и нужду и потребность. Потребители относятся к медицинским и фармацевтическим товарам как к вынужденной покупке и осуществляют ее при заболевании. Пациент испытывает затруднение в выборе необходимого ему лекарства в связи с наличием на фармацевтическом рынке большого числа аналогов, и он не осведомлен, каким лекарственным препаратом ему заменить выписанный врачом отсутствующий в аптеке препарат.

Резюмируя, следует отметить, что важным объектом фармацевтического маркетинга являются все указанные в Государственной Фармакопее лекарственные формы лекарственных препаратов, которым как товару присущи отличающие его признаки, задающие особенности такого маркетинга, а именно: только врач решает, какой лекарственный препарат выписать больному, но он не имеет возможности контролировать покупку выписанного им лекарственного средства; пациент зачастую мало осведомлен о качестве и назначении препарата; определяющими факторами покупки лекарственного препарата служит не цена, а его эффективность, качество и безопасность, но при замене одного препарата более дешевым аналогом больные руководствуются ценой; министерство здравоохранения, полагаясь на федеральные стандарты изготовления и контроля качества лекарственных препаратов, описанные в Государственной Фармакопее,

устанавливает требования к качеству, регистрацию, номенклатуру, ценообразование, условия отпуска из аптек.

Анализ потребностей и прогнозирование развития фармацевтического рынка; анализ спроса и предложения; разработка эффективных методов формирования спроса на фармацевтические товары и услуги; увеличение качества услуг оказания фармацевтической помощи населению; разработка методов планирования, повышающих рентабельность производства лекарственных препаратов, – являются основными задачами фармацевтического маркетинга [1, с. 7].

Таким образом, ранее предложенные задачи фармацевтического маркетинга можно дополнить и детализировать. У фармацевтического маркетинга имеется большое количество отличий от маркетинга других товаров. Прежде всего это то, что допускается производить продукцию только в строго необходимом количестве. При этом она не поставляется непосредственно потребителю, а может использоваться третьим лицом в виде медицинского или фармацевтического учреждения. Также важным отличием является ценообразование, которое в данном случае отталкивается не от корреляции рыночных цен, с учётом спроса, а основано на решении правительства. Необходимо учитывать и присутствие на национальных рынках огромного количества конкурентов [2].

Появление фармацевтического субъекта в лице аптеки формирует новые задачи фармацевтического маркетинга – маркетинг аптеки. Аптеки являются розничными поставщиками фармацевтических товаров и услуг, дистрибьюторы – оптовыми поставщиками [3, с. 38].

Данный маркетинг прежде всего связан с изучением рынка. Он предполагает:

1. Изучение потенциала рынка – максимально возможное количество лекарств, которые могут быть проданы в определенный период времени, что является определяющим фактором эффективности работы аптеки.

2. Анализ сегментации рынка – выделение на рынке отдельных сегментов в соответствии с географическими, демографическими и другими критериями. Сегментация проводится с целью выявления в соответствии с запросами потребителей наиболее подходящего фармацевтического рынка сбыта.

3. Изучение структуры рынка, позиций конкурентов. Берутся во внимание основные группы фирм, работающие на фармацевтическом рынке. Проводится анализ изменения предложения конкурентов, цено-

вой и рекламной политики, рекламных проспектов, посещение выставок, опросы.

4. Сбор информации о покупателях. Аптека сама выбирает критерии, которые определяют выбор лекарства пациентом.

Несмотря на то, что сбор информации перечислен последним, нужно иметь в виду, что на практике данный этап является начальным в маркетинге. Ценность маркетинговой информации характеризуется уменьшением неосведомленности аптеки о состоянии рынка и, как следствие, снижением коммерческого риска.

Собирают и анализируют информацию посредством четырех вспомогательных систем: внутренней отчетности, сбора внешней текущей маркетинговой информации, маркетинговых исследований, анализа маркетинговой информации.

Система внутренней отчетности включает движение денежной наличности, данные о дебиторской и кредиторской задолженности, показатели текущего сбыта, суммы издержек, объем маркетинговых запасов. Система сбора внешней текущей маркетинговой информации предоставляет руководителям информацию о том, что происходит в коммерческой среде ежедневно.

Без маркетинговых исследований рынка лекарственных препаратов невозможно продвижение лекарств до конечного потребителя, так как они лежат в основе производства и сбыта лекарств.

Необходимы большие инвестиции, чтобы массово выпускать оригинальные лекарственные препараты, поэтому современный фармацевтический рынок России ориентирован на производство дженериков, которые стоят значительно дешевле оригинальных препаратов [4].

Привлечение инвестиций в фармацевтическую промышленность будет способствовать совершенствованию ее ресурсной базы, даст возможность фармацевтическим компаниям адаптироваться к динамичным условиям внешней среды и одновременно воздействовать на внешнюю среду для создания благоприятных условий функционирования [5, с. 431].

По темпам среднегодового роста российский фармацевтический рынок – один из наиболее динамично развивающихся, характеризующийся балансом спроса и предложения фармацевтических товаров и услуг. Именно в сфере данного рынка происходит обращение лекарственных средств (ЛС) и изделий медицинского назначения (ИМН). С целью снижения импорта лекарств ведущие компании планируют открыть заводы по производству лекарственных препаратов на территории Российской Федерации [6].

На развитие фармацевтического рынка существенное влияние оказывает действующее законодательство. Ещё в 2014 г., после принятия Федерального закона от 22.12.2014 № 429-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обращении лекарственных средств», совершенствовались регулятивная база и регистрационные процедуры в сфере обращения лекарственных препаратов для медицинского применения, он также уполномочивал Минздрав России проверять соответствие производителя лекарственных препаратов стандартам GMP, требованиям надлежащей производственной практики с 1 января 2014 г. [7]. Сами стандарты официально введены в 2015 г. со вступлением в силу Ведомственного приказа Минздрава России «Об утверждении правил надлежащей аптечной практики лекарственных препаратов для медицинского применения» (Good Pharmacy Practice).

Фактически все последние изменения в законодательстве в сфере оборота лекарственных препаратов связаны с поддержкой отечественного производителя, тем не менее участники фармацевтического рынка отмечают, что некоторые механизмы государственного регулирования фармацевтической отрасли всё ещё нуждаются в совершенствовании.

Развитие фармацевтического рынка пойдет по пути инновационного развития, планируется к 2020 г. увеличить до 50% выпуск отечественных лекарственных препаратов [8, с. 301].

Следует признать, что государственная политика в сфере регулирования оборота лекарственных препаратов содействует увеличению доли фармацевтических препаратов отечественного производства на российском рынке и постепенному вытеснению импортных аналогов.

Многие российские фармацевтические компании планируют вывести на российский рынок новые лекарственные препараты (как в плане самой линейки препаратов, так и в плане появления инновационных препаратов отечественного производства), что повлияет на увеличение объемов производства российских фармацевтических компаний и, как следствие, уменьшение доли импортной продукции на рынке. Однако пока ещё рано говорить о существенном прорыве. Поскольку в ближайшие годы доля зарубежной продукции на российском фармацевтическом рынке в натуральном выражении снизится незначительно, так как массовое производство лекарственных препаратов отечественного происхождения еще не внедрено.

В 2018 г. объем реализации отечественных препаратов вырос на 6%, а импортных лекарств – на 2,7%. Доля отечественных препаратов в стоимостном выражении составила 28,9%, а в натуральном – 58,3% [9, с. 3]. На формирование структуры фармацевтического рынка России влияют изменения инфраструктуры в сфере здравоохранения, расширение предпринимательства. Имеет значение и то, какие препараты закупает аптека. Здесь необходимо учитывать, что, по сравнению с дженериками, в России крайне мала доля рынка инновационных препаратов.

Материалы и методы исследования

На фармацевтическом рынке отлажен механизм распределения фармацевтической продукции от производителя к потребителю через закупку необходимых товаров у розничных и оптовых поставщиков [10].

При изучении розничных закупок аптеками проводится выборочный опрос с целью нахождения доли покупок лекарственных средств медицинского назначения для розничной продажи. Исследование покупок лекарственных средств и изделий медицинского назначения – это исследование «входного потока», измерение потока продукции из первых рук от производителя или оптовых торговцев в отдельные аптеки. Методика подобных исследований обычно сводится к проведению исследования накладных. Похожие рекламные исследования представлены полярными исследованиями, характеризующим «выходной поток» (изучение рецептов), который отображает перемещение продукта из аптек к потребителям. Проведение исследования розничного объема продаж включает рецептурный и безрецептурный отпуск. Оптовые покупки «выходной поток» объединены с закупками лекарственных средств и изделий медицинского назначения со складов. «Выходной поток» в то же время представляется главным при анализе «входного потока» поступления фармацевтических средств со склада в аптеки. Исследование потока продукции, прибывающей через оптовых торговцев, дает возможность узнать, производят ли покупки лечебные заведения, то есть аптеки реализуют медикаменты напрямую, либо же через посредников. Многочисленный размер приобретенных данных дает возможность рассматривать самостоятельно сложные доли фармацевтического рынка, что особенно существенно при разборе покупательского потенциала отдельных регионов, различий покупательских интересов внутри них, областных различий потребностей в лекарственных средствах, различий конфигу-

раций продаж. Исследование розничного объема продаж лекарственного средства необходимо для маркетингового разбора рецептурных медикаментов, прибывающих из аптек к пациентам. Как следует из рецептурного спроса, можно предсказать, что повысится спрос на противовирусные препараты в начале сентября, вследствие повышения заболеваемости ОРВИ. В случае если принимать во внимание исключительно потребительский спрос на лекарственные препараты, то невозможно установить действенность усилий в области маркетинга, потому что нет данных, сколько больных использовало данные лекарственные препараты и сколько стало применять вследствие эффективных рекламных кампаний. Изменение количества рецептов, выписываемых на данный лекарственный препарат, представляется признаком объема продажи данного препарата. Первый способ сбора информации для исследований рецептурного отпуска объединен с исследованиями розничных аптек, так как провизоры фиксируют сведения касательно рецептов, реализованных предоставленной аптекой. Второй способ используется достижениями фармацевтических услуг, а именно: способом организации регистрации рецептов. У любого порядка есть выдающиеся качества и недостатки. Регистрируемые журнальные сведения в области рецептов находятся в непосредственном доступе аптеки, но они дают сведения исключительно о средствах, приготовленных в данной аптеке. Способ выборочного опроса фармацевтов дает меньше сведений, необходимо больше времени для их обработки, но сведения отображают количество лекарственных средств, выписанных врачами, и количество фармацевтических средств, приготовленных в аптеке. Значительная часть проведенных исследований, описанных выше, нацелены для исследования хода продукции от производителя к больному. Выборочный опрос докторов позволяет описать применение продукции. Опрашивают абсолютно всех докторов по отдельности в определенной группе для получения необходимой информации о каждом пациенте, пришедшем на прием в отчетный период. В опросе приводятся сведения о характеристиках пациента, диагнозе, характере медицинских препаратов и их фармакологическом действии. Оценивается количество использованных фармацевтических средств, данные, полученные вследствие проведения данных исследований учитывают с целью выявления связей, однако, в каких условиях применялось лекарство, с какой целью, ча-

стотой и для каких пациентов, и с тем или иным заболеванием. Исследование розничного объема продаж применяется для маркетингового анализа безрецептурных лекарственных средств, используя формулу «начальный список» плюс «совершенные продажи» минус «конечный список». Анализируется информация о числе реализованных лекарств в денежном и количественном выражении, проводится анализ цен на них, собирается информация о прописываемых количестве и дозах, стоимости лечения. Объединение результатов отдельных исследований в общей базе данных дает возможность изучить их взаимозависимость.

На основании полученных сведений можно принимать решение, в случае необходимости, о продвижении того или иного, не пользующегося спросом лекарственного препарата. Фактически речь идёт о стимулировании продаж фармацевтической продукции. Эффективнее всего такое стимулирование осуществляется за счёт различных способов и форм рекламы.

В сфере фармацевтики для продвижения лекарства необходим грамотный подход. Реклама использует медицинское дело, сюжеты про семьи и яркие слоганы. В современном рекламном клаттере появилось много продуктов, которые чудесным образом могут «всё». Креатив должен быть ярким, но не может обещать 100% результат и гарантированный эффект того или иного препарата. Немаловажную роль при выборе и назначении лекарства играют медицинские представители, распространяющие среди врачей информационные материалы, в которые входят схемы лечения заболеваний с применением продвигаемых пре-

паратов, сравнительные характеристики и рекомендации с препаратами компаний конкурентов.

Результаты исследования и их обсуждение

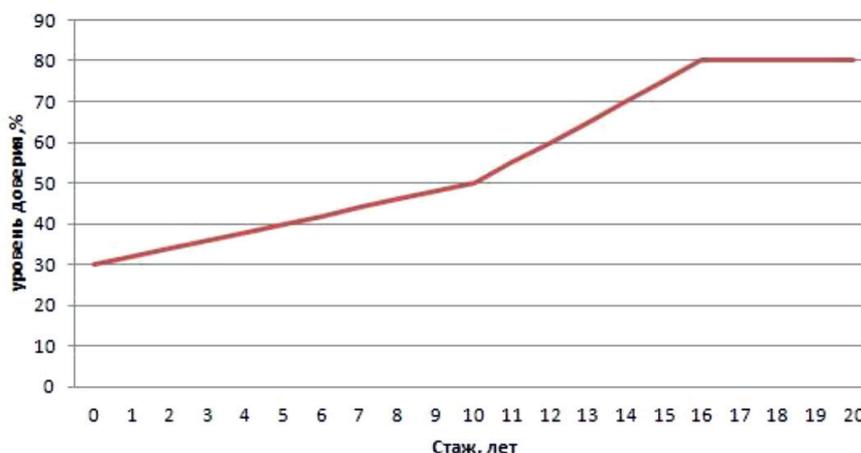
По результатам статистического исследования, проведенного среди 50 врачей различных специальностей Волгограда и Волгоградской области, были получены следующие результаты:

- 70% опрошенных положительно относятся к работе медицинских представителей;
- в 76% случаев визит медицинского представителя удобен по времени;
- 72% считают, что маркетологи должны быть компетентны в вопросах этиологии, патогенеза и тонкостей лечения патологий, для которых рекомендуется препарат;

- среди положительных сторон фармацевтического маркетинга выделены экономия времени по поиску информации об интересующем препарате и возможность задать интересующие вопросы;
- 60% врачей хотели бы заключить соглашение о сотрудничестве с маркетологом и получать бесплатные образцы лекарств для вручения пациентам;
- 80% готовы выписывать рецепты на бланках, содержащих информацию рекламного характера, при наличии таковых.

Зависимость уровня доверия к сотрудничеству с маркетологами от стажа работы врача представлена на рисунке.

Хотелось бы отметить, что в зависимости от роста стажа наблюдается повышение уровня доверия к сотрудничеству с маркетологами. По мнению авторов, это немаловажный фактор, подтверждающий эффективность введения нового регулятора.



Зависимость уровня доверия от стажа работы врача

Врачам были предложены следующие вопросы:

1. Ваш возраст.
2. Ваша специальность.
3. Ваш стаж работы по специальности.
4. Сталкивались ли Вы в своей практике с работой медицинских представителей?
5. Как Вы относитесь к работе медицинских представителей?
6. Удобно ли для вас время посещения медицинского представителя?
7. Сколько времени Вы готовы выделить на визит медицинского представителя?
8. Необходима ли медицинским представителям компетентность в вопросах этиологии, патогенеза и тонкостей лечения патологии, для которой предлагается данный препарат?
9. Адекватно ли представляются препараты или много говорится о преимуществах и мало о побочных эффектах?
10. Как Вы считаете, предоставляемая маркетологом информация достоверна, полезна и побуждает к применению препарата?
11. Отметьте положительные стороны фармацевтического маркетинга:
 - экономия времени по поиску информации об интересующем препарате;
 - возможность задать интересующие вопросы;
 - наличие содержательных буклетов и пособий.
12. Хотели бы Вы заключать соглашение с маркетологом о назначении или рекомендации пациенту лекарственного препарата?
13. Хотели ли бы Вы получить от компании представителя бесплатные образцы для вручения пациенту?
14. Готовы ли Вы приобрести лекарственный препарат на бланках, содержащих информацию рекламного характера?

Выводы

Подводя итоги, можно заключить, что фармацевтический маркетинг охватывает сферу производства лекарства, распространения и фактическую реализацию, начиная от момента производства ЛП и заканчивая его покупкой покупателем в аптеке. Основными участниками маркетингового процесса выступают производитель, посредник и потребитель. Для определения места и динамики продаж препарата на рынке, а также определения его конкурентоспособности, необходимо учитывать объем продаж, частоту выписывания лекарства, количество врачей, назначающих данное лекарство, и продажу лекарства по региону. Предоставление скидок, бесплатная доставка, отсрочка платежа, как в отдельности, так и в совокупности стимулируют продажу фармацевтической продукции.

Ситуация на отечественном фармацевтическом рынке пока имеет несколько ва-

риантов развития. С учётом усиления роли государства в регулировании рынка лекарственных препаратов, а также стремления отечественных фармацевтических компаний производить более дешёвые российские дженерики, параллельно налаживая производство инновационных препаратов, существует вероятность, полного вытеснения с рынка (за исключением уникальных препаратов) иностранных производителей. Но есть и обратная тенденция.

Пациенту не нужен маркетинг, так как он самостоятельно не может оценить фармакологическую ценность препарата из-за отсутствия клинических знаний. Врачу нужен маркетинг по следующим причинам: экономия времени; доступная квалифицированная информация по препарату; предоставление буклетов с кратким описанием препаратов; удобное время для общения с маркетологом; за короткое время можно получить информацию по препаратам.

Хотелось отметить, что фармацевтический маркетинг должен в первую очередь развиваться во благо потребителя. И, как показало наше небольшое исследование, регулятор – медицинский представитель облегчает работу врачей и способствует более полной информированности потребителя о появлении инновационных препаратов, об использовании дешевых дженериков, не уступающих по свойствам оригиналу.

Список литературы

1. Гончарова А.Е. Основные тенденции и перспективы развития фармацевтического рынка Российской Федерации // Вопросы экономики и управления. 2016. № 5. С. 38–41.
2. Евстратов А.В., Рябова Г.А. Основные тенденции и перспективы развития фармацевтического рынка Российской Федерации // Молодой ученый. 2014. № 19. С. 299–304.
3. Кошель М.С., Габриелян Н.В. проблемы и перспективы развития фармацевтической промышленности в России и Армении // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=12223> (дата обращения: 17.11.2019).
4. Кунев С.В., Кунева Л.В. формирование инвестиционной привлекательности фармацевтического производителя: маркетинговый подход // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17101> (дата обращения: 17.11.2019).
5. Мирошников А.Е., Поздняков Н.О., Ромодановский Д.П. Клинические исследования как неотъемлемая часть фармацевтического рынка // Журнал медицинские науки. 2018. № 1 (1). С. 136.
6. Об обращении лекарственных средств: Федер. Закон от 12.04.2010 № 61-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.11.2019).
7. Отчет о деятельности министерства промышленности и торговли РФ в 2015 г. и планы на 2016 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minprom.gov.ru/activity/med> (дата обращения: 17.11.2019).
8. Третьякова Е.А. Состояние и перспективы инновационного развития российской фармацевтической промышленности. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pharma2020.ru> (дата обращения: 17.11.2019).
9. Фармацевтический рынок: состояние, тенденции, перспективы // Лица бизнеса 2015. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stepconsalting.ru/publ/farmalshhtml> (дата обращения: 17.11.2019).
10. Шабельский В.С. Стратегия развития фармацевтического рынка Российской Федерации // Молодой ученый. 2014. № 20. С. 429–433.

УДК 613.644:628.51

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШУМО-ВИБРАЦИОННОГО ФАКТОРА НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

**Карабалин С.К., Ниязбекова Л.С., Сейдуанова Л.Б., Жукешева М.К.,
Сагатбаева Н.А., Терликбаева Г.А.**

*НАО «Национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова», Алматы,
e-mail: lyazzat.niyazbekova@mail.ru*

Проведены комплексные санитарно-гигиенические исследования условий труда работающих на Соколовско-Сарбайском горно-производственном объединении (ССГПО) с оценкой степени опасности и вредности и труда: вибрация и шум – 1134 замера. Результаты комплексной санитарно-гигиенической оценки условий труда рабочих ССГПО позволили установить следующее. Труд рабочих карьера протекает в условиях воздействия вибрации (превышение ПДУ на 2–15 дБ) и интенсивного шума (на 10–25 дБА), и их труд относится по степени тяжести и напряженности к классу 3.2. Подземная добыча руды на ССГПО осуществляется на глубине от 200 м до 600 м. Наличие интенсивного шума и вибрационного фактора, превышающих ПДУ шума – от 16 до 28 дБА, вибрации – от 5 до 16 дБ, соответствует по степени тяжести и напряженности классу 3.3; Трудовая деятельность рабочих, занятых обогащением железосодержащей руды протекает в условиях интенсивного шума, превышающих ПДУ от 13 до 19 дБА, вибрации – от 5 до 16 дБ и соответствует по степени тяжести и напряженности классу 3.2. Таким образом, обобщая результаты санитарно-гигиенических работ по оценке вибрации и шума при работе оборудования и техники, необходимо отметить, что трудовая деятельность рабочих протекает в условиях воздействия вибрации (на 2 до 25 дБ) и шума (превышение ПДУ на 2–20 дБА) и их труд относится к 3 степени тяжести и напряженности к классу 3.3.

Ключевые слова: шум, вибрация, работоспособность, опасность, вредность, предельно допустимые уровни

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE NOISE-VIBRATION FACTOR IN THE MINING AND PROCESSING INDUSTRIES

**Karabalin S.K., Niyazbekova L.S., Seyduanova L.B., Zhukesheva M.K.,
Sagatbaeva N.A., Terlikbaeva G.A.**

*National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty,
e-mail: lyazzat.niyazbekova@mail.ru*

Comprehensive hygienic studies of the working conditions of workers at the Sokolovsko-Sarbaiskoe Mining and Production Association (SSMPA) were carried out with an assessment of the degree of harmfulness and danger of labor: noise and vibration – 1134 measurements. The findings from the sanitary-hygienic evaluation of the working conditions of workers of the Sokolovsko-Sarbaiskoe Mining and Production Association made it possible to establish that: The labor of the career workers proceeds under the conditions of intense noise exposure (the excess of the remote control is 10-25 dBA) and vibration (2-15 dB) and their work is classified by the degree of harmfulness and danger – class 3.2; Underground ore mining at the Sokolovsko-Sarbaiskoe Mining and Production Association is carried out at a depth of 200m to 600m. The presence of an intense noise-vibration factor (exceeding the remote control from 16 to 28 dBA, vibration – from 5 to 16 dB) corresponds to the degree of harmfulness and danger class 3.3; The labor activity of workers engaged in the enrichment of iron ore flows under conditions of intense noise, exceeding the remote control from 13 to 19 dBA, vibration – from 5 to 16 dB and corresponds to the degree of harmfulness and danger class 3.2. Summarizing the results of hygienic studies on the assessment of noise and vibration during the operation of equipment and machinery, it should be noted that the workers work under conditions of intense noise (2-20 dBA exceeded) and vibration (2 to 25 dB) exposure and their work is related to the third degree of harmfulness and danger – class 3.3.

Keywords: noise, vibration, working capacity, danger, harmfulness, maximum permissible levels

Охрана здоровья работающего населения является важнейшей проблемой для нашего государства. В Республике Казахстан отмечается высокий уровень профессиональной заболеваемости и производственного травматизма работающих.

Результаты научных работ показывают, что многие производственные предприятия обеспечиваются недостаточно приборами безопасности и устройствами, санитарно-бытовыми помещениями, средствами индивидуальной защиты. В настоящее время износ основных производственных обо-

рудований в промышленности составил 46,6%, на транспорте – 37,5%, в машиностроении – 47,6% [1–3]. Многие объекты и рабочие зоны не отвечают санитарным требованиям и не происходит существенного сокращения числа этих объектов и рабочих зон.

По лабораторным исследованиям воздуха рабочей зоны установлено, что в 40,8% случаев отмечается превышение содержания в воздухе токсических аэрозолей. По физическим факторам не соответствует санитарным нормам 39,4% объектов,

по шуму 16,5%, по вибрации 39,3%, по микроклиматическим условиям труда и освещенности 38,2% [4, 5]. Данные показатели являются одним из факторов, предопределяющих продолжительность жизни работающего населения Республики Казахстан.

Цель работы: изучение воздействия шума и вибрационного фактора на здоровье работающих промышленных предприятий.

Результаты исследования и их обсуждение

В период выполнения основного этапа проведены комплексные гигиенические исследования условий труда работающих на Соколовско-Сарбайском горно-производственном объединении с оценкой степени тяжести и напряженности труда: шум и вибрация – всего 1134 замера.

Все обслуживаемые машины подразделились на классы по принципу грузоподъемности, типоразмера, мощности двигателей (транспортные машины); типоразмера, производительности в час и объема ковша (транспортно-технологические машины); особенностей технологической операции и типоразмера (технологическое оборудование).

Механические и акустические колебания на рабочих зонах самоходных машин являются сложными колебательными процессами, действующими на водителей и машинистов, как правило, непостоянно по времени и уровню с высоким фактором.

Анализ спектральных кривых акустических колебаний на рабочих местах машинистов и водителей позволил установить, что уровни шума и эквивалентные октавные спектры зависят от типа выполняемого технологического процесса и механизма (табл. 1 и рис. 1).

На карьере неблагоприятная обстановка отмечалась при эксплуатации большегрузных машин и экскаваторов, буровых установок, где уровни шумового фактора превышают ПДУ от 11 дБА до 15 дБА с превышением звуковой энергии в пределах 2500 до 8000 Гц. Менее неблагоприятная обстановка и интенсивный шум отмечались при работе автосамосвалов и большегрузных машин (от 5 до 9 дБА) с превышением ПДУ на частотах от 500 до 8000 Гц.

Уровень общей вибрации в кабинах машинистов экскаватора и на рабочих местах бурильщиков при работе буровых установок превышал ПДУ от 12 до 14 дБ, особенно на частотах от 2 до 6 Гц (табл. 2 и рис. 2).

По способу передачи вибрация рабочих зон относится к общей вибрации, передающейся через опорные поверхности на тело стоящего или сидящего человека.

Водители автосамосвалов подвергались воздействию низкочастотной толчкообразной общей вибрации, где уровни вибрации превышали ПДУ на 5 дБ.

Параметры локальной вибрации, измеренные на ручке переключения коробки передач, руле управления и полу кабины машиниста экскаватора находились в пределах допустимых уровней, тогда как, в кабине машиниста буровых установок уровень локальной вибрации превышал ПДУ на 3–4 дБ.

При подземной добыче руды работа горных машин и механизмов сопровождалась высоким уровнем интенсивного шума, источниками которых являются двигатели комбайнов, работа вентиляторов проветривания и перфораторы.

Уровни звукового давления при работе горной техники в зависимости от вида выполнения технологических операций в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 2500 до 8000 Гц превышает ПДУ от 2 до 20 дБА (табл. 1 и рис. 1). Так, при работе скреперных машин, дробильных и бурильных оборудований эквивалентный уровень шума превышал ПДУ от 11 до 18 дБА. Преобладание звуковой энергии отмечена на частоте от 31,5 до 8000 Гц. Общий уровень эквивалентного шума превышал ПДУ на 10 дБА при работе погрузочных машин, уровень общей вибрации у бурильщиков при работе буровых установок, ручных перфораторов и погрузочной техники превышал ПДУ от 11 до 28 дБА.

На обогатительном комбинате в основных участках работа дробилок, отсадочных машин, центрифуг, сепараторов насосных установок, грохотов и другого оборудования определяет высокий уровень шума.

Общий уровень шума на основных рабочих зонах обогащения и дробления показывает, что практически на всех рабочих местах отмечается превышение шума на 4–16 дБА.

Уровень эквивалентного шума не превышал предельно допустимого уровня (ПДУ) и составлял 60–65 дБА для рабочих мест операторов, которые находятся в специально оборудованном помещении.

На рабочем месте сепараторщика отмечаются высокие значения вибрации (103 дБ). По оси Z и X среднеквадратические уровни виброскорости превышали ПДУ в октавах 2–8 Гц до 4 дБ. Превышение нормативных величин вибрации отмечалось по горизонтальным осям X в октавах 2–4 Гц – на 1–3 дБ, по вертикальной оси Z при движении автосамосвала в октавах 4–8 Гц на 2–4 дБ, а общий уровень вибрации превышал ПДУ на 2–5 дБ.

Таблица 1

Оценка уровня шума по среднегеометрическим частотам при работе технологического оборудования на предприятиях ССПЮ

Технологическое оборудование	Среднегеометрические частоты, в Гц									Уровни звука дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПДУ (СН 3223-85)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Сарбайское рудоуправление (Сарб. РУ)										
ЭКГ-6,3УС	103	93	85	84	87	79	89	83	79	93
ЭКГ-8И	98	90	95	95	93	92	88	85	82	96
СБШ-250МН	102	92	86	83	79	83	76	84	76	97
СБШ-190/250-60	101	92	85	81	84	85	85	85	86	98
САТ-777D	94	86	81	84	86	82	80	76	84	85
БелАЗ, КАМАЗ	92	88	83	83	81	80	78	75	86	89
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Соколовское подземное рудоуправление (СПРУ)										
СБШ-190/250-60 буровой установки	111	97	89	84	89	89	81	85	82	97
К-14М электровоз	104	95	87	83	85	86	80	80	79	91
55ЛС-2СМ скрепер	108	97	89	85	90	85	81	84	87	95
СМД-118-1 дробилка	109	102	92	89	96	89	85	83	89	98
Управление рудоподготовки и обогащения (УРПО)										
ККД-1500/180 Дробильщик Merlin VSI RP	95	94	91	90	89	84	79	73	75	90
КСМД Бункеровщик	96	91	90	90	88	89	84	80	78	88
ГИТ-51 Грохотовщик	93	89	87	89	86	85	81	77	72	90
SDM Сепараторщик	94	86	88	90	87	86	85	84	80	92
1ГРТ-1600/50 насосы	96	91	90	90	88	89	84	80	78	92
Участок обогащения										
МШЦ 3600x5000 мельница	90	94	95	92	89	82	77	72	69	90
сепараторы ПБП-П-120/300, SWM-П-120/300	90	94	95	92	89	82	77	72	69	90
Автотранспортное управление										
Бульдозеры	82	82	80	83	81	80	73	65	62	85
Скреперы	92	87	85	73	69	63	62	64	61	74
Автогрейдеры	92	83	78	75	71	68	66	61	59	75
Водитель «САТ-777»(90)	99	96	94	81	79	71	71	66	64	82
Водитель «HD-785-5»(90)	105	91	95	84	73	73	69	66	62	78
«БелАЗ»	101	94	96	85	78	73	70	66	63	85
Тракторы	82	82	80	83	81	80	73	65	62	85

Корректированный уровень общей вибрации по осям Z и X превышал ПУД на рабочем месте водителя автосамосвала грузоподъемностью до 7 т на 2 и 1 дБ или в 1,3 и 1,2 раза. На рабочей зоне водителя автосамосвала грузоподъемностью свыше 7 т уровень общей вибрации по осям Z и X превышал допустимый уровень на 3–5 дБ или в 1,8 и 1,4 раза соответственно. Общая вибрация на рабочих зонах водителей гру-

зовых автомобилей являлась непостоянной и колебалась во времени. Наряду с этим, водители при выполнении транспортных работ по автомобильным дорогам 3–4 категории, полевым дорогам и бездорожью, характерных для сельской местности, подвергались воздействию интенсивной непостоянной общей вибрации и повторяющихся ударов с максимальным уровнем на низких и средних октавах.

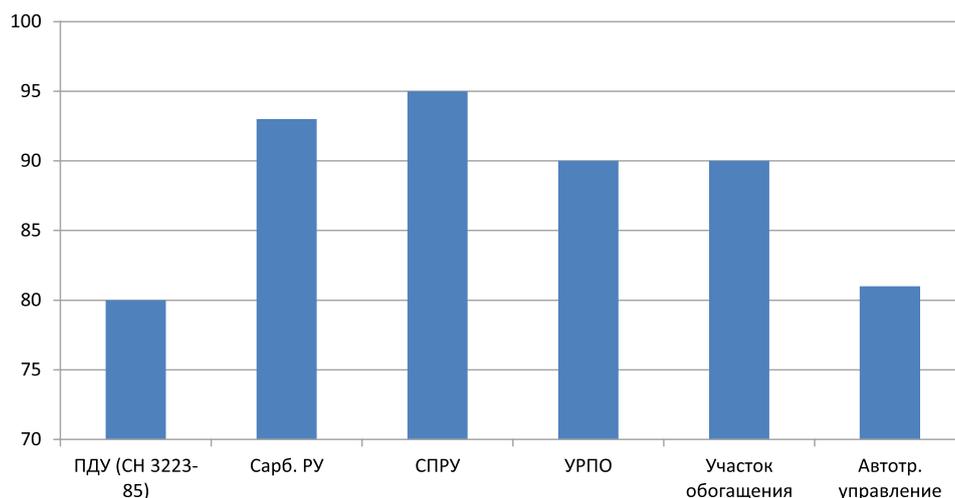


Рис. 1. Оценка уровня шума по среднегеометрическим частотам

Таблица 2

Оценка уровня вибрации по среднегеометрическим частотам при работе технологического оборудования на предприятиях ССПО

Марки и типы машин		Среднегеометрические частоты, Гц						Корректированные эквивалентные уровни вибрации, дБА
		2	4	8	16	31,5	63	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СН № 1.02.012-94	Z	123	114	108	107	107	107	107
	X,Y	117	116	116	116	116	116	116
Бурильные установки	Z	121	$\frac{118}{4}$	100	93	89	91	$\frac{121}{4}$
	2	3	4	5	6	7	8	9
	X	$\frac{119}{2}$	$\frac{118}{2}$	111	104	99	94	$\frac{118}{2}$
	Y	104	94	85	71	68	64	104
Скреперы	Z	$\frac{125}{2}$	$\frac{117}{3}$	$\frac{112}{4}$	107	100	101	$\frac{112}{5}$
	X	$\frac{120}{3}$	$\frac{119}{2}$	112	105	91	94	$\frac{119}{3}$
	Y	112	108	101	94	93	84	107
Дробилки	Z	$\frac{125}{2}$	$\frac{121}{7}$	$\frac{116}{8}$	104	97	95	$\frac{113}{6}$
	X	$\frac{119}{2}$	$\frac{119}{3}$	$\frac{117}{1}$	109	101	95	$\frac{118}{2}$
	Y	112	108	104	100	94	91	106
Экскаваторы	Z	118	$\frac{116}{2}$	$\frac{110}{2}$	105	94	89	$\frac{119}{2}$
	X	$\frac{118}{1}$	$\frac{117}{1}$	110	102	95	81	$\frac{117}{1}$
	Y	112	107	101	95	90	84	110
Автогрейдеры	Z	121	$\frac{118}{4}$	100	93	89	91	$\frac{111}{4}$
	X	$\frac{119}{2}$	$\frac{118}{2}$	111	104	99	94	110
	Y	104	94	85	71	68	64	104
Бульдозеры	Z	$\frac{125}{2}$	$\frac{121}{7}$	$\frac{116}{8}$	104	97	95	$\frac{113}{6}$
	X	$\frac{119}{2}$	$\frac{119}{3}$	$\frac{117}{1}$	109	101	95	$\frac{118}{2}$
	Y	112	108	104	100	94	91	106

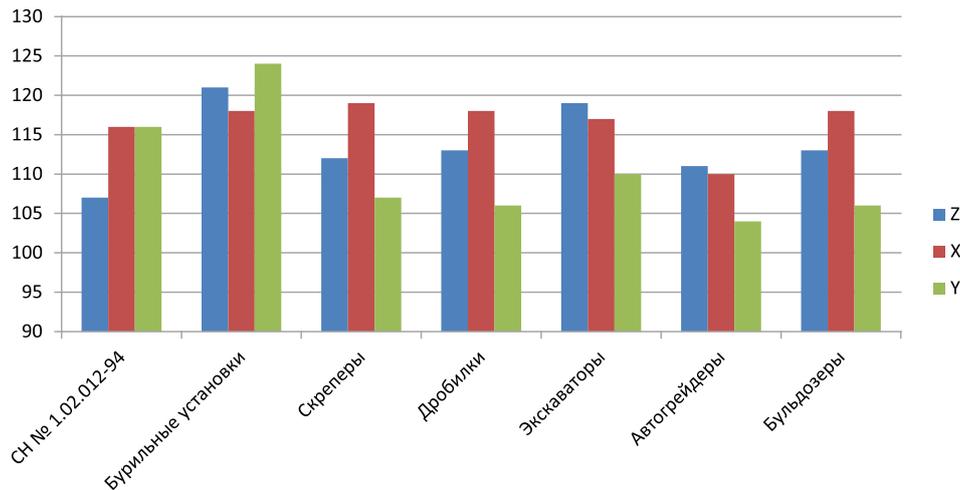


Рис. 2. Оценка уровня вибрации по среднегеометрическим частотам

Параметры вибрации на рабочих местах при работе автогрейдеров класса «легкие» показали превышение уровня звука в октавных частотах 4–31,5 Гц на 2–5 дБ. На рабочей зоне оператора автогрейдера класса «средние» общая вибрация по оси Z на частотах 4–8 Гц превышала ПДУ от 2 до 5 дБ.

Анализ уровней вибрации на бульдозерах позволил отметить, что максимум колебательной энергии отмечался в октавах от 2 до 4 Гц, который превышал ПДУ от 1,3 до 1,6 раза.

С увеличением тяговой силы, т.е. мощности бульдозеров отмечалось повышение уровней вибрации рабочей зоны и смещение спектра в низко-среднечастотный диапазон. Уровень общей вибрации на рабочих зонах бульдозеристов носил низкочастотный толчкообразный характер. Превышение допустимых уровней вибрации рабочих зон наблюдалась в октавах 2–4–8 Гц на 1–6 дБ, превышая ПДУ в 1,2–2 раза.

Таким образом, проведенные санитарно-гигиенические исследования по оценке вибрации и шума при работе техник и оборудования показывают, что труд рабочих протекает в условиях воздействия интенсивного шума (превышающие ПДУ на 2–20 дБА) и вибрации (превышающие

ПДУ на 2–25 дБ) и их труд относится к 3 степени вредности и опасности – классу 3.3.

При изучении условий и характера труда работающих выявлено, что трудовая деятельность рабочих карьера протекает в условиях воздействия вибрации (превышает ПДУ на 2–15 дБ) и шума (превышает ПДУ на 10–25 дБА) и их труд относится по степени опасности и вредности к классу 3.2, уровень шумового-вибрационного фактора (превышающие ПДУ шума на 16–28 дБА, вибрации – на 5–16 дБ) соответствует по степени вредности и опасности – классу 3.3.

Список литературы

1. Ажиметова Г.Н. Оценка влияния факторов окружающей среды на здоровье населения г. Актау // Гигиена труда и медицинская экология. 2012. № 4. С. 148–149.
2. Жумалиев Б.С., Машина Т.Ф., Дорошилова А.В., Шокабаева А.С., Саттыбаев К.Е. Современные проблемы экологозависимых заболеваний // Гигиена труда и медицинская экология. 2015. № 1 (46). С. 3–10.
3. Каремов Т.К., Алимбаев С.С., Бермаганбетова С.К. и др. К вопросу некоторой взаимосвязи факторов окружающей среды на здоровья населения // Гигиена труда и медицинская экология. 2012. № 4. С. 178–180.
4. Макенова А.М., Мушоряпова Ю.А., Суйналиева Г.У. Влияние окружающей среды на состояние здоровья населения г. Актау. Медицина и экология. 2012. № 4. С. 17–19.
5. Сраубаев Е.Н. Актуальные проблемы гигиены труда и охраны здоровья работающего населения Казахстана // Медицина и экология. 2012. № 4. С. 256–259.

УДК 614.76:616.00

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА СВЯЗИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ В СУБЪЕКТАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**Мешков Н.А., Рахманин Ю.А., Вальцева Е.А., Скворонская С.А.,
Иванова С.В., Андрушин И.Б., Прилипко Н.С., Мацюк А.В.***ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Москва, e-mail: professor121@rambler.ru*

В большинстве арктических регионов Российской Федерации наблюдаются негативные демографические тенденции, связанные с природно-климатической и антропогенной нагрузкой на организм человека. Цель работы – выявление взаимосвязи между смертностью населения и экологическими условиями в субъектах Арктической зоны Российской Федерации. Методы: расчет среднегодовых величин численности и смертности населения, валовых объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и антропогенной нагрузки в килограммах на одного жителя за период с 2010 по 2018 г. Для выполнения исследования использованы методы статистического анализа. Результаты: выявлены различия между распределением субъектов Арктической зоны Российской Федерации по объему выбросов и по уровню антропогенной нагрузки. По объему выбросов первые три места занимают Мурманская область, Республика Коми и Ямало-Ненецкий автономный округ, а по уровню антропогенной нагрузки доминируют Республика Саха (Якутия), Республика Коми и Ненецкий автономный округ. Установлена зависимость смертности населения от уровня антропогенной нагрузки на одного жителя в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком автономном округе. Вывод: Полученные математические модели взаимосвязи между уровнем смертности населения и факторными признаками в трех субъектах Арктической зоны могут быть использованы для прогноза развития в них демографических процессов.

Ключевые слова: численность, смертность, объем выбросов загрязняющих веществ, антропогенная нагрузка**IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DEMOGRAPHIC PROCESSES AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE CONSTITUENT ENTITIES OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION****Meshkov N.A., Rakhmanin Yu.A., Valtseva E.A., Skovronskaya S.A.,
Ivanova S.V., Andryushin I.B., Prilipko N.S., Matsyuk A.V.***Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, e-mail: professor121@rambler.ru*

In most Arctic regions of the Russian Federation, there are negative demographic trends related to the natural, climatic and anthropogenic burden on the human body. The aim of the work is to identify the relationship between population mortality and environmental conditions in the constituent entities of the Arctic zone of the Russian Federation. Methods: calculation of average annual values of population size and mortality, gross emissions of pollutants into the atmospheric air and anthropogenic load in kilograms per resident for the period from 2010 to 2018. Statistical analysis methods were used to carry out the study. Results: differences were identified between the distribution of the Arctic zone of the Russian Federation by emission volume and anthropogenic load level. In terms of emissions, the first three places are occupied by the Murmansk Region, the Republic of Komi and the Yamalo-Nenets Autonomous District, and in terms of anthropogenic load the Republic of Saha (Yakutia), the Republic of Komi and the Nenets Autonomous District dominate. The dependence of population mortality on the level of anthropogenic load per resident in Krasnoyarsk Krai, Archangel region and Nenets Autonomous District has been established. Conclusion: The obtained mathematical models of the relationship between the mortality rate of the population and factor characteristics in the three subjects of the Arctic zone can be used to predict the development of demographic processes in them.

Keywords: population, mortality, volume of pollutant emissions, anthropogenic load

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) характеризуется экстремальными природно-климатическими условиями, очаговой концентрацией промышленности и экологическими проблемами, обусловленными освоением минерально-сырьевых ресурсов [1–3]. Так, в ходе исследований, проведенных на Кольском полуострове, выявлено наличие в атмосферном воздухе серосодержащих загрязнителей [4]. В других

регионах АЗ РФ определяются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, связанных с добычей нефти и газа, а также сезонным сжиганием древесины, используемой для отопления частных домов [5]. Главной проблемой освоения являются демографические процессы в субъектах АЗ РФ, характеризующиеся убылью населения [6]. Сокращение численности населения связано с природно-климатической и антропогенной

нагрузкой на организм человека. Сложные природно-климатические условия негативно сказываются на устойчивости экосистем [7], что в свою очередь повышает риск для жизни и здоровья населения, проживающего на территории Арктики [8–10]. Выполнение государственных планов по устойчивому экономическому развитию Арктики требует привлечения значительных трудовых ресурсов. Поэтому особую значимость приобретает проблема сохранения здоровья человека в северных регионах страны, решение которой должно быть основано на понимании взаимосвязи состояния здоровья с воздействием природно-климатических, экологических факторов и социально-гигиеническими условиями жизнедеятельности в Арктической зоне России [11].

В связи с этим целью исследования явилось выявление взаимосвязи между смертностью населения и экологическими условиями в субъектах Арктической зоны Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

Численность и смертность населения, а также экологическую ситуацию в субъектах Арктической зоны Российской Федерации изучали по данным Росстата. Рассчитывали среднегодовые величины численности и смертности населения, объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и антропогенной нагрузки в кг на одного жителя с 95% доверительными интервалами (95%CI) за период с 2010 по 2018 г.

Динамика временных рядов оценивалась по среднему уровню ряда, среднему

абсолютному приросту, среднему темпу роста и среднему темпу прироста (убыли).

Оценка значимости различий между изучаемыми показателями в сравниваемых регионах выполнена с помощью критерия У Манна – Уитни.

Анализ связи между численностью и смертностью населения, а также антропогенной нагрузкой и смертностью населения выполнен методом корреляционно-регрессионного анализа. Критериями адекватности уравнения регрессии являлись $R > 0,7$ и $R^2 > 0,5$, а статистической значимости – $p < 0,05$.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью ППП Statistica 10.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ показателей смертности от всех причин в субъектах АЗ РФ представлен на рис. 1. Показано, что по численности населения первые три места занимают Красноярский край, Архангельская область и Республика Саха (Якутия). По уровню смертности на 1-м месте находится Архангельская область, 2-е и 3-е места занимают Красноярский край и Республика Коми соответственно. При сравнительном анализе установлено, что смертность в Архангельской области достоверно выше ($p < 0,05$), чем в других субъектах АЗ РФ. В Красноярском крае уровень смертности также выше по сравнению со всеми субъектами АЗ РФ, за исключением Архангельской области, а в Республике Коми – по сравнению с Мурманской областью, Чукотским и Ненецким АО, Республикой Саха (Якутия) и Ямало-Ненецким АО ($p < 0,05$).

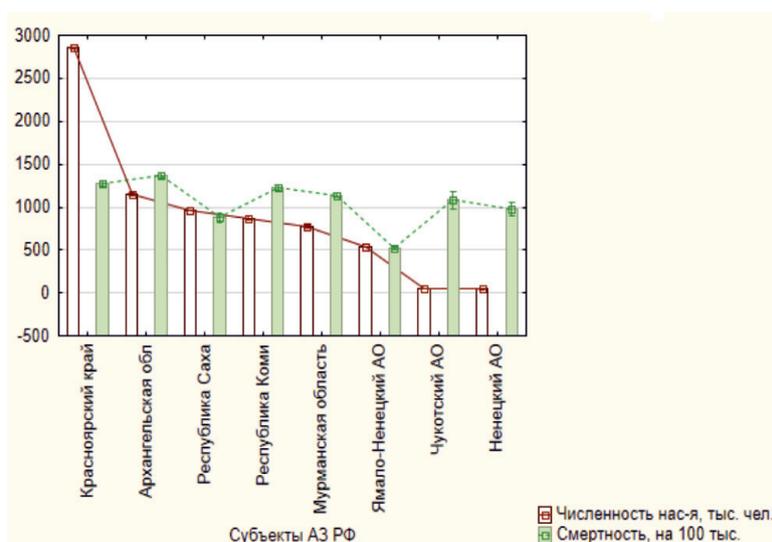


Рис. 1. Среднегодовые показатели численности и смертности населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации от всех причин в период 2010–2018 гг.

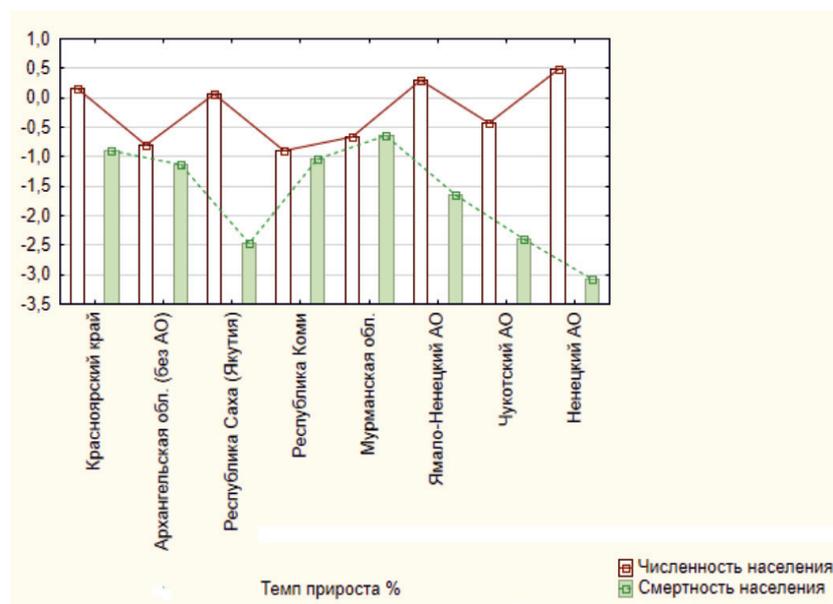


Рис. 2. Темпы прироста численности и смертности населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации от всех причин в период 2010–2018 гг.

Темпы прироста численности и смертности населения в субъектах АЗ РФ представлены на рис. 2.

Как показано на рис. 2, в Красноярском крае, Республике Саха (Якутия), Ямало-Ненецком и Ненецком автономных округах темпы прироста численности населения положительные, а смертности – отрицательные. Отрицательные темпы прироста численности и смертности населения выявлены в Республике Коми, Архангельской и Мурманской областях, а также в Чукотском автономном округе.

Корреляционный анализ (табл. 1) выявил достоверную обратную связь между численностью и смертностью населения в Красноярском крае и Ненецком АО, а в Архангельской области и Республике Коми – прямую. Прямая корреляционная связь свидетельствует о том, что снижение численности населения обусловлено в основном естественными причинами (смертностью), а обратная связь между этими показателями указывает на влияние других факторов, в том числе экологической ситуации.

Характеристика экологической ситуации по среднегодовым величинам объема выбросов загрязняющих веществ и антропогенной нагрузки на 1-го жителя в субъектах АЗ РФ представлена на рис. 3.

На рис. 3 видно, что 1-е место по объему выбросов занимает Мурманская область, а 2-е и 3-е – Республика Коми и Ямало-Ненецкий АО. Распределение субъектов

АЗ РФ по уровню антропогенной нагрузки иное: на 1-м месте находится Республика Саха (Якутия), на 2-м и 3-м – Республика Коми и Ненецкий АО.

Результаты корреляционного анализа связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что прямая связь между анализируемыми величинами выявлена в Красноярском крае, Архангельской области, Мурманской области и Ненецком АО.

Учитывая результаты корреляционного анализа (табл. 2), связь между антропогенной нагрузкой и смертностью населения оценивали методом регрессионного анализа только в тех субъектах, где установлена статистически значимая корреляционная связь.

Результаты анализа связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в Красноярском крае представлены на рис. 4, а в Архангельской области – на рис. 5, в Ненецком автономном округе – на рис. 6. Как показано на рис. 4–6, смертность населения в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком автономном округе возрастает с увеличением антропогенной нагрузки.

Уравнения связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения от всех причин в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком АО приведены в табл. 3.

Таблица 1
Коэффициенты корреляции между численностью и смертностью населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации

Субъекты АЗ РФ	r	p
Красноярский край	-0,904	< 0,05
Архангельская область (без АО)	0,828	< 0,05
Республика Саха	-0,554	> 0,05
Республика Коми	0,729	< 0,05
Мурманская область	0,483	> 0,05
Ямало-Ненецкий АО	-0,591	> 0,05
Чукотский АО	0,522	< 0,05
Ненецкий АО	-0,857	< 0,05

Таблица 2
Коэффициенты корреляции между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в субъектах Арктической зоны Российской Федерации

Субъекты АЗ РФ	r	p
Красноярский край	0,949	< 0,05
Архангельская область (без АО)	0,919	< 0,05
Республика Саха	-0,779	< 0,05
Республика Коми	-0,016	> 0,05
Мурманская область	0,464	> 0,05
Ямало-Ненецкий АО	-0,806	< 0,05
Чукотский АО	0,098	> 0,05
Ненецкий АО	0,709	< 0,05

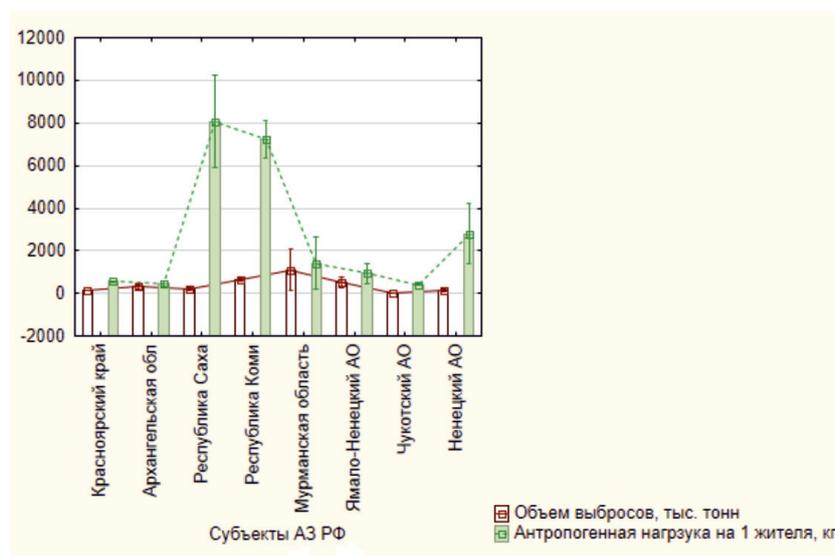


Рис. 3. Среднегодовые объемы выбросов и антропогенной нагрузки в субъектах Арктической зоны Российской Федерации от всех причин в период 2010–2018 гг.

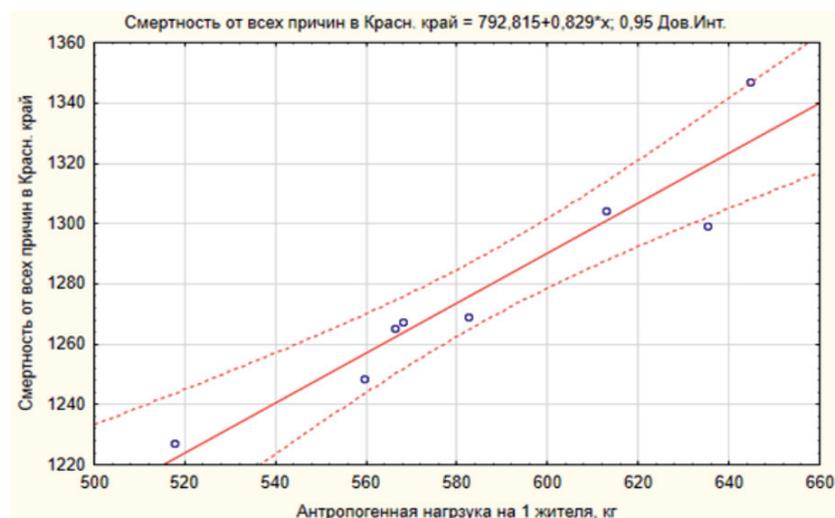


Рис. 4. Связь смертности населения в Красноярском крае от всех причин с антропогенной нагрузкой

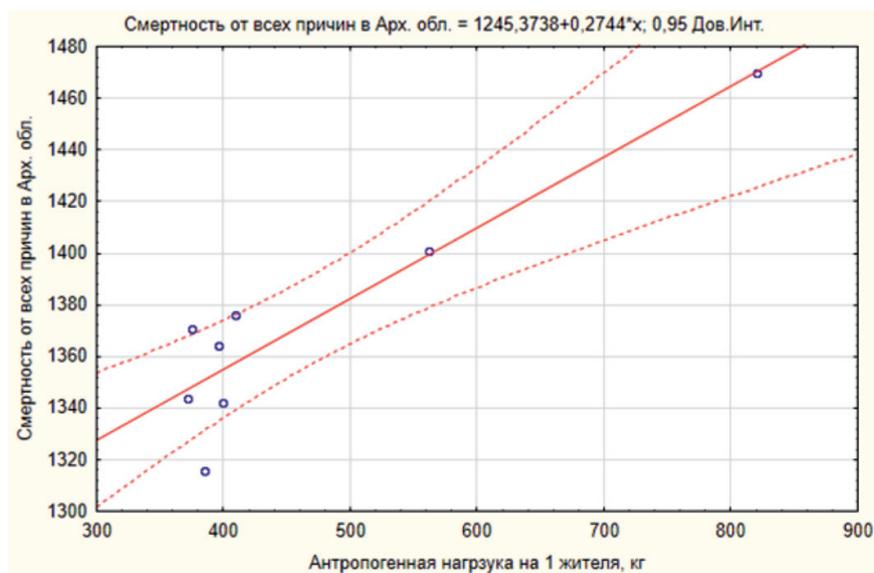


Рис. 5. Связь смертности населения в Архангельской области от всех причин с антропогенной нагрузкой

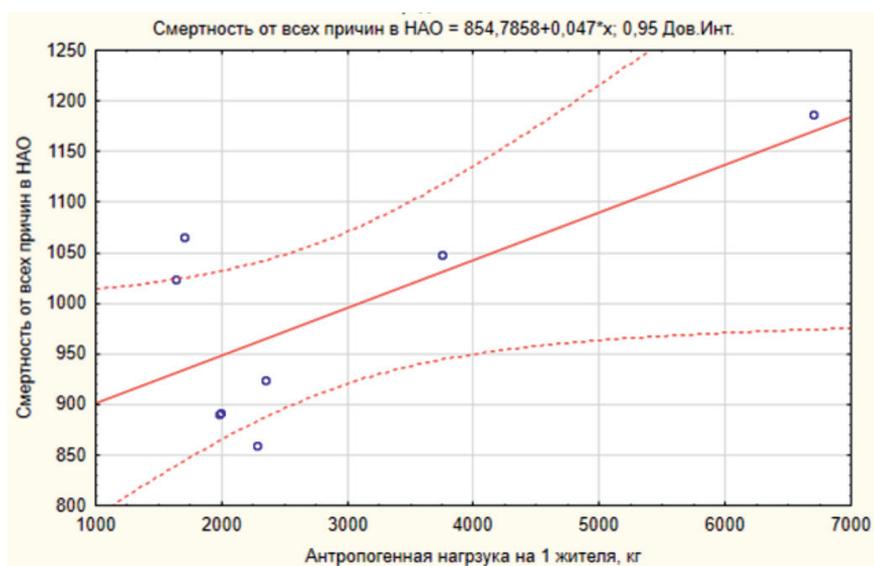


Рис. 6. Связь смертности населения в Ненецком автономном округе от всех причин с антропогенной нагрузкой

Таблица 3

Показатели адекватности и статистической значимости уравнений связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в Ненецком АО, Архангельской области и Красноярском крае

Субъекты АЗ РФ	Уравнение	Показатели адекватности и статистической значимости		
		R	R ²	p
Красноярский край	$y = 792,816 + 0,829 \times \text{Антропогенная нагрузка}$	0,949	0,900	< 0,001
Архангельская область	$y = 1245,374 + 0,274 \times \text{Антропогенная нагрузка}$	0,919	0,844	0,001
Ненецкий АО	$y = 854,786 + 0,047 \times \text{Антропогенная нагрузка}$	0,709	0,503	0,048

Из табл. 3 видно, что уравнения связи между антропогенной нагрузкой и смертностью населения в Красноярском крае, Архангельской области и Ненецком АО адекватны и статистически значимы. В Красноярском крае доля дисперсии смертности населения от всех причин, объясненная воздействием выбросов, составляет 90,0%. В Архангельской области и Ненецком АО – соответственно 84,4% и 50,3%.

Построенные математические модели могут быть использованы для прогноза развития ситуации. Вместе с тем следует отметить, что взаимосвязь между антропогенной нагрузкой и показателями состояния здоровья, в данном случае смертности, не может служить основанием для принятия управленческих решений, так как для этого необходимо выявление приоритетных факторов риска с применением методов экологической эпидемиологии.

Выводы

1. Выявлены различия между распределением субъектов Арктической зоны РФ по объему выбросов и по уровню антропогенной нагрузки. По объему выбросов первые три места занимают Мурманская область, Республика Коми и Ямало-Ненецкий автономный округ, а по уровню антропогенной нагрузки на одного жителя – Республика Саха (Якутия), Республика Коми и Ненецкий автономный округ соответственно.

2. Установлена зависимость смертности населения от уровня антропогенной нагрузки на одного жителя в Красноярском крае ($p < 0,001$), Архангельской области ($p = 0,001$) и Ненецком автономном округе ($p = 0,048$). Математические модели связи между этими факторными признаками могут быть использованы для прогноза развития демографических процессов в субъектах Арктической зоны РФ.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУ «ЦСП» Минздрава России на 2019–2020 гг.

Список литературы

1. Красулина О.Ю. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2016. № 4 (48). С. 51–58.
2. Север как объект комплексных региональных исследований: монография / Отв. ред. В.Н. Лажечнев. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2005. 512 с.
3. Чашин В.П., Деденко И.И. Труд и здоровье человека на Севере. Мурманск, 1990. 104 с.
4. Prank M., Sofiev M., Denier van der Gon HAC, Kaasik M., Ruuskanen T.M., Kukkonen J. A refinement of the emission data for Kola Peninsula based on inverse dispersion modeling. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2010. V. 10. P. 10849–10865.
5. Stohl A., Klimont Z., Eckhardt S., Kupiainen K., Shevchenko V., Kopeikin V.M., Novigatsky A.N. Black carbon in the Arctic: The underestimated role of gas flaring and residential combustion emissions. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2013. № 13. P. 8833–8855.
6. Руденко Д.Ю. Анализ демографических процессов в Российской Арктике // МИР (Модернизация, Инновации, Развитие). 2015. Т. 6. № 4–1 (24). С. 51–57.
7. Law K.S., Roiger An., Thomas J.L., Marelle L., Raut J.-Ch., Dalsoren S., Fuglestedt J., Tuccella P., Weinzierl B., Schlager H. Local Arctic air pollution: Sources and impacts. *Ambio*. 2017. V. 46 (Suppl 3). P. 453–463.
8. Белишева Н.К., Петров В.Н. Проблема здоровья населения в свете реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации // Труды Кольского научного центра РАН. 2013. № 6 (19). С. 152–173.
9. Попова А.Ю. Гигиенические аспекты обеспечения безопасности здоровья человека при освоении и развитии Арктической зоны российской федерации // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: материалы научно-практической конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 5–6 октября 2017 г.). СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2017. С. 5–7.
10. Порфирьев Б.Н., Терентьев Н.Е. Эколого-климатические риски социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации // Экологический вестник России. 2016. № 1. С. 32–39.
11. Мешков Н.А., Бобровницкий И.П., Юдин С.М., Скворонская С.А., Вальцева Е.А. Актуальные проблемы эпидемиолого-гигиенической оценки состояния окружающей среды и здоровья населения на территории Арктической зоны России // *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019. № 2. С. 40–73.

УДК 616-092.18-092.9:616.72-002.77

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ В ДИНАМИКЕ АУТОИММУННОГО АРТРИТА У КРЫС

^{1,2}Скупневский С.В., ^{2,3}Пухаева Е.Г., ^{2,3}Бадтиев А.К., ²Руруа Ф.К.,
²Батагова Ф.Э., ²Фарниева Ж.Г.

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Мытищи;

²Институт биомедицинских исследований – филиал ФГБУН Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ;

³ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова», Владикавказ

Ревматоидный артрит относится к хроническим заболеваниям, склонным к прогрессированию. Учитывая молекулярную гетерогенность и сложность клинических проявлений ревматоидного артрита, не до конца раскрытые этиологические причины его возникновения, изучение отдельных механизмов патогенеза данного заболевания продолжает оставаться актуальным для современной медицины. Целью настоящего исследования являлось изучение в динамике функциональных особенностей лимфоцитов крыс в модели адьювантного аутоиммунного артрита. Работа проведена на старых самцах крыс линии Вистар, разделенных на две равные группы, по 8 животных в каждой. Модель формировали введением опытным животным адьюванта Фрейнда. По истечении 1, 3 и 7 недель у крыс стандартным методом подсчитывали общее количество лейкоцитов. Об интенсивности дыхательных процессов в клетках судили по степени активности сукцинатдегидрогеназы, выявляемой цитобихимическим методом. Количество образуемого маркера дыхательной активности митохондрий – диформаза вычисляли при помощи программы Bio Images. Статистическую обработку результатов осуществляли по критерию Стьюдента в программе Microsoft Excel. Воспалительный процесс протекал волнообразно с максимумом на третьей неделе. Количество лейкоцитов при этом возросло по сравнению с уровнем контрольных значений с 9,8 до 11,3 тыс/мкл, возвращаясь к нормальным показателям к седьмой неделе. Введение адьюванта Фрейнда к окончанию первой недели сопровождалось повышением дыхательной активности клеток на 13%, достигая максимума на 3-й неделе эксперимента – 18%. Достоверные различия с контролем у животных опытных групп получены к 7-й неделе. В это время фиксировался спад образования диформаза, чувствительного индикатора метаболической активности митохондрий, на 31%. Механизмы развития аутоиммунного артрита ассоциированы с гиперактивацией тканевого дыхания в остром периоде заболевания и снижением энергообеспечения клеток в стадии хронизации патологического процесса. Воспалительный процесс протекал волнообразно с максимумом на третьей неделе.

Ключевые слова: артрит адьювантный, воспалительный процесс, диформазан, сукцинатдегидрогеназа, тканевое дыхание

FUNCTIONAL FEATURES OF PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES IN THE DYNAMICS OF AUTOIMMUNE ARTHRITIS IN RATS

^{1,2}Skupnevskiy S.V., ^{2,3}Pukhaeva E.G., ^{2,3}Badtiev A.K., ²Rurua F.K.,
²Batagova F.E., ²Farnieva Zh.G.

¹The FBEoS «Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman»
of Rospotrebnadzor, Mytishchi, e-mail: dreammas@yandex.com;

²Institute of Biomedical Investigations – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of RAS,
Vladikavkaz, e-mail: medgenetika435@yandex.ru;

³North-Ossetian State University, Vladikavkaz, e-mail: medgenetika435@yandex.ru

Rheumatoid arthritis refers to chronic diseases that are prone to progression. Given the molecular heterogeneity and complexity of clinical manifestations of rheumatoid arthritis, not fully disclosed etiological causes of its occurrence, the study of individual mechanisms of pathogenesis of this disease continues to be relevant for modern medicine. The aim of this study was to study the dynamics of functional features of rat lymphocytes in the model of adjuvant autoimmune arthritis. The work was carried out on old male rats of the Wistar line, divided into two equal groups, 8 animals in each. The model was formed by the introduction of the experimental animal adjuvant Freund. After 1, 3 and 7 weeks in rats, the standard method was calculated the total number of white blood cells. The intensity of respiratory processes in cells was judged by the degree of activity of succinate dehydrogenase detected by cytochemical method. The amount of mitochondrial respiratory activity marker-diformazan-formed was calculated using the Bio Images program. Statistical processing of the results was carried out according to the student's criterion in Microsoft Excel. The inflammatory process proceeded in waves with a maximum in the third week. The number of white blood cells in this case increased compared to the level of control values from 9.8 to 11.3 thousand/ μ l, returning to normal by the seventh week. The introduction of Freund adjuvant by the end of the first week was accompanied by an increase in respiratory activity of cells by 13%, reaching a maximum at the 3rd week of the experiment-18%. Significant differences with control in animals of experimental groups were obtained by the 7th week. At this time, a 31% decrease in the formation of diformazan, a sensitive indicator of mitochondrial metabolic activity, was recorded. The mechanisms of development of autoimmune arthritis are associated with hyperactivation of tissue respiration in the acute period of the disease and a decrease in the energy supply of cells at the stage of chronization of the pathological process. The inflammatory process proceeded in waves with a maximum in the third week.

Keywords: adjuvant arthritis, diformazan, the inflammatory process, tissue respiration the succinate dehydrogenase

Ревматоидный артрит (РА) по клинико-патогенетическим свойствам относится к хроническим заболеваниям, склонным к прогрессированию. Этиология РА остается до конца не раскрытой, но многочисленные исследования показывают, что генетическая предрасположенность, наличие инфекционных заболеваний и совокупность таких факторов, как переохлаждение, интоксикация, стрессы, последствия химического мутагенеза, нарушение эндокринного статуса организма и т.п., являются пусковым механизмом развития аутоиммунных реакций организма [1, 2].

Патогенетическая сложность РА заключается в наличии наследственной склонности к аутоиммунному ответу организма, вовлечению в патологический процесс синовиальной оболочки суставов, около-суставных тканей, дегенеративных поражений костей, нарушениям микроциркуляции и метаболизма. В тяжелых случаях развиваются сопутствующие патологии: ранние атеросклеротические изменения стенки артерий, поражения миокарда, инсульты, тромбозы сосудов, кератит, поражения почек, гранулема легких, что свидетельствует о мультиморбидности РА [3, 4]. Наличие выраженного болевого синдрома, прогрессирующее ограничение двигательной активности, часто приводящее к инвалидизации населения, необходимость эндопротезирования мелких и крупных суставов, длительное дорогостоящее лечение оказывают в совокупности отрицательное воздействие на качество жизни и трудоспособность больного [5]. Заболевание гетерогенно по половому и возрастному признакам: чаще встречается у женщин и пожилых пациентов, затрагивая от 0,5 до 1% населения в различных странах [6, 7]. Смертность от РА оказывается на 70% выше среднегопуляционной [5, 8]. В этой связи ранняя диагностика выступает в качестве ключевого фактора, способствующего достижению наиболее желательных результатов при терапевтическом воздействии, направленном на снижение процессов, ведущих к разрушению суставов. Эффективность лечения определяется максимально сжатыми сроками постановки диагноза и начала терапевтического воздействия [7]. Сложности ранней диагностики зависят от получения в достаточном объеме клинической информации, изучения и анализа истории болезни пациента, результатов лабораторных и рентгенологических исследований. Несмотря на достижения современной фармакологии, препаратов, способствующих полному излечиванию заболевания, к настоящему времени не существует [8]. С целью разработки

высокоэффективной терапии, активно изучаются механизмы патогенеза РА, реализуемого на различных моделях у лабораторных животных. Наибольшего распространения получили [9]:

- артриты, обусловленные неспецифическим воздействием на иммунную систему путем введения масляных растворов (адьюванта Фрейнда; пристана и др. масляных растворов);

- артриты, вызванные целенаправленным воздействием на хрящевую ткань (коллаген-, протеогликан-индуцированные РА);

- артриты, индуцированные инфекционными агентами или их токсинами (фрагменты клеточной мембраны стрептококков; антигены различной природы);

- трансгенные животные со спонтанным возникновением РА.

Исследования патогенеза РА на животных способствовали раскрытию механизмов патогенеза, что привело к разработке и апробированию препаратов, облегчающих симптоматику и создающих основу наступления длительных периодов ремиссии [10].

Учитывая молекулярную гетерогенность и сложность клинических проявлений ревматоидного артрита, не до конца раскрытые этиологические причины его возникновения, изучение отдельных механизмов патогенеза данного заболевания продолжает оставаться актуальным для современной медицины.

Цель исследования: изучение в динамике функциональных особенностей лимфоцитов крыс в модели аутоиммунного артрита, индуцированного введением адьюванта Фрейнда.

Материалы и методы исследования

Работа проведена на старых (более 400 г) самцах крыс линии Вистар, разделенных на две равные группы по 8 животных в каждой. Крысам контрольной группы под общим наркозом (Золетил) вводили в правую заднюю конечность п/к физиологический раствор в объеме 0,1 мл на 200 г веса. Опытным животным по той же схеме вводили адьювант Фрейнда (АФ).

По истечении 1, 3 и 7 недель у животных под общим наркозом из сердца отбирали кровь, которую с помощью прибора для нанесения мазков MicroscopyVision (Австрия) наносили на стекла. Препараты высушивали и фиксировали в 60% растворе ацетона в течение 30 с, ополаскивали дистиллированной водой. Затем стекла инкубировали при температуре 37°C в течение 1 часа в среде, содержащей 125 ммоль/л KCl, 10 ммоль/л HEPES, 1 мг/л нитроси-

неготетразолия окисленного, 5 ммоль/л молочной кислоты, 5 ммоль/л малоновой кислоты, 0,5 ммоль/л НАДН. Стекла промывали дистиллированной водой, высушивали и окрашивали в 0,05% растворе нейтрального красного, имеющего сродство к ядрам клеток [11]. Препараты микроскопировали при увеличении 10x100 под масляной иммерсией. На каждую крысу исследовалось по 100 клеток, которые для рандомизации отбирались из трех зон стекла: начальной, средней и финишной. Препараты фотографировали и обрабатывали в программе

пробы устанавливали отдельный таймер. Через 60 мин, по высоте прозрачного столба, подсчитывали скорость отделения эритроцитов от плазмы [12].

Результаты исследования и их обсуждение

Введение крысам адьюванта Фрейнда, представляющего собой суспензию туберкулезных микобактерий, обусловило ответную иммунную реакцию, что проявилось изменением численности клеток белой крови (рис. 1).

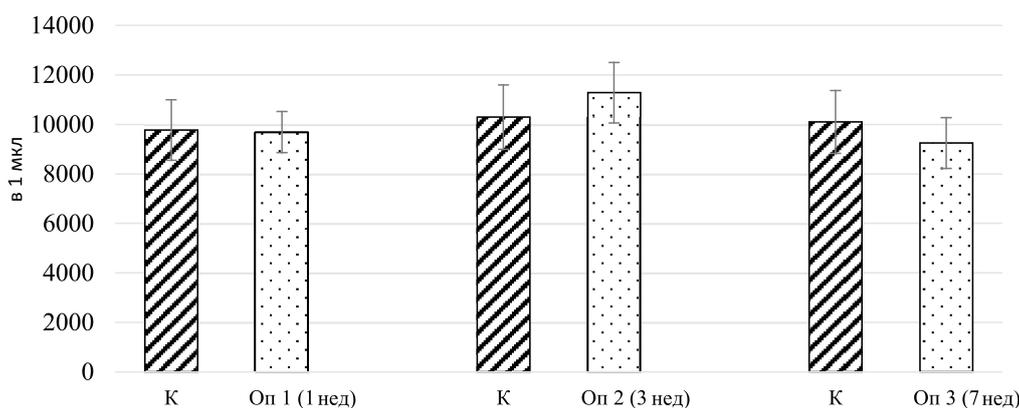


Рис. 1. Динамика общего количества лейкоцитов периферической крови у крыс в условиях индуцированного аутоиммунного артрита

Bio Images (г. Пущино), позволяющей рассчитывать площадные характеристики клеток и их компарментов, а также вычислять количество образуемого маркера дыхательной активности митохондрий – диформаза.

Статистическая обработка результатов осуществлялась по критерию Стьюдента в программе Microsoft Excel.

Общее количество лейкоцитов подсчитывали под микроскопом, используя камеру Горяева, при малом увеличении 10x10. Препараты готовили стандартным способом, используя для окраски ядер лейкоцитов 100 мл 5% раствор уксусной кислоты и 1 мл 1% раствора метиленового синего. Скорость оседания эритроцитов измеряли по методу Панченкова. Использовали стандартный капилляр Панченкова со шкалой от 0 до 100 мм. Раствор цитрата натрия (5%) набирали до отметки «Р» и помещали его в пробирку. Затем производили еще два забора крови капилляром до буквы «К», переливая ее в ту же пробирку. Содержимое тщательно перемешивали и вновь набирали в капилляр до отметки «К». Капилляр фиксировали в штативе в строго вертикальном положении. Для каждой анализируемой

Из графика следует, что воспалительный процесс, обусловленный введением АФ, протекал волнообразно с максимумом на третьей неделе – количество лейкоцитов при этом возрастало от уровня контрольных значений 9,8 до 11,3 тыс/мкл. К седьмой неделе отмечался плавный спад и количество лейкоцитов возвращалось к норме. Однако общие наблюдения показали, что животные к этому времени становились малоподвижными, а пальпацией выявлялись начальные признаки деформации суставов.

Известно, что косвенным доказательством воспалительных реакций организма является тест на определение скорости оседания эритроцитов. В этой связи нами выявлена динамика изменений, затрагивающих в первую очередь белковый состав плазмы, определяющий способность к агрегации клеток красной крови (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что анализируемый клинический показатель характеризуется широкой вариабельностью у животных опытной и контрольной групп. Разброс показателей, определяющий величину стандартной ошибки среднего, не выявляет достоверных различий между сравниваемыми

выборками. Тем не менее во всех трех экспериментах очевидна тенденция к росту показателя СОЭ в опытных группах. В числе агломеринов, регулирующих объединение эритроцитов в крупные агрегатные комплексы, находятся белки острой фазы, выступающие маркерами воспалительного процесса. Из графика видно, что уже к окончанию первой недели с момента введения животным суспензии микобактерий, отмечается выраженная иммунная реакция, косвенно проявляемая повышенной склонностью красных кровяных телец к седиментации. Ее интенсивность возрастает к третьей неделе наблюдений и в дальнейшем сохраняется на отметке, превышающей контрольные показатели на 87–100%.

Сопоставление графиков на рис. 1 и 2 показывает, что в механизмах индуцированного аутоиммунного артрита принимают участие как клеточное, так и гуморальное звенья

иммунной системы. При этом если участие клеточного звена – визуализируемое общей численностью лейкоцитов, проходя через максимум, возвращается к норме, то интенсивность ответных гуморальных реакций остается выраженной и на стадиях перехода заболевания в хроническую форму.

Одновременно с клиническими наблюдениями осуществлялся контроль активности ферментов митохондрий лимфоцитов, участвующих в энергетическом обмене клеток. Выбор иммунокомпетентных клеток в качестве объекта исследования определялся их непосредственной вовлеченностью в патологический процесс и высокой скоростью пролиферации, дающей информацию о состоянии организма *in situ*. На рис. 2 показано, что интегральный профиль дегидрогеназной активности представителей клеточного иммунитета качественно воспроизводит характер течения патологии, отраженный на рис. 1.

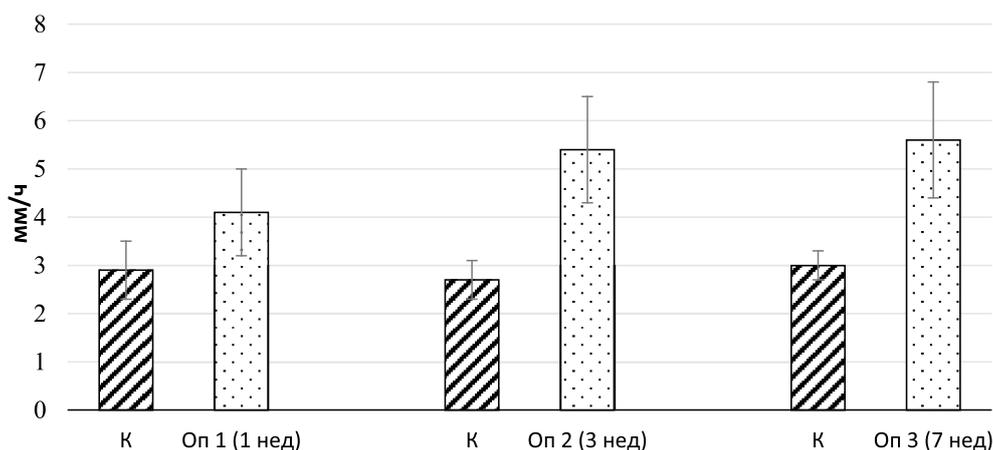


Рис. 2. Скорость оседания эритроцитов у крыс в условиях индуцированного аутоиммунного артрита

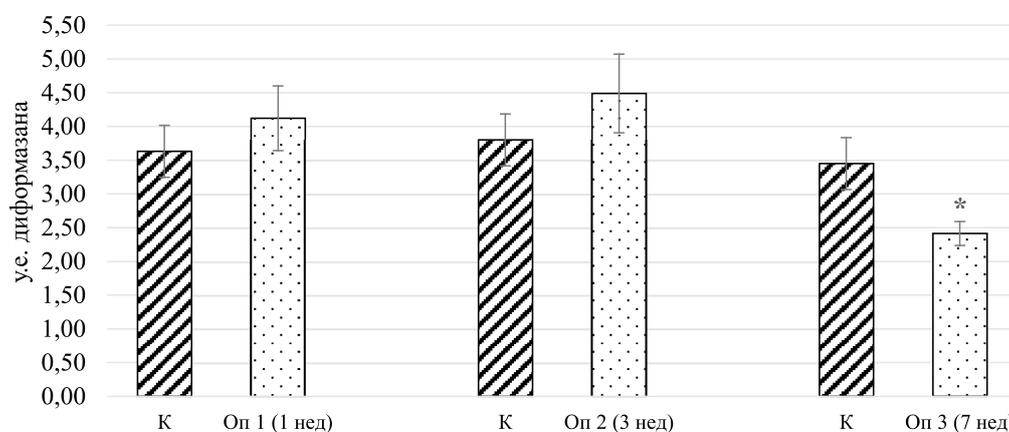


Рис. 3. Динамика метаболической активности митохондрий лимфоцитов периферической крови у крыс в условиях индуцированного аутоиммунного артрита (* – $P < 0,05$)

Введение АФ к окончанию первой недели сопровождалось повышением дыхательной активности клеток на 13%, максимум которой наблюдался на 3-й неделе эксперимента – 18%. Достоверные различия с контролем у животных опытных групп отмечались к 7-й неделе с момента индукции аутоиммунного артрита. В это время фиксировался спад (относительно контрольных животных) общего энергообеспечения, проявляемый снижением образования диформазана, выступающего в качестве чувствительного индикатора метаболической активности митохондрий на 31% [13].

Таким образом, динамика изменения численности клеток белой крови в процессе формирования адьювантного артрита представляла волнообразный процесс с максимумом на 3-й неделе и сохранением напряженности в гуморальном звене иммунной системы на всем этапе проведенных исследований. Механизмы развития аутоиммунного артрита ассоциированы с гиперактивацией тканевого дыхания в остром периоде заболевания и снижением энергообеспечения клеток в стадии хронизации патологии.

Список литературы

1. Frisell T., Holmgvist M., Kallberg H., Klareskog L., Alfredsson L., Askling J. Familial risks and heritability of rheumatoid arthritis: role of rheumatoid factor/anti-citrullinated protein antibody status, number and type of affected relatives, sex, and age. *Arthritis Rheum.* 2013. vol. 65. P. 2773–2786.
2. Kuo C.F., Grainge M.J., Valdes A.M., See L.C., Yu K.H., Shaw SWS., Luo S.F., Zhang W., Doherty M. Familial aggregation of rheumatoid arthritis and co-aggregation of autoimmune diseases in affected families: a nationwide population-based study. *Rheumatology.* 2017. vol. 56. P. 928–933. DOI: 10.1093/rheumatology/kew500.
3. Кондратьева Л.В., Попкова Т.В., Насонов Е.Л. Инсулинорезистентность при ревматоидном артрите: взаимосвязь с нарушениями липидного обмена и метаболическим синдромом // *Научно-практическая ревматология.* 2019. № 57 (3). С. 280–283. DOI: 10.14412/1995-4484-2019-280-283.
4. Васильева Л.В., Лахин Д.И. Ревматоидный артрит и метаболический синдром – патогенетические взаимосвязи // *Российский семейный врач.* 2011. № 15 (1). С. 41–50.
5. Насонов Е.Л., Каратеев Д.Е. Применение генно-инженерных биологических препаратов для лечения ревматоидного артрита: общая характеристика (лекция) // *Научно-практическая ревматология.* 2013. № 51 (2). С. 163–169. DOI: 10.14412/1995-4484-2013-645.
6. Bei Xu, Jin Lin. Characteristics and risk factors of rheumatoid arthritis in the United States: an NHANES analysis. *Peer J.* 2017. vol. 5. P.4035. DOI: 10.7717/peerj.4035.
7. Heidari B. Rheumatoid Arthritis: Early diagnosis and treatment outcomes. *Caspian J. Intern. Med.* 2011. vol. 2 (1). P. 161–170.
8. Guo Q., Wang Y., Xu D., Nossent J., Pavlos NJ., Xu J. Rheumatoid arthritis: pathological mechanisms and modern pharmacologic therapies. *Bone Res.* 2018. vol. 6. P. 15. DOI: 10.1038/s41413-018-0016-9.
9. Cuzzocrea S. Characterization of a novel and spontaneous mouse model of inflammatory arthritis. *Arthritis Res Ther.* 2011. vol. 13 (5). P. 126. DOI: 10.1186/ar3434.
10. Громько М.В. Экспериментальные модели ревматоидного артрита // *Проблемы здоровья и экологии.* 2012. № 2 (32). С. 115–118.
11. Кондрашова М.Н., Захарченко М.В., Хундерякова Н.В., Маевский Е.И. Цитобиохимический способ определения активности сукцинатдегидрогеназы, окисления эндогенной янтарной кислоты, сигнального действия микромолярных концентраций янтарной кислоты, его применение для количественной оценки уровня адренергической регуляции в организме, среда и набор для осуществления // Патент РФ № 2364868. Патентообладатель Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН (ИТЭБ РАН), Кондрашова Мария Николаевна. Открытое акционерное общество «Диод»; опубликовано 20.08.2009.
12. Справочник по лабораторным методам исследования // Под ред. Л.А. Даниловой. СПб.: Питер, 2003. 736 с.
13. Федотчева Н.И., Литвинова Е.Г., Захарченко М.В., Хундерякова Н.В., Фадеев Р.С., Теплова В.В., Федотчева Т.А., Белобородова Н.В., Кондрашова М.Н. Субстрат-специфическое восстановление солей тетразолия в изолированных митохондриях, тканях и лейкоцитах // *Биохимия.* 2017. Т. 82. № 2. С. 309–322.

УДК 615.272:615.076.7

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕСУРСОВЕДЕНИЯ ГИДРОБИОНТОВ ЧЕРНОГО МОРЯ КАК НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНОЙ ОТРАСЛИ ФАРМАЦИИ С ЦЕЛЬЮ СОХРАНЕНИЯ ЭКОЛОГИИ И ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

¹Чжу О.П., ¹Аравияшвили Д.Э., ²Туманова А.Л.

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицинской приматологии»,
Сочи, e-mail: olga.chzhu@mail.ru;

²НИМЦ «Экологии и здоровья человека», Сочи, e-mail: tumanova@mail.ru

Выбор в качестве источников биологически активных соединений гидробионтов акватории Черного моря позволяет решить ряд экологических проблем региона, в том числе и в разработке комплексной системы ресурсоведения гидробионтов Черного моря как новой отрасли современного лекарствоведения. Гидробионты водной среды вырабатывают структурно уникальные и разнообразные вторичные метаболиты, нехарактерные для наземных организмов, многие из которых отличаются экстремально высокой биохимической и фармакологической активностью. В данной работе представлены результаты исследований по отработке малоотходных и ресурсосберегающих технологий извлечения биологически активных веществ из непromысловых гидробионтов прибрежных зон акватории Черного моря, а также предварительной оценки биохимической активности полученных субстратов. Субстраты биологически активных веществ из тканей беспозвоночных извлекали методом двухфазной экстракции в сочетании с ультразвуком. Для полученных субстратов определяли антиокислительную активность методом, позволяющим проводить скрининг лекарственного сырья, фитопрепаратов и биологически активных веществ с высокой антиокислительной активностью. Предварительную оценку протекторной активности полученных препаративных форм проводили при детальном изучении кинетики суммарного процесса ферментативных реакций спиртового брожения в замкнутой системе. Оценка пролиферативной активности (роста и митогенной активности) лимфоцитов в культуре *in vitro* под воздействием субстратов биологически активных веществ беспозвоночных проводили стандартным полумикрометодом культивирования лимфоцитов. Полученные данные позволяют использовать метод двухфазной экстракции в сочетании с ультразвуковым озвучиванием как достаточно эффективный при обработке сырья такого типа и рекомендовать в призмe актуальных ресурсосберегающих и малоотходных технологий. Выделенные субстраты обладают достаточно выраженной биохимической, протекторной, регенерирующей, ростовой и фармакологической активностью в отношении клеток живых систем, что предполагает высокий синергетический эффект в комбинации с производными микроводоросли хлореллы.

Ключевые слова: морская фармакология, двухфазная экстракция, биологически активные вещества, морские беспозвоночные, антиокислительная активность, протекторные свойства, ростовые вещества

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF RESOURCES OF THE BLACK SEA HYDROBIONTS AS A NEW ECONOMICALLY PROFITABLE BRANCH OF PHARMACY IN ORDER TO PREVENT HUMAN ECOLOGY AND HEALTH

¹Chzhu O.P., ¹Araviashvili D.E., ²Tumanova A.L.

¹Federal State Budget Scientific Institution «Research Institute of Medical Primatology»,
Sochi, e-mail: olga.chzhu@mail.ru;

²NIMC «Ecology and human health», Sochi, e-mail: tumanova@mail.ru

The choice of sources of biologically active compounds of aquatic organisms in the Black Sea allows us to solve a number of environmental problems in the region including the development of an integrated system of resource management of aquatic organisms of the Black Sea as a new branch of modern drug science. Hydrobionts of aquatic environment produce structurally unique and diverse secondary metabolites that are not characteristic of terrestrial organisms, many of which are characterized by extremely high biochemical and pharmacological activity. The results of studies on the development of low-waste and resource-saving technologies for extracting biologically active substances from non-field hydrobionts of the coastal zones of the Black Sea are presented in this paper, as well as a preliminary assessment of the biochemical activity of the obtained substrates. Substrates of biologically active substances from invertebrate tissues were extracted by two-phase extraction in combination with ultrasound. Antioxidant activity for the obtained substrates was determined by a method that allows screening of medicinal raw materials, phytopreparations and biologically active substances with high antioxidant activity. A preliminary assessment of the protective activity of the obtained preparative forms was carried out in a detailed study of the kinetics of the total process of enzymatic reactions of alcoholic fermentation in a closed system. Evaluation of the proliferative activity (growth and mitogenic activity) of lymphocytes in an *in vitro* culture under the influence of substrates of biologically active substances of invertebrates was carried out using a standard semi-micromethod of lymphocyte culture. The data obtained allow us to use the two-phase extraction method in combination with ultrasonic scoring, as it is quite effective in the processing of raw materials of this type and recommend it in the prism of relevant resource-saving and low-waste technologies. The selected substrates have a fairly pronounced biochemical, protective, regenerative, growth and pharmacological activity against cells of living systems. This suggests a high synergistic effect in combination with chlorella derivatives.

Keywords: marine pharmacology, two-phase extraction, biologically active substances, marine invertebrates, antioxidant activity, protective properties, growth substances

Рациональное и комплексное использование биологических ресурсов Мирового океана предусматривает максимальное вовлечение в производство непищевых отходов и неиспользуемых в народном хозяйстве гидробионтов в качестве новых источников пищевой, кормовой, технической продукции.

При этом на нынешнем этапе эколого-биологического состояния окружающей среды нужен был какой-то серьезный перелом в традиционном отношении к биологическим ресурсам морских и пресноводных акваторий Мирового океана, которые находили в основном области пищевого и кормового применения. И как раз обострение «сырьевого» голода в фармацевтической промышленности, острый дефицит БАВ, сужение базы сухопутных источников и наметившийся пересмотр традиций в эксплуатации богатств Мирового океана вообще послужили основой разработки новых принципов утилизации морских гидробионтов как продуцентов химических соединений, представляющих интерес для лекарствоведения, разработки специальной отрасли лекарствоведения – морской фармации [1, 2].

Выбор в качестве источников биологически активных соединений гидробионтов акватории Черного моря позволяет решить ряд экологических проблем региона. Во-первых, проблему резкого истощения традиционных источников получения новых лекарственных препаратов, основу которых составляют БАВ сухопутных организмов (растений и животных), и постоянно возрастающей цены на них. Во-вторых, позволяет избежать больших потерь при обработке промысловых водных организмов (до 60% от массы улова), что представляет собой очень большой сырьевой резерв, а также реализовать принцип рационального и комплексного использования водных биологических ресурсов, максимального вовлечения значительных скоплений в территориальных водах непромысловых гидробионтов, в частности морских беспозвоночных, в сочетании с разработкой актуальных ресурсосберегающих и малоотходных технологий использования гидробионтов, снижающих дополнительную нагрузку на экосферу. В-третьих, дает начало формированию комплексной системы ресурсоведения гидробионтов Черного моря как новой отрасли современного лекарствоведения, требующей значительных усилий в сфере географического распространения и в сфере определения запасов.

Кроме того, биологически активные вещества водных животных и растений об-

ладают уникальными свойствами, связанными с условиями существования гидробионтов в водной среде, характеризующейся высоким содержанием соли, низким освещением или полным его отсутствием, высоким давлением и необычно высокими или низкими температурами, что обеспечивает отличие морских организмов и их метаболитов от организмов с земной биологией. Гидробионты водной среды вырабатывают структурно уникальные и разнообразные вторичные метаболиты, нехарактерные для наземных организмов, многие из которых отличаются экстремально высокой биологической и фармакологической активностью. Метаболиты водных организмов представлены такими функциональными соединениями, как каротиноиды, фосфолипиды, сапонины, полиненасыщенные жирные кислоты класса омега-3, омега-6, которые проявляют высокую антиоксидантную (АОА), иммуномодулирующую, радиопротекторную, противоопухолевую активности в дозах, необходимых для лечения и профилактики многих заболеваний, очень малых ввиду их чрезвычайно высокой активности [1, 2].

Еще одним положительным фактором применения биологически активных веществ морского происхождения является экономическая выгода, обусловленная относительной доступностью, огромным разнообразием структур, колоссальными запасами и успешно воспроизводимостью сырьевой базы.

В данной работе представлены результаты исследований по отработке малоотходных и ресурсосберегающих технологий извлечения биологически активных веществ из непромысловых гидробионтов прибрежных зон акватории Черного моря, а также предварительной оценки биохимической активности полученных субстратов.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выступали морские беспозвоночные (рапаны, мидии) и концентрат культуральной среды хлореллы.

Субстраты биологически активных веществ из тканей беспозвоночных извлекали методом двухфазной экстракции в сочетании с ультразвуком. Метод двухфазной экстракции позволяет при применении в качестве экстрагента двухфазной системы растворителей (спиртоводная смесь/масло) одновременно проэкстрагировать из сырья гидрофильные и гидрофобные вещества при приготовлении экстрактов и комплексов на основе морских гидробионтов, при этом преимущественно гидрофильные вещества

остаются в спиртоводной фазе, а липофильные переходят в масляную. Сочетание двухфазной экстракции с ультразвуком обеспечивает более глубокое проникновение растворителя в материал с клеточной структурой, уменьшает продолжительность обработки, обеспечивает более высокий выход продукта и воспроизводимость, снижает расход растворителя, увеличивает скорость процесса, позволяет экстрагировать термолабильные вещества [3].

Для полученных субстратов определяли антиокислительную активность методом, позволяющим проводить скрининг лекарственного сырья, фитопрепаратов и биологически активных веществ с высокой антиокислительной активностью (АОА) и включающим взаимодействие анализируемой пробы с перманганатом калия до обесцвечивания последнего в водной сернокислой среде при комнатной температуре [4], и антимикробную активность методом, основанным на проращивании в питательной среде.

Предварительную оценку протекторной активности полученных препаративных форм проводили при детальном изучении кинетики суммарного процесса ферментативных реакций спиртового брожения в замкнутой системе и последующем сравнении отдельных параметров картины хода реакции в отсутствие полученных препаративных веществ и при их различных концентрациях в растворе. В качестве модельного организма для проведения данной серии экспериментов были выбраны микроскопические грибы, относящиеся к биологическому виду *Saccharomyces Cerevisiae* (дрожжи верхового брожения) как один из наиболее изученных модельных организмов. В качестве экзогенного токсиканта использовали соль тяжелого металла [5].

Оценку пролиферативной активности (роста и митогенной активности) лимфоцитов в культуре *in vitro* под воздействием субстратов биологически активных веществ беспозвоночных проводили стандартным полумикрометодом культивирования лимфоцитов периферической крови низших обезьян с некоторыми модификациями с последующим проведением цитогенетического анализа исследуемых кариотипов (приготовление препаратов метафазных хромосом, окрашивание хромосом, количественный анализ метафазных пластинок) [6].

Влияние антиульцерогенной активности концентрата культуральной среды хлореллы изучали на модели экспериментального повреждения слизистой оболочки желудка у 10 мышей обоего пола. Экспериментальное повреждение слизистой

оболочки желудка моделировали путем однократного внутрижелудочного введения этанола (1 мл 96°/200 г массы животного). Оценку ульцерогенного эффекта производили через 1 ч после введения спирта. Степень повреждений слизистой желудка и ее тяжесть характеризовали на основании расчетов суммарной длины язвенных поражений (в мм) у каждой мыши [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Сочетание двухфазной экстракции с ультразвуковым воздействием позволяет достичь значений антиокислительной активности (АОА), равных АОА субстратов, полученных при классическом экстрагировании при перемешивании через 96 ч, в течение 60–180 мин в зависимости от свойств исходного сырья.

Анализ результатов исследований антиокислительной активности субстратов биологически активных веществ позволил сделать следующие выводы. Антиокислительная активность (АОА) возрастает с увеличением времени воздействия ультразвука. АОА субстратов в масляной фазе выше АОА субстратов, полученных в аналогичных условиях, в водно-спиртовой фазе в 2–3 раза. АОА субстратов биологически активных веществ, извлеченных из тканей рапанов, выше АОА субстратов, полученных на основе тканей мидий, при времени воздействия ультразвука от 6 до 12 ч. Время воздействия УЗ для получения экстрактов с оптимальными значениями АОА в масляной и водно-спиртовой фазах составляет 3 ч. Результаты исследований представлены на рис. 1, 2.

Исследование антимикробной активности проводили методом проращивания в питательной среде субстратов с оптимальными значениями АОА в масляной и водно-спиртовой фазах (время ультразвуковой обработки 3 ч) в соотношении 20 мкл экстракта на 1 мл среды. Полученные образцы термостатировали и в течение длительного времени вели визуальное наблюдение. В течение 30 дней со дня посева проращивание питательной среды не наблюдалось, что может являться косвенным подтверждением выраженной противомикробной активности исследуемых образцов.

Оценка протекторных свойств субстратов беспозвоночных показала следующие результаты. Влияние субстратов биологически активных веществ на максимально возможную скорость ферментативного брожения дрожжей в присутствии солей тяжелых металлов в основном бывает положительным, т.е. повышает ее изменение. В основ-

ном все субстраты существенно замедляют стадию угасания ферментативного брожения дрожжей в присутствии солей тяжелых металлов в замкнутой системе. Протекторные свойства спиртовых вытяжек проявляются более выражено при более высоком содержании в замкнутой системе и практически идентично при всех концентрациях соли тяжелого металла (свинца). Протекторная активность масляных вытяжек выражена выше, чем у спиртовых, в среднем в два раза. При этом протекторные свойства этих образцов значительно выше в области высоких и низких концентраций соли тяжелого металла (свинца). При большем содержании масляной вытяжки протекторная активность снижается. Результаты исследований представлены на рис. 3, 4.

Действие вытяжек биологически активных веществ, извлеченных из тканей

мидий, на живые клетки, многофакторно: во-первых, компоненты экстрактов могут транспортироваться внутрь клетки для последующего использования в качестве источника недостающих макроэлементов (N, P, S и т.д.) – таким образом проявляя активность в качестве субстрата; во-вторых, компоненты экстрактов, адсорбируясь на поверхностях биологических мембран, влияют на регуляцию обменных процессов, способствуя защите клеток от неблагоприятных концентраций продуктов жизнедеятельности или же блокируя пропускную способность мембран в случае высоких концентраций – проявляя протекторную активность (в более сложных системах, включающих ионы тяжелых металлов, протекторная функция, возможно, будет выражаться в адсорбции данных ионов).

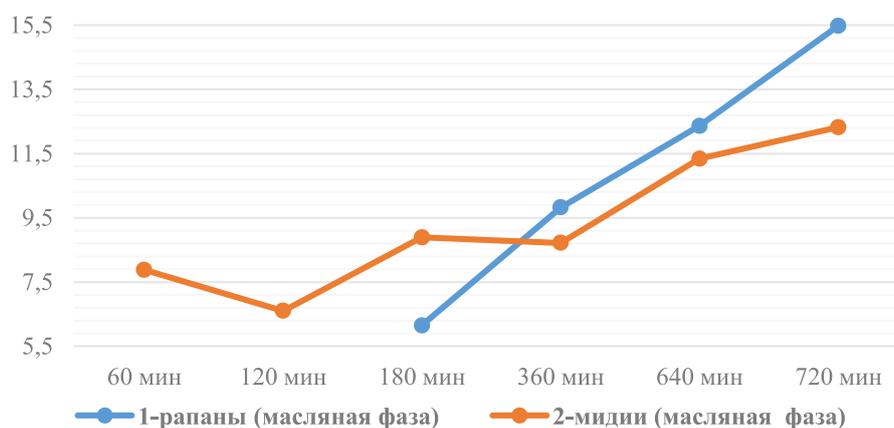


Рис. 1. Антиокислительная активность субстратов биологически активных веществ из мидий и рапанов в масляной фазе (по содержанию суммы биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами, мг/г)

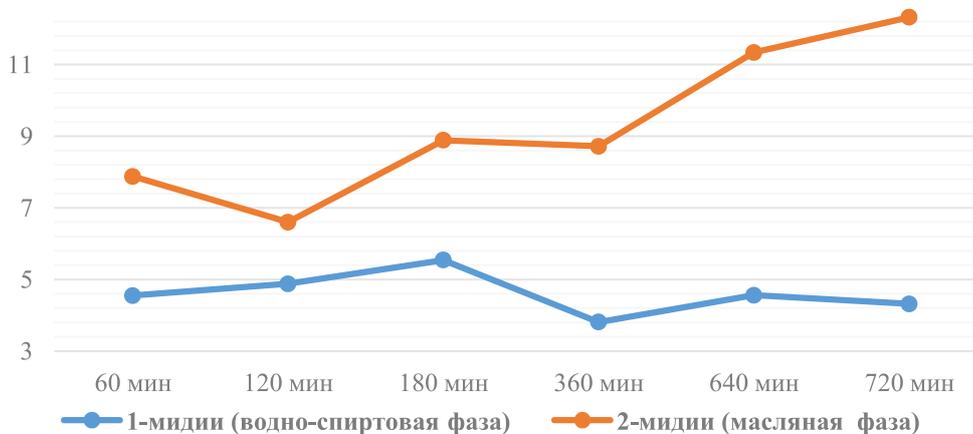


Рис. 2. Антиокислительная активность субстратов биологически активных веществ из мидий (по содержанию суммы биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами, мг/г)

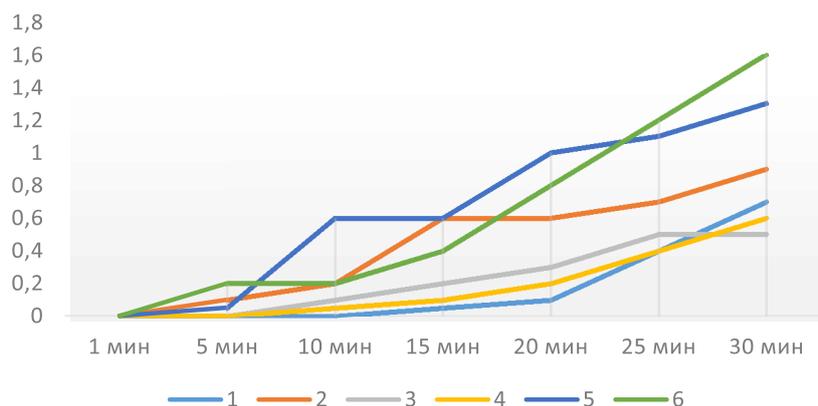


Рис. 3. Экспериментальная зависимость скорости суммарного процесса ферментативного брожения дрожжей от времени (объем CO₂ (см³) от времени протекания реакции) в замкнутой системе в присутствии спиртовой вытяжки биологически активных веществ мидий (1,0 мл) и соли тяжелого металла различной концентрации (1 – 0,1 М; 2 – 0,002 М; 3 – 0,004 М; 4 – 0,0008 М; 5 – 0,00016 М; 6 – 0,000032 М)

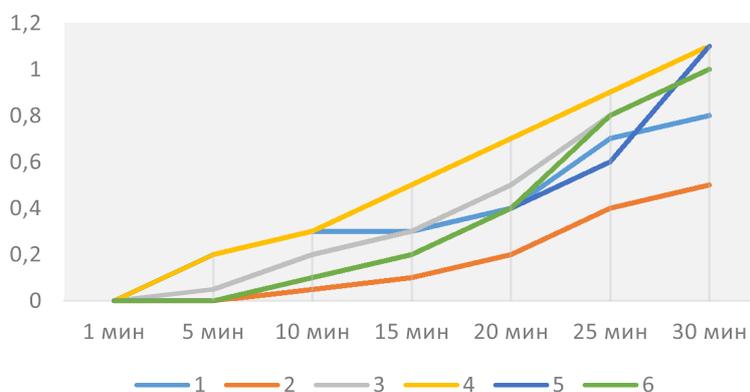


Рис. 4. Экспериментальная зависимость скорости суммарного процесса ферментативного брожения дрожжей от времени (объем CO₂ (см³) от времени протекания реакции) в замкнутой системе в присутствии масляной вытяжки биологически активных веществ мидий (1,0 мл) и соли тяжелого металла различной концентрации (1 – 0,1 М; 2 – 0,002 М; 3 – 0,004 М; 4 – 0,0008 М; 5 – 0,00016 М; 6 – 0,000032 М)

Рост и митогенную активность лимфоцитов периферической крови низших обезьян оценивали при воздействии вытяжек биологически активных веществ, извлеченных из тканей мидий в масляную и водно-спиртовую фазу при времени ультразвуковой обработки в течение 3 ч. Уровень митогенной активности для контрольного образца составил на 1000 клеток 18 митозов; для образца с внесенным комплексом биологически активных веществ в водно-спиртовой фазе – 22 митоза; для образца с внесенным комплексом биологически активных веществ в масляной фазе – 48 митозов. При внесении в среду эндогенного токсиканта – соли тяжелого металла – уровень митогенной активности уменьшался, тогда как в присутствии спиртовой вытяжки со-

хранялся на уровне контрольного образца, а в присутствии масляной вытяжки сохранялся выраженный рост.

Результаты изученного нами ранее влияния антиульцерогенной активности концентрата культуральной среды хлореллы на модели экспериментального повреждения слизистой оболочки желудка показали наличие положительной динамики заживления слизистой. Используемый концентрат уже через 3 дня применения на 27% ($p < 0,001$) уменьшал среднее число язвений. Это позволяет считать данное средство активным и способным к достаточно быстрой репаративной регенерации, возможно за счёт противоотёчного, антиоксидантного и капилляроукрепляющего эффекта [7, 8].

Заключение

Полученные данные позволяют использовать метод двухфазной экстракции в сочетании с ультразвуковым озвучиванием как достаточно эффективный при обработке сырья такого типа и рекомендовать в призме актуальных ресурсосберегающих и малоотходных технологий. Выделенные субстраты, содержащие биологически активные вещества гидробионтов, обладают достаточно выраженной биохимической, протекторной, регенерирующей, ростовой и фармакологической активностью в отношении клеток живых систем, что дает возможность предполагать высокий синергетический эффект в комбинации с производными микроводоросли хлореллы.

Учитывая вышеизложенное акцентирование возможностей по созданию универсальных биосубстратов, считаем целесообразным продолжение экспериментальных исследований по разработке технологий получения биологически активных веществ гидробионтов в сочетании с методиками, основанными на микроводоросли хлорелла, для создания высокоэффективных препаратов разной соматической направленности.

Список литературы

1. Besednova N.N. Sea hydrobionts – potential sources of drugs. *Health. Medical ecology. Science.* 2014. Vol. 3 (57). P. 4–10.
2. Yimin Qin. *Bioactive Seaweeds for Food Applications. Natural Ingredients for Healthy Diets.* Academic Press. 2018. 320 p. DOI: 10.1016/C2016-0-04566-7.
3. Shubenkova E.G., Chzhu O.P. Nanoemulsions medicines based on extracts of biologically active substances. *German-Russian forum Nanotechnology.* Tomsk, 2013. P. 35.
4. Максимова Т.В., Никулина И.Н., Пахомов В.П., Шкарина Е.И., Чумакова З.В., Арзамасцев А.П. Способы определения антиокислительной активности // Патент № 2170930. Патентообладатель Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова. 2001.
5. Платонов В.В., Елисеев Д.Н., Швыкин А.Ю., Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г. Метод предварительной оценки физиологической активности гуминовых и гумино-подобных веществ // *Вестник новых медицинских технологий.* 2010. № 03. Т. XVII. С. 26–28.
6. Мамаева С.Е. Методы культивирования клеток. *Сборник научных трудов.* Л.: Наука, 1988. С. 79–98.
7. Туманова А.Л., Мамонова Н.В. Возможности применения культуральной среды микроводоросли хлорелла в качестве антиульцерогенного фактора // *Актуальные вопросы экспериментальной биологии и медицины 90 лет НИИЭПит АНА.* Сухум Абхазия, 2017. С. 529–532.
8. Лукьянов В.А., Стифеев А.И., Горбунова С.Ю. Научно обоснованное культивирование микроводорослей // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2013. № 9. С. 55–57.

УДК 616.379-008.64

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ЧЕРНО-БЕЛЫЙ И ЦВЕТНОЙ СМЕНЯЮЩИЙСЯ ШАХМАТНЫЙ ПАТТЕРН В ДИАГНОСТИКЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 1 ТИПА

Штемберг Л.В., Андреева Е.И.

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ставрополь, e-mail: sedakovaljuba@mail.ru

Данное исследование основано на результатах обследования и лечения 103 больных (65 женщин, 38 мужчин) в возрасте от 18 до 45 лет с диагнозом: «Сахарный диабет 1 типа» с различной степенью выраженности зрительных расстройств, со стажем заболевания от 1 года до 10 лет. Основную группу составили больные с сахарным диабетом 1 типа. В качестве сравнения использовалась группа контроля, включающая в себя 30 здоровых молодых людей в возрасте от 18 до 30 лет (20 женщин, 10 мужчин). Группа была сформирована для сравнения результатов нейрофизиологических показателей. Всем больным проводилось комплексное клиническое обследование, включающее в себя тщательный сбор жалоб, анамнеза и исследования неврологического статуса, нейрофизиологическое исследование с помощью методики зрительных вызванных потенциалов на черно-белый и цветной сменяющийся шахматный паттерн с целью изучения состояния проводящих путей зрительного анализатора. Результаты анализировались как до проведения лечения препаратами альфа-липоевой кислоты, так и после. Ранняя диагностика диабетической оптической нейропатии позволит, таким образом, предотвратить инвалидизацию и улучшить качество жизни больных сахарным диабетом 1 типа.

Ключевые слова: альфа-липоевая кислота, амплитуда, демиелинизация, зрительные вызванные потенциалы, пиковая латентность, сахарный диабет

THE USE OF VISUAL EVOKED POTENTIALS ON BLACK-AND-WHITE AND COLOR CHANGING CHESS PATTERN IN THE DIAGNOSIS OF VISUAL DISORDERS IN PATIENTS WITH TYPE 1 DIABETES MELLITUS

Shtemberg L.V., Andreeva E.I.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Stavropol State Medical University» of the Ministry of health of the Russian Federation, Stavropol, e-mail: sedakovaljuba@mail.ru

This study is based on the results of examination and treatment of 103 patients (65 women, 38 men) aged 18 to 45 years with the diagnosis: «type 1 diabetes mellitus» with varying degrees of severity of visual disorders, with the experience of the disease from 1 year to 10 years. The main group consisted of patients with type 1 diabetes. As a comparison, a control group was used, including 30 healthy young people aged 18 to 30 years (20 women, 10 men). The group was formed to compare the results of neurophysiological indicators. All patients underwent a comprehensive clinical examination, including a thorough collection of complaints, anamnesis and research of neurological status, neurophysiological study using the technique of visual evoked potentials in black-and-white and color changing chess pattern to study the state of the pathways of the visual analyzer. The results were analyzed both before and after treatment with alpha-lipoic acid. Early diagnosis of diabetic optic neuropathy will thus prevent disability and improve the quality of life of patients with type 1 diabetes.

Keywords: alpha-lipoic acid, amplitude, demyelination, visual evoked potentials, peak latency, diabetes mellitus

Одним из грозных осложнений сахарного диабета (СД) 1 типа является зрительная нейропатия, приводящая к ранней инвалидизации, значительно нарушающая качество жизни больного. В этой связи мы изучали зрительные расстройства с учетом ранних нарушений световосприятия как на черно-белый (ЧБ), так и цветной спектр света. Следует заметить, что эксперимент на цветное восприятие был проведен в немногочисленных исследованиях, на что указывают единичные публикации преимущественно зарубежных авторов [1, 2]. Таким образом, нами была проведена оценка нейрофизиологических критериев по проводящим путям зрительного анализатора (ЗА)

при использовании зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) как на черно-белый, так и на цветной сменяющийся шахматный паттерн (СШП).

Цель исследования: оценить результаты зрительных вызванных потенциалов на черно-белый и цветной сменяющийся шахматный паттерн в диагностике зрительных расстройств у больных сахарным диабетом 1 типа.

Материалы и методы исследования

Было обследовано 103 больных (65 женщин, 38 мужчин) в возрасте от 18 до 45 лет с диагнозом: «Сахарный диабет 1 типа» с различной степенью выраженности зри-

тельных расстройств со стажем заболевания от 1 года до 10 лет, находящихся на лечении в эндокринологическом отделении ГБУЗ СК «Ставропольская краевая клиническая больница». Все больные были подвержены клиническому обследованию (тщательный сбор жалоб, анамнеза, оценка неврологического статуса). Также проводилось нейрофизиологическое исследование с помощью методики ЗВП на ЧБ и цветной СШП. Принимая во внимание, что с учетом патогенетических механизмов, течение СД 1 типа приводит к процессам демиелинизации, нами оценивалось применение в лечении данного заболевания препаратов альфа-липоевой кислоты (АЛК), улучшающих процессы миелинизации как центральной, так и периферической нервных систем [3, 4].

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее все исследования ЗА с применением ЗВП проходили преимущественно с использованием черно-белого СШП. В этой связи данное нейрофизиологическое обследование достаточно представлено в современной литературе [5, 6].

Проведенное нами исследование указывает, что удлинение пиковой латентности (ПЛ) волны P100 при исследовании на ЧБ СШП было выявлено у 20 (19,4%) больных, которое составило $121,3 \pm 3,67$ мс относительно группы контроля ($101,1 \pm 1,79$ мс). Следует отметить, что увеличение ПЛ доминировало у больных, стаж которых превышал более 7 лет. Показатели амплитуды волны P100 также имели статистически значимые ($p < 0,01$) изменения относительно группы контроля с доминированием у более стажированных больных по СД 1 типа. Результаты на черно-белый СШП позволяют констатировать тот факт, при котором изменение результатов основных пиков волн может наблюдаться преимущественно у больных с длительностью заболевания более 7 лет. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты ЗВП на ЧБ СШП и контрольной группы

Пиковая латентность (мс)	Черно-белый шахматный паттерн (n = 103)	Контрольная группа (n = 30)
Волна N75	$72,2 \pm 1,68$	$68,1 \pm 3,04$
Волна P100	$121,3 \pm 3,67$	$101,1 \pm 1,79$
Волна N145	$175,2 \pm 1,45$	$148,3 \pm 2,02$
Амплитуда волны P100 (мкВ)	$2,4 \pm 1,11$	$9,1 \pm 1,13$

Использование цветного СШП во многом позволяет оценить более сложное восприятие по механизму проведения зрительного импульса. Так, в нашем исследовании мы использовали красно-желтый (КЖ) (красный цвет с диапазоном длины волны 625–740 нм, желтый цвет с диапазоном длины волны 565–590 нм) и монохроматический зелено-черный (ЗЧ) СШП (зеленый цвет с диапазоном длины волны 500–565 нм). Полученные результаты указывают, что ПЛ волны P100 статистически значимо ($p < 0,01$) увеличена относительно контрольной группы и составила $147,3 \pm 2,05$ мс. Следует отметить, что повышенные результаты были выявлены у 82 (80%) пациентов. В том числе было выявлено снижение амплитуды волны P100 во всех случаях у больных с СД 1 типа независимо от стажа заболевания. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты ЗВП на КЖ СШП и контрольной группы

Пиковая латентность (мс)	Красно-желтый шахматный паттерн (n = 103)	Контрольная группа (n = 30)
Волна N75	$115,2 \pm 1,79$	$72,1 \pm 2,09$
Волна P100	$147,3 \pm 2,05$	$102,1 \pm 1,72$
Волна N145	$185,2 \pm 1,74$	$151,3 \pm 2,22$
Амплитуда волны P100 (мкВ)	$2,4 \pm 1,01$	$8,1 \pm 1,21$

Для достоверности эксперимента нами также оценивалась ПЛ и амплитуда волны P100 на ЗЧ СШП. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3
Результаты ЗВП на ЗЧ СШП и контрольной группы

Пиковая латентность	Зелено-черный шахматный паттерн (n = 103)	Контрольная группа (n = 30)
Волна N75	$110,2 \pm 1,79$	$72,1 \pm 2,09$
Волна P100	$141,3 \pm 3,78$	$102,1 \pm 1,72$
Волна N145	$183,2 \pm 1,74$	$151,3 \pm 2,22$
Амплитуда волны P100 (мкВ)	$2,3 \pm 1,21$	$8,1 \pm 1,21$

Результаты на ЗЧ СШП позволили выявить статистически значимое ($p < 0,01$) увеличение пиковой латентности P100, которая составила $141,3 \pm 3,78$ мс относительно контрольной группы ($102,1 \pm 1,72$ мс). Данные изменения также были отмечены у 85 (82,5%) обследованных, где изменения

результатов были выявлены и у больных со сроком заболевания менее 3 лет. Также снижение амплитуды волны P100 было зафиксировано во всех случаях.

Проведенные исследования позволяют отметить следующий факт, что ЗВП на ЧБ СШП лишь в 19,4% случаев дает результаты, оценка которых указывает на изменение в структурах ЗА, а также коркового ответа на черно-белый стимул. Это может быть следствием более простого механизма проведения цветового импульса, сформированного эволюцией, и любые внешние патологические воздействия в меньшей степени могут влиять на светопроведение цветового импульса. С другой стороны, высокий процент пациентов (более 80%) с измененными показателями на цветной СШП указывают на возможность более ранней диагностики имеющихся нарушений в структуре ЗА у больных с СД 1 типа. Это позволяет использовать данную методику с применением цветного паттерна в диагностике доклинических проявлений осложнений СД 1 типа при оценке зрительного анализатора. Нами также отмечено, что более чем 40% пациентов не предъявляли жалоб на изменение цветоощущения, это позволяет утверждать, что применение ЗВП на цветной ШП является методом диагностики начальных осложнений СД 1 типа.

В нашем исследовании фармакотерапия включала в себя использование инсулинов фирм «Novo-Nordisk и Sanofi» в суточной дозе $38,0 \pm 2,4$ ЕД по схеме и препаратов АЛК (в данном случае – Тiogamma) в дозе 600 мг внутривенно капельно на 200 мл физиологического раствора в течение 10 дней с последующим пероральным применением таблетированной формы препарата в дозе 600 мг однократно утром до еды в течение 30 дней.

Проведение исследования на ЧБ СШП позволило изучить черно-белое восприятие и проведение импульса в системе фоторецепторов (палочек), функционирующих сумеречное зрение. При изучении полученных данных ЗВП на ЧБ СШП определено, что в исследуемой группе больных до про-

ведения восстановительной терапии выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение ПЛ P100 справа и слева ($121,3 \pm 3,67$ мс), снижение амплитуды волны P100 ($2,4 \pm 1,11$ мкВ), что свидетельствует о снижении ответной реакции зрительных нейронов относительно контрольной группы. После проведения восстановительной терапии было выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) уменьшение ПЛ P100 справа и слева ($116,3 \pm 1,95$ мс), увеличение амплитуды волны P100 ($7,7 \pm 1,14$ мкВ). При детальном анализе полученных данных в контрольной группе изменений выявлено не было. Полученные нами результаты отражены в табл. 4.

В нашем исследовании наиболее значимыми явились данные ЗВП на цветной СШП. КЖ СШП позволил оценить патофизиологические изменения в системе фоторецепторов (колбочек), участвующих в формировании цветного зрения. В исследуемой группе больных с СД 1 типа при анализе результатов ЗВП на КЖ СШП до проводимой восстановительной терапии было выявлено статистически значимое ($p < 0,01$) увеличение ПЛ P100 справа и слева – $147,3 \pm 2,05$ мс (контроль $102,1 \pm 1,72$ мс), а также снижение амплитуды волны N75 – P100 – $2,4 \pm 1,01$ мкВ (контроль $8,1 \pm 1,21$), что, в свою очередь, свидетельствует о снижении силы ответа на фотореакцию. После проводимого восстановительного лечения было отмечено статистически значимое ($p < 0,05$) снижение ПЛ P100 ($127,3 \pm 1,15$ мс), увеличение амплитуды волны P100 на предъявленный стимул ($6,9 \pm 1,05$ мкВ). Полученные результаты представлены в табл. 5.

Полученные нами результаты исследования на ЗЧ СШП, где импульсное воздействие было направлено в моноцветовом режиме видимого света на систему фоторецепторов (колбочек), до проведенной фармакотерапии указали на значимое увеличение ПЛ P100 справа и слева – $141,3 \pm 3,78$ мс в сравнении с контрольной группой ($102,1 \pm 1,72$ мс).

Таблица 4

Сравнительная характеристика результатов ЗВП на ЧБ СШП у больных, страдающих СД 1 типа

Пиковая латентность (мс)	Больные с СД 1 типа до лечения (n = 103)	Больные с СД 1 типа после лечения (n = 103)	Контрольная группа (n = 30)
Волна N75	$72,2 \pm 1,68$	$70,1 \pm 0,95$	$68,1 \pm 3,04$
Волна P100	$121,3 \pm 3,67$	$116,3 \pm 1,95$	$101,1 \pm 1,79$
Волна N145	$175,2 \pm 1,45$	$165,1 \pm 2,01$	$148,3 \pm 2,02$
Амплитуда волны P100 (мкВ)	$2,4 \pm 1,11$	$7,7 \pm 1,14$	$9,1 \pm 1,13$

Таблица 5

Сравнительная характеристика результатов ЗВП на КЖ СШП у больных, страдающих СД 1 типа

Пиковая латентность (мс)	Больные с СД 1 типа до лечения (n = 103)	Больные с СД 1 типа после лечения (n = 103)	Контрольная группа (n = 30)
Волна N75	115,2 ± 1,79	101,4 ± 1,31	72,1 ± 2,09
Волна P100	147,3 ± 2,05	127,3 ± 1,15	102,1 ± 1,72
Волна N145	185,2 ± 1,74	164,2 ± 1,63	151,3 ± 2,22
Амплитуда P100 (мкВ)	2,4 ± 1,01	6,9 ± 1,05	8,1 ± 1,21

Таблица 6

Сравнительная характеристика результатов ЗВП на ЗЧ СШП у больных, страдающих СД 1 типа

Пиковая латентность (мс)	Больные с СД 1 типа до лечения (n = 103)	Больные с СД 1 типа после лечения (n = 103)	Контрольная группа (n = 30)
Волна N75	110,2 ± 1,79	101,4 ± 1,07	72,1 ± 2,09
Волна P100	141,3 ± 3,78	129,3 ± 2,25	102,1 ± 1,72
Волна N145	183,2 ± 1,74	172,4 ± 1,16	151,3 ± 2,22
Амплитуда волны P100 (мкВ)	2,3 ± 1,21	5,8 ± 1,11	8,1 ± 1,21

Амплитуда волны N75 – P100 была статистически значимо снижена ($2,3 \pm 1,21$ мкВ). После проведения восстановительной терапии с использованием препаратов АЛК были выявлены статистически значимое снижение ПЛ P100 справа и слева ($129,3 \pm 2,25$ мс), увеличение амплитуды волны P100 ($5,8 \pm 1,11$ мкВ). Результаты отражены в табл. 6.

Заключение

У всех обследованных больных выявлены нейрофизиологические отклонения ЗВП, в частности увеличение пиковой латентности P100 и снижение амплитуды N75-P100 с более ранним преобладанием расстройств на цветовой спектр относительно черно-белого. Результаты проводимых нами научных исследований с применением зрительных вызванных потенциалов выявили положительное влияние препаратов альфа-липоевой кислоты на показатели пи-

ковой латентности основных компонентов ответа у больных СД 1 типа.

Список литературы

1. Karpov S., Shtemberg I., Karpova E., Saneeva G., Muraviev K., Vyshlova I. Investigation of the optical analyzer for a changing color chess pattern in patients with diabetes 1 type. *Journal of Neurological Sciences*. 2017. P. 494.
2. Lewis K.R., Clark C., Velarde M.C. Socioeconomic factors associated with pediatric diabetic ketoacidosis admissions in Southern West Virginia. *Clin. Endocrinol (Oxf)*. 2014. Vol. 81. № 2. P. 218–221.
3. Храмин В.Н., Демидова И.Ю., Староверова И.Н., Игнатова О.Ю. Диабетическая нейропатия: учеб. пособие. М.: Издательский дом ВИДАР-М, 2012. 128 с.
4. Седакова Л.В., Францева А.П. Диабетическая зрительная нейропатия у больных сахарным диабетом 1 типа // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2013. № 10 (17). Часть 5. С. 37.
5. Дедов И.И. Сахарный диабет – опаснейший вызов мировому сообществу // *Вестн. Рос. акад. мед. наук*. 2012. № 1. С. 7–13.
6. Шустов С.Б., Баранов В.Л., Халимов Ю.Ш. Клиническая эндокринология. М.: МИА, 2012. 632 с.

УДК 616-091.8

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТУЧНЫХ КЛЕТОК В ГИСТОЛОГИЧЕСКОМ ПРЕПАРАТЕ

^{1,2}Шурыгина И.А., ¹Шурыгин М.Г.

¹ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, e-mail: iscst@mail.ru;

²Сибирский государственный медицинский университет, Томск

Известно, что тучные клетки играют большую роль в управлении поддержанием состояния соединительной ткани. Функция этих клеток заключается в поддержании структурной, биохимической и функциональной стабильности микроокружения. Цель исследования: разработка способа идентификации тучных клеток на гистологических срезах, обеспечивающего специфическое окрашивание тучных клеток. Образцы ткани окрашивали иммуногистохимическим методом. В качестве первичных антител использовали антитела анти-VEGFR1 (Sigma). Окрашивание сравнивали с окраской гематоксилином и эозином по эффективности выявления тучных клеток. Тучные клетки четко и специфично окрашивались на препаратах различных тканей, выявлялись как клетки, заполненные специфическими гранулами, так и дегранулирующие клетки. При оценке эффективности выявления тучных клеток на препаратах, окрашенных предложенным методом, и окрашенных гематоксилином и эозином, установлено достоверное повышение количества выявляемых клеток при использовании оригинального способа – $9,87 \pm 0,91$ и $2,52 \pm 0,22$ соответственно ($p < 0001$). Таким образом, предлагаемая технология позволяет четко выявлять тучные клетки на гистологическом препарате. Может быть использована в области патоморфологии, судебной медицины, а также при проведении научных исследований. Технология хорошо адаптирована с методиками, применяемыми при патологоанатомическом исследовании.

Ключевые слова: тучные клетки, иммуногистохимическое исследование, VEGF, анти-VEGFR1, дегрануляция тучных клеток

MAST CELL IDENTIFICATION METHOD FOR HISTOLOGICAL STUDY

^{1,2}Shurygina I.A., ¹Shurygin M.G.

¹Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, e-mail: iscst@mail.ru;

²Siberian State Medical University, Tomsk

Mast cells are regulators of local connective tissue homeostasis. The function of these cells is to maintain the structural, biochemical and functional stability of the microenvironment. Objective: to develop a method for the identification of mast cells on histological sections, which allows you to identify specific staining of mast cells. Tissue samples were stained by immunohistochemical method. Anti-VEGFR1 antibodies (Sigma) were used as primary antibodies. Staining was compared with hematoxylin and eosin staining for mast cell detection. Mast cells were clearly and specifically stained on preparations of various tissues; cells filled with specific granules and degranulating cells were detected. When evaluating the efficiency of detecting mast cells on sections stained by the proposed method and stained with hematoxylin and eosin, a significant increase in the number of detected cells using the original method was found to be 9.87 ± 0.91 and 2.52 ± 0.22 , respectively ($p < 0001$). Thus, the proposed technology allows to clearly and differentially stain mast cells on a histological section. It can be used in the field of pathomorphology as well as in conducting research. The technology is well adapted with the methods used in pathological studies.

Keywords: mast cells, immunohistochemical study, VEGF, anti-VEGFR1, mast cell degranulation

Известно, что тучные клетки играют большую роль в управлении поддержанием состояния соединительной ткани. Тучные клетки, как часть иммунной системы, играют ключевую роль в защите хозяина от нескольких патогенных микроорганизмов и в инициации аллергического иммунного ответа [1].

Во время дегрануляции тучные клетки секретируют определенный набор медиаторов, включая предварительно сформированные медиаторы, которые уже были синтезированы клеткой и содержатся в цитоплазматических гранулах. В эту группу входят сериновые протеазы, в частности химаза и триптаза [2]. Биологическая значимость химазы зависит от механизмов дегра-

нуляции и характеризуется избирательным воздействием на клеточные и неклеточные компоненты специфического тканевого микроокружения. Известно, что химаза тесно связана с механизмами воспаления и аллергии, ангиогенеза и онкогенеза, ремоделирования внеклеточного матрикса соединительной ткани и изменениями в гистоархитектонике органов [3].

При гистологическом исследовании применяют различные способы выявления тучных клеток на препаратах. Эти способы базируются на способности стандартных гистологических красителей метакроматично окрашивать гранулы, находящиеся в тучных клетках. Так, Enerback L. et al. (1986) с данной целью применяли 1% под-

кисленный водный раствор толуидинового синего [4].

Показано, что по критерию контраста тучных клеток на фоне соединительной ткани лучшие результаты демонстрирует окрашивание по Мей-Грюнвальду, на втором месте по эффективности среди классических гистологических окрасок оказался метод окрашивания толуидиновым синим, поскольку он занимает меньше времени [5].

Однако перечисленные способы приводят к окраске не исключительно тучных клеток, но и других клеток, которые находятся на гистологическом срезе. Данное обстоятельство влияет на идентификацию тучных клеток.

Более специфичными способами являются приемы, основанные на специфическом выявлении биологически активных субстанций, содержащихся в гранулах тучных клеток. Например, гистамина, мелатонина и серотонина [6]. Однако данный метод требует одновременного применения окрашивания трех серийных срезов, что приводит к повышению трудоемкости работы и требует существенных финансовых затрат.

Еще более трудоемким является способ сочетания окрашивания на биологически активное вещество серотонин с одновременным исследованием полутонких срезов ткани [7]. Необходимость использования дорогостоящего оборудования, не имеющего широкого применения в работе лечебно-профилактических учреждений – трансмиссионного электронного микроскопа, а также трудоемкость и длительность приготовления препаратов для электронной микроскопии существенно снижает доступность данного метода диагностики.

Предпринимались попытки использования иммуногистохимических методов окрашивания для выявления тучных клеток, основанные на визуализации результата взаимодействия антиген – антитело. В частности, применялось окрашивание гепарин-протеинового комплекса тучных клеток [8]. Однако данный способ апробирован только при исследовании тканей животных и не используется для выявления тучных клеток у человека.

Цель исследования: разработка способа идентификации тучных клеток на гистологических срезах, обеспечивающего специфическое окрашивание тучных клеток.

Материалы и методы исследования

Образцы различных тканей фиксировали в растворе 10% нейтрального забуференного формалина, дегидратировали, изготавливали парафиновые блоки. Гисто-

логические срезы помещали на стекла, обработанные поли-L-лизин (Thermo scientific). Проводили иммуногистохимическое окрашивание препаратов по методике, описанной нами ранее и показавшей хорошую стабильность при окраске на эндотелин [9, 10], маркеры дифференцировки фибробластов [11, 12].

Для иммуногистохимического окрашивания использовали первичные антитела, в качестве которых использовали антитела к рецептору фактора роста эндотелия сосудов 1 типа (анти-VEGFR1) (Sigma), в рабочем разведении 1:50. Затем наносили вторичные антитела, меченные пероксидазой. Срезы докрашивали 0.02% раствором гематоксилина. Оценивали наличие специфической окраски на гистологических препаратах [13]. Параллельно парные срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Сравнивали количество положительно окрашенных клеток на препаратах. Различия между методами окраски оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящем исследовании мы окрашивали препараты разработанным нами способом. Всего исследования подвергались 75 препаратов различных тканей, преимущественно соединительной и мышечной ткани, в том числе в разных партиях повторно исследовались идентичные препараты. В результате проведенного исследования установлено, что предложенным нами способом тучные клетки хорошо выявляются на гистологических срезах соединительной ткани (рис. 1). Не менее эффективно данные клетки обнаружены нами в мышечной ткани (рис. 2) за счет яркого специфического окрашивания. При визуализации гистологических препаратов тучные клетки представляют собой клетки с неровной поверхностью, четко видны мелкие шарикообразные гранулы, ярко окрашенные. На части препаратов обнаружена дегрануляция тучных клеток, при этом гранулы четко видны в прилегающих к месту расположения клетки пространстве, таким образом дополнительно можно оценить активности дегрануляции тучных клеток в изучаемых образцах (рис. 3).

Очень характерно, что на препаратах специфически окрашивались только тучные клетки. Окраски каких-либо других клеток нами не получено. При применении данного способа была выявлена хорошая стабильность получаемых результатов. Окрашивание срезов с одного и того же блока в разных партиях приводило к сопоставимым результатам.

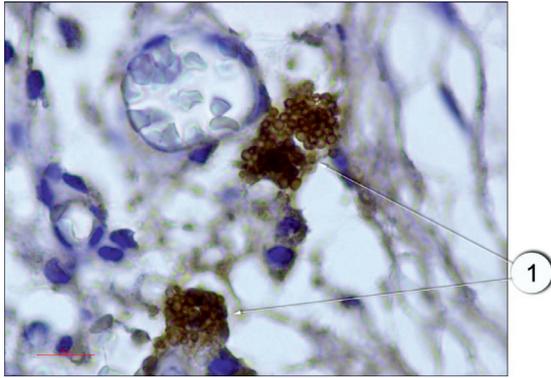


Рис. 1. Ярко окрашенные тучные клетки в соединительной ткани. Иммуногистохимия (краситель DAB, первичные антитела к VEGFR1, докрасшивание гематоксилином), ув. x1000. 1 – тучные клетки

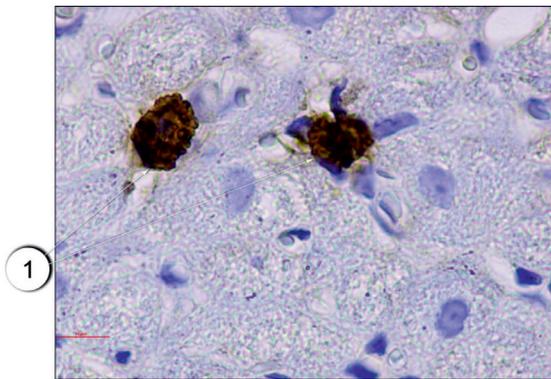


Рис. 2. Ярко окрашенные тучные клетки в мышечной ткани. Иммуногистохимия (краситель DAB, первичные антитела к VEGFR1, докрасшивание гематоксилином), ув. x1000. 1 – тучные клетки

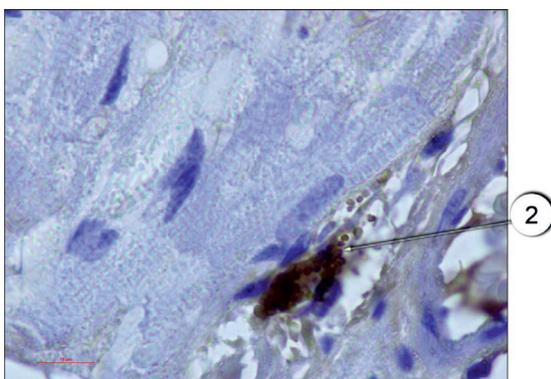


Рис. 3. Дегрануляция тучной клетки в мышечной ткани. Иммуногистохимия (краситель DAB, первичные антитела к VEGFR1, докрасшивание гематоксилином), ув. x1000. 2 – дегрануляция тучной клетки

Яркие преимущества показала предложенная методика в сравнении со стандартными методами, применяющимися в практике работы гистологических лабораторий, в частности в сравнении с использованием гематоксилина и эозина. Данное преимущество наглядно продемонстрировано на рис. 4 и 5: на рис. 4 представлена окраска гематоксилином и эозином; на рис. 5 – окрашивание препарата соединительной ткани предлагаемым способом.

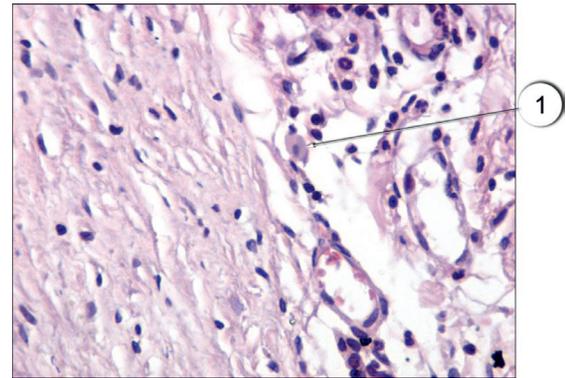


Рис. 4. Тучные клетки в соединительной ткани. Окраска гематоксилином и эозином, ув. x400. 1 – тучная клетка

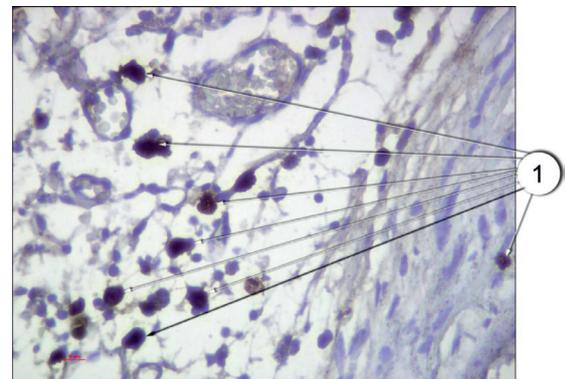


Рис. 5. Тучные клетки в соединительной ткани. Иммуногистохимия (краситель DAB, первичные антитела к VEGFR1, докрасшивание гематоксилином), ув. x400. 1 – тучные клетки

При оценке эффективности выявления тучных клеток на препаратах, окрашенных предложенным методом и окрашенных гематоксилином и эозином, установлено достоверное повышение количества выявляемых клеток при использовании оригинального способа – $9,87 \pm 0,91$ и $2,52 \pm 0,22$ соответственно ($p < 0001$).

Как известно, тучные клетки человека продуцируют большое количество ангиогенных и лимфангиогенных молекул [14].

Тучные клетки человека экспрессируют рецептор к вазоэндотелиальному фактору роста (VEGFR-1) и 2 (VEGFR-2). Эти данные указывают на то, что тучные клетки человека могут участвовать в сложной сети, включающей воспалительный и опухолевый ангиогенез и лимфангиогенез [15]. С этим может быть связано обнаруженное нами большое количество рецепторов к вазоэндотелиальному фактору роста, выявленное нами на поверхности тучных клеток. При этом рецепторы выявлены не только на поверхности клетки, но и в содержимом секретируемых гранул.

Заключение

Таким образом, предлагаемая технология позволяет четко выявлять тучные клетки на гистологическом препарате. Может быть использована в области патоморфологии, судебной медицины, а также при проведении научных исследований. Технология хорошо адаптирована с методиками, применяемыми при патологоанатомическом исследовании.

Список литературы

1. Tsvilovskyy V., Solis-Lopez A., Ohlenschläger K., Freichel M. Isolation of peritoneum-derived mast cells and their functional characterization with Ca²⁺-imaging and degranulation assays. *J. Vis. Exp.* 2018. vol. 137. DOI: 10.3791/57222.
2. Gaur S., Sinha O.N., Bhushan A., Batni G., Jain M. Histological and histochemical observations on mast cell and glands in chronic tonsillitis. *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2019. vol. 71. Suppl. 1. P. 32–37. DOI: 10.1007/s12070-015-0961-1.
3. Atiakshin D., Buchwalow I., Tiemann M. Mast cell chymase: morphofunctional characteristics. *Histochem. Cell Biol.* 2019. vol. 152. no 4. P. 253–269. DOI: 10.1007/s00418-019-01803-6.
4. Enerback L., Miller H.R.P., Mayroher G. Methods for the identification and characterization of mast cells by light microscopy. In *Mast Cell Differentiation and Heterogeneity* / Ed. Befus A.D., Bienenstock J., Denburg J.A. N.Y.: Raven Press, 1986. P. 405–417.
5. Mutsaddi S., Kotrashetti V.S., Nayak R.S., Pattanshetty S.M. Comparison of histochemical staining techniques for detecting mast cells in oral lesions. *Biotech. Histochem.* 2019. vol. 94. no. 6. P. 459–468. DOI: 10.1080/10520295.2019.1597986.
6. Хайкин М.Б., Дмитриенко С.В., Осадчук М.А. Клинические и морфо-функциональные особенности течения воспалительных заболеваний пародонта у больных с гастродуоденальными язвами // *Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия.* 2006. Т. 46. № 6/2. С. 153–158.
7. Фомина Н.К. Действие ионизирующего излучения и пептидного биорегулятора эпителиона на кинетику роста и функциональную морфологию саркомы М-1: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Обнинск, 2007. 17 с.
8. Michaloudi H.C., Papadopoulos G.C. Mast cells in the sheep, hedgehog and rat forebrain. *J. Anat.* 1999. vol. 195. P. 577–586. DOI: 10.1046/j.1469-7580.1999.19540577.x.
9. Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Дремина Н.Н., Каня О.В. Экспрессия эндотелина при экспериментальном инфаркте миокарда в условиях измененной концентрации фибробластического и вазоэндотелиального факторов роста // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН.* 2013. № 1 (89). С. 125–129.
10. Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Дремина Н.Н., Каня О.В. Экспрессия эндотелина при экспериментальном инфаркте миокарда в условиях измененной концентрации фибробластического и вазоэндотелиального факторов роста // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН.* 2013. № 1. С. 125–129.
11. Shurygina I.A., Shurygin M.G., Ayushinova N.I., Granina G.B., Zelenin N.V. Mechanisms of connective tissue formation and blocks of mitogen activated protein kinase. *Frontiers of Chemical Science and Engineering.* 2012. vol. 6. no. 2. P. 232–237. DOI: 10.1007/s11705-012-1286-1.
12. Shurygina I.A., Shurygin M.G., Granina G.B., Zelenin N.V. Application of mitogen-activated protein kinase inhibitor SP 600125 for wound healing control. *Journal of Regenerative Medicine & Tissue Engineering.* 2013. vol. 2. DOI: 10.7243/2050-1218-2-9.
13. Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Каня О.В. Способ идентификации тучных клеток на гистологическом препарате // Патент РФ № 2418065. Патентообладатель Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии Сибирского отделения РАМН (НЦРВХ СО РАМН). 2011. Бюл. № 13.
14. Wroblewski M., Bauer R., Cubas Córdova M., Udonta F., Ben-Batalla I., Legler K., Hauser C., Egberts J., Janning M., Velthaus J., Schulze C., Pantel K., Bokemeyer C., Loges S. Mast cells decrease efficacy of anti-angiogenic therapy by secreting matrix-degrading granzyme B. *Nat Commun.* 2017. vol. 8. No. 1. P. 269. DOI: 10.1038/s41467-017-00327-8.
15. Marone G., Varricchi G., Loffredo S., Granata F. Mast cells and basophils in inflammatory and tumor angiogenesis and lymphangiogenesis. *Eur. J. Pharmacol.* 2016. vol. 778. P. 146–151. DOI: 10.1016/j.ejphar.2015.03.088.

ОБЗОРЫ

УДК 618.2-089.163:616-056.52

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВЕДЕНИЮ БЕРЕМЕННОСТИ
У ЖЕНЩИН С ОЖИРЕНИЕМ****Исмаилова Ф.К., Петров Ю.А.***ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ростов-на-Дону, e-mail: fariza.ismailova@mail.ru*

Данная работа посвящена обзору научной литературы по вопросу ожирения в период беременности. Проблема ожирения на данный момент приобрела масштабы эпидемии. Актуальность проблемы ожирения связана с большой распространённостью на данный момент женщин, масса тела которых не соответствует норме. В настоящее время ожирение у беременных женщин очень распространено (15–20%). Как известно, любая экстрагенитальная патология может стать фактором риска к развитию серьёзных акушерских осложнений. В частности, в России данная патология стоит на первом месте в структуре материнской смертности. Негативные последствия сказываются как на матери, так и на ребёнке, ведь ожирение при беременности повышает риск врождённых пороков развития плода в 1,6 раз и может привести к его паратрофии. Родоразрешение у женщин с исходно высокой массой тела чаще всего происходит путём кесарева сечения. Также у этих женщин более высокий риск развития акушерских осложнений в послеродовом периоде. В связи с этим на протяжении многих лет разрабатывались методы усовершенствования родовспоможения пациенткам с ожирением. Однако с применением этих методик не удалось добиться снижения осложнений беременности и родов. Таким образом, проблема ведения беременности у женщин с ожирением является не до конца изученной и требует большого внимания.

Ключевые слова: ожирение, беременность, роды, осложнения беременности, инсулинорезистентность

**MODERN GOING NEAR THE CONDUCT OF PREGNANCY
FOR WOMEN WITH OBESITY****Ismailova F.K., Petrov Yu.A.***Rostov State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Rostov-on-Don, e-mail: fariza.ismailova@mail.ru*

Hired sanctified to the review of scientific literature through question of obesity in the time of pregnancy. The problem of obesity purchased the scales of epidemic now. Actuality of problem of obesity is related to large prevalence now women, body of that weight falls short of the norm. Presently frequency of obesity for expectant mothers began to have large prevalence (15-20%). Is generally known, any extragenital pathology can become a risk factor to development of serious obstetric complications. In particular, in Russia this pathology stands on the first place in the structure of mothers death rate. Negative consequence affect both on a mother and on a child, in fact obesity at pregnancy promotes the risk of congenital disease of child in 1,6 and can result in his big weight. Delivery for women with initially high body weight mostly takes place way caesarian section. Also for these women higher risk of development of obstetric complications in time after childbirth. In this connection, during many years the methodologies it was succeeded to obtain the decline of complications of pregnancy and childbirth. Thus, a problem of conduct of pregnancy women with obesity have not to the end of studied and requires large attention.

Keywords: obesity, pregnancy, childbirth, complications of pregnancy, insulin resistance

Следует отличать понятие ожирения от избыточного веса. В Российской Федерации ожирением страдает 25% населения, а в странах Западной Европы и США – от 6 до 28%. Частота встречаемости данной патологии у беременных в России – 15–20%. В связи с этим проблема ожирения приобрела огромные масштабы и по сей день обращает на себя внимание учёных [1].

Ожирение в акушерстве и гинекологии – это патологическое состояние, относящееся к экстрагенитальной патологии и характеризующееся избыточным накоплением жировой ткани в организме, которое приводит к повышению массы тела более чем на 20% [2, 3].

Ожирение является немаловажным фактором перинатальной смертности [3]. Так

как возникающее в организме матери изменение гормонального фона может привести к возникновению аномалий развития плода со стороны в первую очередь сердечно-сосудистой системы.

По мнению большинства авторов, прегравидарная подготовка и своевременное проведение терапии могут создать все условия для благоприятного течения беременности [4, 5].

Цель исследования: проанализировать современную литературу по вопросу ведения беременности и возможности развития осложнений у женщин с ожирением.

Как известно, при беременности организм матери создаёт все оптимальные условия для защиты плода. Происходит гормональная перестройка: повышается

выработка прогестерона, пролактина, хорионического гонадотропина и плацентарного лактогена, которые способствуют отложению жира. В адипоцитах жировой ткани происходит преобразование андрогенов в эстрогены, поэтому можно говорить о её высокой гормональной активности. При этом основной синтез гормонов происходит в яичниках, а в адипоцитах происходит ароматизация андростендиона и тестостерона в эстрон с его дальнейшим преобразованием в эстрадиол.

При ожирении повышается ароматизация, следовательно, возникает дисбаланс андрогенов и эстрогенов [6].

Существует множество механизмов влияния половых гормонов на жировую ткань: эстрогены оказывают своё влияние путём стимуляции активности липопротеинлипазы, способствующей накоплению липидов, но главная их задача при беременности – это усиление кровотока в матке за счёт активации синтеза простагландинов. При увеличении синтеза адренокортикоидного гормона в результате влияния гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы усиливается выработка кортизола, в результате чего стимулируется адипогенез и возникает снижение чувствительности периферических тканей к инсулину [7, 8].

Повышение уровня альдостерона за счёт изменений ренин-ангиотензин-альдостероновой системы при беременности, способствует увеличению объема циркулирующей крови.

Немаловажную роль играют плацентарные гормоны, цитокины, факторы роста и белки, необходимые для благоприятного течения беременности и развития плода.

Лептин – гормон жировой ткани, также играет важную роль в развитии ожирения. Лептин синтезируется адипоцитами, но учёными было доказано, что у беременных он вырабатывается и плацентарными трофобластами, причём не в малом количестве.

Лептин сам по себе является гормоном, препятствующим возникновению ожирения. Однако были проведены исследования, в результате которых было выяснено, что лептин играет большую роль в возникновении самого ожирения и в нарушении аппетита. Дело в том, что, проникая через гематоэнцефалический барьер и связываясь с рецепторами в гипоталамусе, лептин оказывает влияние на экспрессию определённых нейропептидов, которые регулируют энергетический баланс в организме.

Во время беременности уровень лептина повышается на 6–8 неделе и главной его функцией является поддержание роста и развития плода [9].

Женщины с абдоминальным типом ожирения, для которого характерно сочетание гормональных и метаболических нарушений, наиболее подвержены риску серьёзных осложнений [10].

Грелин – гормон, вырабатываемый клетками слизистой оболочки желудка и вызывающий чувство голода. Специфические рецепторы к грелину располагаются также и в плаценте. В середине II триместра беременности уровень грелина достигает максимума. Во время беременности основной функцией грелина служит регуляция аппетита матери и питания плода, а также регуляция сократимости миометрия.

Исходя из приведённых выше данных, можно сказать, что в развитии ожирения играют роль множество гормональных и ферментативных изменений в организме матери, направленных в большей степени на развитие энергетического дисбаланса и спровоцированных алиментарными и гиподинамическими причинами.

По данным литературы женщины с избытком массы тела в 2–3 раза больше подвержены возникновению акушерских осложнений. Это связано с развитием метаболических расстройств, нарушением адаптивных и компенсаторно-приспособительных механизмов, иммунологической дисфункцией.

Преэклампсия и эклампсия – одни из самых часто встречающихся осложнений у женщин с ожирением, причём тяжесть их течения напрямую зависит от степени ожирения. Данные гестозы проявляются увеличением уровня артериального давления более 140/90 мм рт. ст., протеинурией и отёками, причём у женщин с ожирением их частота в три раза больше, чем у женщин с нормальным весом [11–13].

Возникновение данных осложнений связывают с функциональными изменениями эндотелия и воспалением системного характера, которые часто выражены при гемодинамических расстройствах.

Возможна слабость родовой деятельности, которая объясняется нарушением сократимости миометрия. Вследствие этого увеличивается продолжительность родового акта, частота и тяжесть родового травматизма матери и новорождённого, может возникнуть необходимость проведения оперативного вмешательства.

В результате нарушения сократимости матки, эмболии околоплодными водами, нейроэндокринной патологии, травматизации мягких тканей при наличии крупного плода у рожениц с ожирением могут возникнуть кровотечения. Наряду с увеличением невынашивания беременности при

ожирении повышается и частота перенашивания плода.

Ожирение может сопровождаться различными нарушениями углеводного обмена [14, 15]. Возникает высокий риск развития гестационного диабета. Основными предрасполагающими факторами развития данного осложнения являются: паратрофия плода (>4500 г), ожирение беременной (индекс массы тела > 30 кг/м²), генетическая предрасположенность.

Вероятность развития осложнений гестационного сахарного диабета зависит от степени его компенсации. Повышенная компенсация является причиной формирования гипергликемии плода, в результате чего увеличиваются шансы формирования пороков сердца, спинного мозга и других систем органов. Другим влиянием гипергликемии является гиперфункция клеток поджелудочной железы с дальнейшим формированием гиперинсулинемии у плода, приводящей к врождённым порокам развития со стороны нервной системы. Уровень глюкозы в крови является важным показателем, поэтому его контроль следует проводить и в период лактации для предупреждения развития патологии новорождённого [16, 17].

При ожирении возможно развитие фетоплацентарной недостаточности, результатом которого может стать внутриутробная гипоксия и асфиксия плода. Нарушается фетоплацентарное кровообращение в связи с возникающими гормональными нарушениями. Данные изменения приводят к патологии плаценты [18].

Но несмотря на возможность возникновения данных осложнений, ожирение не является противопоказанием к беременности.

Для предупреждения осложнений женщине до беременности необходим постоянный контроль уровня артериального давления, глюкозы в крови, а также контроль показателей массы тела.

Институтом медицины американской академии наук еще в 1990 г. были установлены нормативы прибавки массы тела во время беременности, составленные на значениях исходного индекса массы тела.

Таким образом, прибавка массы тела за беременность не должна превышать 16 кг, а у беременных с ожирением не более 7 кг [19, 20].

Контролирование объёмов прибавки веса очень важно, так как ожирение беременной может спровоцировать преждевременные роды и макросомию плода.

При развитии гестоза рекомендуется назначение сернокислой магнезии в дозировке до 24 г вещества в сутки, для снижения

давления – блокаторы кальциевых каналов (метилдопа).

В связи с высоким риском развития гестационного диабета, сразу при постановке на учёт по беременности необходимо проведение скринингового исследования на определение концентрации глюкозы в крови после приёма 50 г глюкозы. При гликемии >7,2 ммоль/л рекомендуется назначение углеводной диеты на протяжении трех дней с дальнейшим проведением трехчасового глюкозотолерантного теста.

При гликемии натощак >7 ммоль/л и в случайной пробе крови >11,1 ммоль/л – ставится диагноз гестационного сахарного диабета. В таком случае с 32 недель беременности важно проводить еженедельное КТГ, УЗИ и доплерометрию с 28 недель каждые 2 недели, чтобы контролировать состояние плода.

Также необходимо организовать правильный режим питания со сбалансированным содержанием всех макро- и микронутриентов [21, 22].

Общее число калорий за день должно находиться в пределах от 1800 до 2400 ккал. Диета должна быть углеводной, а значит, на 40–50% состоять из углеводов, на 20–30% из белков и на 30% из жиров.

К рациону питания обязательно добавление ряда веществ, таких как кальций, железо, витамин D и фолиевая кислота, йод, витамин А, цинк.

Кальций и витамин D необходимы для развития костного аппарата плода. Их недостаток может спровоцировать целый ряд акушерских осложнений, таких как низкий вес плода, аномалии родовой деятельности, развитие гестозов, в частности преэклампсии. Суточная норма кальция составляет 1000 мг. Женщинам с ожирением рекомендуется дополнительное назначение витамина D.

Железо участвует в развитии плаценты и обеспечивает потребности костного мозга беременной. Рекомендуемая доза железа для профилактики железодефицитной анемии – до 30 мг в сутки.

Фолиевая кислота необходима для правильного формирования нервной трубки плода. Необходимая дозировка – 0,6 мг в сутки.

Ассоциация специалистов Америки, в качестве профилактики заболеваний щитовидной железы и гормональных нарушений, рекомендует ещё на уровне планирования беременности принимать препараты йода в форме йодида калия в дозе 150 мкг в день.

Витамин А рекомендуется со II триместра беременности, так как потребность в нём небольшая, а его передозировка оказывает тератогенное действие. Суточная доза – 770 мкг.

Рандомизированные исследования позволили выяснить роль цинка во время беременности. Так, было отмечено, что на фоне поступления в организм матери необходимого количества цинка снизилась частота преждевременных родов на 14% [23].

Рекомендуется приём поливитаминных комплексов, содержащих необходимый набор витаминов и минералов в необходимых дозах.

Приём пищи должен быть не позднее 19 ч, пищу необходимо тщательно пережевывать, за время приёма пищи сделать перерыв в 3 минуты. Принимать пищу лишь маленькими порциями. Не пробовать еду при готовке блюда. После приёма пищи дать физическую нагрузку: стоять или ходить в течение 30 мин.

Физическая нагрузка для беременных с ожирением предусматривает занятия спортом (йога) минимум 1 раз в неделю, пешие прогулки на свежем воздухе, отказ от дневного сна, подъёмы по лестнице пешком до 5 этажа [24].

Приведённые выше рекомендации помогут достичь первоначального результата в виде снижения массы тела на 10% от исходной.

При ведении беременности у пациенток с ожирением, врачу акушеру-гинекологу необходимо:

- 1) рассчитать допустимую прибавку в весе,
- 2) определить все возможные факторы риска к развитию акушерских осложнений,
- 3) исключить развитие гестационного диабета,
- 4) постараться предотвратить паратрофию плода,
- 5) подобрать оптимальный метод родоразрешения для данной беременной.

Итак, учитывая все возможные негативные последствия ожирения во время беременности, нужно отметить, что данная проблема является очень серьёзной, а пациенток с таким диагнозом необходимо отнести к группе высокого риска развития осложнений [25].

Поэтому очень важно ещё на этапе планирования беременности диагностировать все возможные факторы риска и провести терапию до зачатия ребёнка.

Заключение

Для беременных с ожирением необходимо организовать строгий врачебный контроль, соблюдение всех требований врача.

Терапию нужно проводить комплексно, а значит, соблюдать диету, выполнять физические нагрузки и другие назначения врача одновременно.

При соблюдении всех приведённых требований можно добиться рождения здорового ребёнка, без возникновения у матери осложнений во время беременности и в послеродовом периоде.

Список литературы

1. Романцова Т.И. Эпидемия ожирения: очевидные и вероятные причины // Ожирение и метаболизм. 2011. № 1. С. 5–17.
2. Диденко В.А. Метаболический синдром X: история вопроса и этиопатогенез // Лабораторная медицина. 2009. № 2. С. 49–57.
3. Фролова Е.Р. Частота ожирения среди беременных // Вестник новых медицинских технологий. 2018. № 5. С. 48–50.
4. Бубнова М.Г. Ожирение: причины и механизмы нарастания массы тела, подходы к коррекции // Consilium medicum. 2015. № 5. С. 409–415.
5. Радзинский В.Е. Репродуктивное здоровье: учебное пособие // Под ред. В.Е. Радзинского. М.: РУДН, 2011. 728 с.
6. Шехтман М.М. Руководство по экстрагенитальной патологии у беременных. Издание четвёртое. М.: «Триада-X», 2007. С. 113–148.
7. Савельева Г.М., Шалина Р.И., Сичинава Л.Г., Панина О.Б., Курцер М.А. Акушерство: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 656 с.
8. Комшилова К.А., Дзгоева Ф.Х. Беременность и ожирение // Ожирение и метаболизм. 2012. № 5. С. 9–13.
9. Исаев В.А. Физиологические аспекты липидного обмена, ожирения и похудения. М.: Мир и согласие, 2008. 114 с.
10. Савельева Л.В. Современная концепция лечения ожирения // Ожирение и метаболизм. 2011. № 1. С. 51–55.
11. Серов В.Н. Пути снижения акушерской патологии // Акушерство и гинекология. 2016. № 5. С. 8–12.
12. Петров Ю.А. Семья и здоровье. М.: Медицинская книга, 2014. 312 с.
13. Айламазян Э.К., Кулаков В.И., Радзинский В.Е. Акушерство: национальное руководство М.: ГЭОТАР Медиа, 2014. С. 376–389.
14. Торосян К.Э., Непсо Ю.Р., Новикова В.А., Пенжоян Г.А. Сахарный диабет 1 типа и беременность: клинические перспективы // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24998> (дата обращения: 17.11.2019).
15. Кветной И.М., Аржанова О.Н., Полякова В.О., Капустин Р.В., Рулева А.В. Акушерские и патоморфологические особенности течения беременности у женщин с гестационным сахарным диабетом // Журнал акушерства и женских болезней. 2011. Т. 60. № 3. С. 44–48.
16. Костин И.Н. Резервы снижения репродуктивных потерь в Российской Федерации: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2012. 49 с.
17. Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П. Новое руководство по микроутриологии. М.: «Триада-X», 2009. 304 с.
18. Маршалов Д.В., Шифман Е.М., Салов И.А., Дробинская А.Н. Ожирение как фактор риска массивного послеродового кровотечения // Анестезиология и реаниматология. 2016. № 4. С. 284–288.
19. Подтетнев А.Д., Братчикова Т.В. Общие принципы ведения родов // Российский медицинский журнал. М., 2006. № 3. С. 42–46.
20. Чернуха Е.А., Ананьев В.А. Новые технологии в акушерстве // Материалы научного форума. М., 2010. С. 129–132.
21. Исенова С.Ш., Датхаева З.А., Сагандыкова Н.М., Шаймерденова Г.Г., Сералиева У.С. Влияние индекса массы тела на течение беременности и родов // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2015. № 1. С. 11–13.
22. Шилина Н.М., Селиванова Г.А., Брагинская С.Г., Гмошинская М.В., Конь И.Я., Фатеева Е.М., Сафронова А.И., Тоболева М.А., Ларионова З.Г., Куркова В.И. Частота избыточной массы тела и ожирения у московских беременных и принципы алиментарной коррекции этих состояний // Вопросы питания. 2016. № 3. С. 61–70.
23. Сидельникова В.М. Преждевременные роды. М.: Медицина, 2006. 182 с.
24. Каримова Д.Ф. Биохимические основы родов и родовозбуждения // Педиатрия. Т., 2014. № 1. С. 114–118.
25. Say L., Robson S.C., Kelly T.U. et al. Global causes of maternal death: a who systematic analysis. Lancet. 2014. Vol. 2. Issue 6. P. 323–333.

СТАТЬИ

УДК 616.891

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ БИНАУРАЛЬНЫХ БИЕНИЙ В ТЕРАПИИ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Секирин А.Б., Майбродская А.Е.

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, e-mail: fziotermoniki@yandex.ru

Метод бинауральных биений применяется в клинической психологии и психиатрии, используется в различных устройствах светозвуковой стимуляции и биологической обратной связи, программных продуктах и психотерапевтических аудиозаписях. Перспектива наибольшего применения данного метода лежит в области лечения психосоматических расстройств, частота которых стремительно увеличивается в современном обществе. Нашей целью было оценить терапевтические возможности акустических бинауральных биений (ББ) в лечении пациентов с различными психосоматическими заболеваниями. В исследовании приняли участие 20 пациентов. Проводилась оценка психоэмоционального состояния с помощью стандартизированной госпитальной шкалы тревоги и депрессии (HADS), а также оценка вегетативной регуляции ритма сердца на аппаратно-программном комплексе «Варикард» (измерялся показатель активности регуляторных систем – ПАРС). Измерения проводились до и после терапии ББ, включающей 5 сеансов. Согласно полученным данным, воздействие ББ позволяет добиться нормализации работы адаптационных систем организма, так как значимо снизился ПАРС у пациентов после курса терапии ББ ($p = 0,017$). Кроме того, ББ достоверно снизили уровень тревоги у пациентов ($p < 0,001$). А по подшкале «депрессия» результаты были недостоверны ($p = 0,056$). Таким образом, ББ – не только интересный метод, требующий проведения дальнейших широкомасштабных исследований на большей группе пациентов, но и перспективный подход к коррекции тревожно-депрессивных расстройств различного генеза у пациентов с психосоматическими заболеваниями.

Ключевые слова: бинауральные биения, психосоматические расстройства, акустические методы, звуковые воздействия

PROSPECTS FOR THE USE OF ACOUSTIC BINAURAL BEATS IN THE TREATMENT OF PSYCHOSOMATIC DISEASES

Sekirin A.B., Maybrodskaya A.E.

M.F. Vladimirovskiy Moscow regional scientific-research clinical Institute, Moscow, e-mail: fziotermoniki@yandex.ru

The binaural beating method is used in clinical psychology and psychiatry, and is used in a variety of light and sound stimulation and biofeedback devices, software, and psychotherapeutic audio recordings. The prospect of the greatest use of this method lies in the treatment of psychosomatic disorders, which are rapidly increasing in modern society. Our goal was to evaluate the therapeutic possibilities of acoustic binaural beats (BB) in the treatment of patients with various psychosomatic diseases. The study involved 20 patients. The psychoemotional state was assessed by means of the standardized hospital scale of anxiety and depression (HADS), and also the estimation of vegetative regulation of heart rhythm on the hardware-software complex «Varikard» (the indicator of activity of regulatory systems – IARS). Measurements were carried out before and after therapy with BB, including 5 sessions. According to the obtained data, the effect of BB allows to achieve normalization of the body's adaptation systems, as the IARS in patients after the course of BB therapy has significantly decreased ($p = 0.017$). In addition, patients' anxiety level was significantly reduced ($p < 0.001$). And on the subscale of «depression», the results were not reliable ($p = 0.056$). Thus, BB is not only an interesting method that requires further large-scale research on a large group of patients, but also a promising approach to the correction of anxiety and depression disorders of various genesis in patients with psychosomatic diseases.

Keywords: binaural beats, psychosomatic frustration, acoustic methods, sound effects

Согласно определению википедии, бинауральные ритмы – это артефакт работы головного мозга, воображаемые звуки управляемой музыки, которую мозг воспринимает («слышит»), хотя реальные звуки отсутствуют. Для того чтобы услышать бинауральные биения (ББ), нужно надеть стереонаушники, в которых на разные уши подаются сигналы, отличающиеся по частоте в пределах 30 Гц (при этом частота тонов должна быть не выше 1000–1500 Гц), разницу сигналов мозг воспринимает как естественные биения низкой частоты [1].

Объектами применения звукового воздействия являются различные устройства светозвуковой стимуляции [2] и биологической обратной связи, программные продукты, а также психотерапевтические аудиозаписи.

По одной из гипотез эффективность бинауральных биений связана со способностью подпороговых звуковых стимулов синхронизировать кортикальную активность больших нейронных популяций [3], благодаря чему они являются одним из перспективных методов неинвазивной физиотерапии.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) к группе психосоматических больных относятся от 38% до 42% всех пациентов, обращающихся к терапевтам [4].

В настоящее время доказано влияние личностных характеристик и психических расстройств пациентов на предрасположенность к развитию более 40 соматических заболеваний. Психические расстройства и соматические заболевания могут усугублять течение друг друга. Поэтому в последнее время значительно повысился интерес к изучению структуры коморбидных соотношений соматических и психических расстройств [5].

Метод бинауральных биений используется в некоторых областях медицины, в том числе наиболее часто – в клинической психологии и психиатрии. Перспектива наибольшего применения данного метода лежит в области лечения психосоматических расстройств (в первую очередь – депрессии, тревожности, расстройств сна), частота которых стремительно увеличивается в современном обществе. Применение простого и легко воспроизводимого метода лечения может оказаться широко востребованным и экономически выгодным.

Некоторые исследования свидетельствуют о положительном влиянии прослу-

шивания ББ на поведение и познавательные процессы [6]. Но есть и данные, свидетельствующие об обратном [7]. Мы решили выяснить, как действуют ББ на состояние пациентов с психосоматическими заболеваниями и возможно ли в перспективе использование данного звукового воздействия в их терапии.

Цель исследования: оценить терапевтические возможности акустических ББ в лечении пациентов с различными психосоматическими заболеваниями.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского. В нем приняли участие 20 пациентов из терапевтических отделений. Из них женщин было 15, мужчин 5. Средний возраст в группе составил $48,1 \pm 15,4$ лет. Критериями включения являлись: возраст старше 18 лет; наличие хронического психосоматического заболевания; тревожное или депрессивное психоэмоциональное состояние согласно тестированию HADS. Критериями невключения были: эпилепсия; наличие злокачественного новообразования, кардиостимулятора или патологической формы аритмии; беременность и период лактации. В табл. 1 приведено описание клинической информации о пациентах, включенных в исследование.

Таблица 1

Перечень лиц, включенных в исследование

№ пациента	Диагноз	Возраст, годы	Пол
1	Линейная склеродермия. Логоневроз	26	Женский
2	Сахарный диабет 2 типа. Артериальная гипертензия 3 ст., 3 ст., риск 4	59	Женский
3	Первичный гипертиреоз	42	Женский
4	Сахарный диабет 2 типа. Тревожно-депрессивное расстройство	20	Мужской
5	Распространенный вульгарный псориаз. Алкоголизм	45	Мужской
6	Хронический гастродуоденит. Астеноипохондрический синдром	43	Женский
7	Бронхиальная астма	42	Женский
8	ИБС. Вазоспастическая стенокардия. Тревожное расстройство. Бессонница	64	Женский
9	Красный плоский лишай. Тревожно-депрессивное расстройство	63	Женский
10	Хронический гастрит. Синдром хронической усталости	33	Женский
11	Хронический гастродуоденит. Астено-депрессивный синдром	33	Женский
12	Артериальная гипертензия 2 ст., 2 ст., риск 3. Бессонница	46	Мужской
13	Сахарный диабет 2 типа. Эмоциональная лабильность	63	Женский
14	Бляшечная склеродермия. Тревожное расстройство	44	Женский
15	Системная склеродермия. Тревожно-депрессивное расстройство	39	Женский
16	Мукозный колит. Хронический гастрит. Хронический дуоденит. Хронический панкреатит	38	Мужской
17	Бронхиальная астма	68	Женский
18	Артериальная гипертензия 2 ст., 3 ст., риск 3	82	Женский
19	Ревматоидный артрит	57	Мужской
20	Бронхиальная астма. Бессонница	54	Женский

Все пациенты перед началом исследования проходили скрининг на наличие депрессии и тревоги при помощи стандартизированной госпитальной шкалы тревоги и депрессии (HADS) (The hospital Anxiety and Depression Scale). Шкала позволяет проводить первичную оценку тяжести депрессии и тревоги в условиях общемедицинской практики. Шкала HADS содержит 14 пунктов, каждому из которых соответствует 4 варианта ответов, отражающих степень нарастания симптоматики. Бланк шкалы выдавался для самостоятельного заполнения испытуемому. При интерпретации результатов учитывался суммарный показатель по каждой подшкале. Выделялось 3 области его значений: 0–7 (норма), 8–10 (субклинически выраженная тревога/депрессия), 11 и выше (клинически выраженная тревога/депрессия).

Затем у отобранных в группу пациентов проводилось исследование по оцен-

ке вегетативной регуляции ритма сердца на аппаратно-программном комплексе «Варикард». Измерялся показатель активности регуляторных систем (ПАРС), который оценивает уровень работы адаптационных систем организма. ПАРС в интервале от 1 до 3 включительно интерпретируется как «Физиологическая норма», повышение этого показателя до 4–5 – трактуется как «Донозологическое состояние», ПАРС в интервале 6–7 – «Преморбидное состояние», 8–10 – «Срыв адаптации».

После первичной оценки состояния был проведен курс биорезонансной терапии в количестве 5 сеансов. Каждый сеанс длился 15–20 минут. Процедуры проводились в тихом помещении с приглушенным освещением, пациенты находились в удобном положении лежа на кушетке. После окончания курса биорезонансной терапии была проведена повторная оценка состояния пациентов.

Таблица 2

Изменение показателей ПАРС и HADS на фоне проведения процедур ББ

№ пациента	ПАРС		HADS, тревога		HADS, депрессия	
	Исходное состояние	После курса процедур	Исходное состояние	После курса процедур	Исходное состояние	После курса процедур
1	6	1	12	8	4	6
2	5	4	13	10	7	7
3	6	2	8	3	10	1
4	9	7	6	4	16	11
5	3	5	6	5	8	7
6	4	6	18	9	18	13
7	5	1	10	3	12	4
8	6	5	11	9	6	8
9	8	6	14	14	11	9
10	7	5	7	7	11	4
11	4	5	12	9	7	7
12	6	5	8	8	5	6
13	7	4	10	7	5	5
14	2	2	10	8	6	5
15	3	7	16	15	14	14
16	10	8	11	11	3	4
17	6	3	9	7	3	4
18	5	4	9	5	9	8
19	7	3	5	5	8	7
20	7	2	7	6	12	10
Мода	6	5	10	–	–	–
Медиана	6	5	10	8	8	7
Нижний квартиль	4,5	2,5	7,5	5	5,5	4,5
Верхний квартиль	7	6	12	9	12	9
Минимум	2	1	5	3	3	1
Максимум	10	8	18	15	18	14

Обработку данных проводили в программе Statistica 13.2 (Dell inc., USA). В ходе анализа возрастного распределения группы рассчитывали среднее арифметическое значение и стандартное отклонение. Для описания результатов оценки пациентов по шкалам ПАРС и HADS рассчитывали медиану, нижний и верхний квартили, минимум и максимум. Анализ динамических изменений состояния пациентов по шкалам проводили с использованием критерия Вилкоксона. Статистически значимым был принят уровень вероятности ошибки первого рода менее 5 % ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты первичного обследования пациентов и после курса биорезонансной терапии (5 процедур) представлены в табл. 2.

Таким образом, до начала лечения медиана ПАРС составляла 6 [4,5; 7] баллов, минимальное значение в группе – 2 балла, максимальное значение – 10 баллов (только у 3 пациентов ПАРС соответствовал физиологической норме работы адаптационных систем, у 14 пациентов наблюдалась напряженность адаптационных систем и у 3 пациентов – срыв адаптации). После окончания курса процедур отмечалось снижение медианы ПАРС до 5 [2,5; 6] баллов, минимальное значение в группе снизилось до 1 балла, максимальное значение снизилось до 8 баллов.

После терапии ББ количество пациентов с нормальной работой адаптационных систем увеличилось до 7, а количество пациентов со срывом адаптации уменьшилось до 1, существенно повысилось количество пациентов с нормальными и донозологическими показателями ПАРС (табл. 3).

Таблица 3
Интерпретация показателя ПАРС

	Исходно		После курса процедур	
	n	%	n	%
Физиологическая норма	3	15%	7	35%
Донозологическое состояние	5	25%	8	40%
Преморбидное состояние	9	45%	4	20%
Срыв адаптации	3	15%	1	5%

Сравнение ПАРС в двух анализируемых точках показало, что после окончания курса процедур ПАРС статистически значимо снизился по сравнению с исходными значениями

этого показателя в анализируемой группе ($p = 0,017$) (рис. 1).

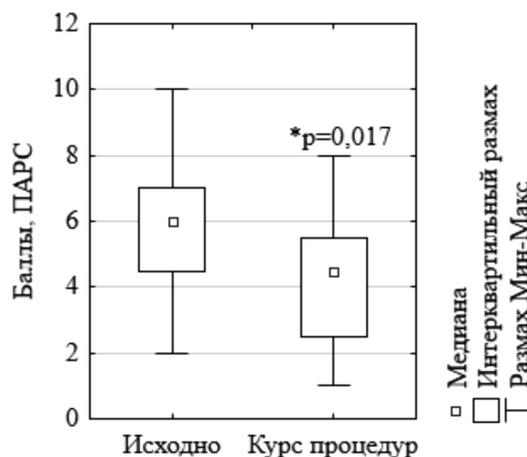


Рис. 1. Динамика показателя ПАРС на фоне проведения процедур. * – статистически значимые различия по сравнению с исходным уровнем, критерий Вилкоксона

Оценка влияния ББ на тяжесть тревоги и депрессии проводилась при помощи заполнения шкалы HADS до и после курса процедур. Было показано, что терапия ББ привела к значимому снижению баллов по подшкале «тревога» ($p < 0,001$), по подшкале «депрессия» динамика статистически не достигла значимого уровня ($p = 0,056$) (рис. 2).

Согласно табл. 2 до начала лечения медиана баллов по подшкале тревоги HADS составила 10 [7,5; 12] баллов, минимальное значение в группе было 5 баллов, максимальное – 18. После окончания курса процедур медиана баллов по подшкале тревоги в анализируемой группе снизилась до 8 [5; 9] баллов, минимальное значение в группе снизилось до 3 баллов, а максимальное значение снизилось до 15 баллов. До начала терапии ББ медиана баллов по подшкале депрессии HADS составила 8 [5,5; 12] баллов, минимальное значение в группе – 3 балла, максимальное – 18 баллов, после окончания курса лечения также отмечалось снижение медианы баллов до 7 [4,5; 9] баллов, минимальное значение в группе снизилось до 1 балла, максимальное значение – до 14.

Выводы

Проведенное исследование продемонстрировало, что применение ББ позволяет добиться значимого снижения ПАРС после курса из 5 процедур ($p = 0,017$), что свидетельствует о нормализации работы адаптационных систем.

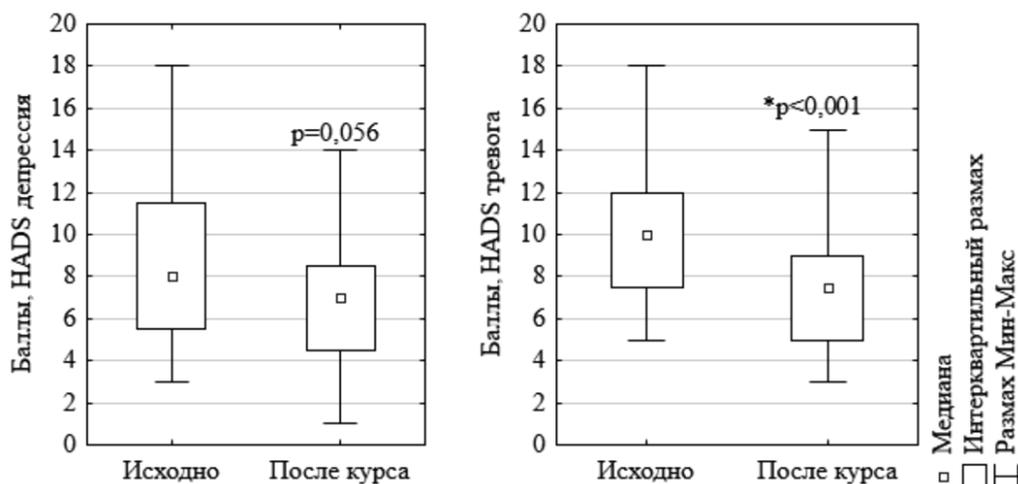


Рис. 2. Динамика оценки состояния пациента по госпитальной шкале тревоги и депрессии на фоне проведения процедур. * – статистически значимые различия по сравнению с исходным уровнем, критерий Вилкоксона

Терапия ББ в этой небольшой группе пациентов привела к значимому снижению баллов по подшкале «тревога» ($p < 0,001$) и не достигла своей достоверности по подшкале «депрессия» ($p = 0,056$). Эти результаты демонстрируют возможность крайне интересного способа воздействия на психоэмоциональную сферу пациентов с различной патологией.

Таким образом, ББ оказывают влияние на психосоматический статус человека. Следовательно, существует возможность применения ББ в терапии пациентов с психосоматическими заболеваниями. Преимуществами данного метода являются: неинвазивность и простота применения. К недостаткам можно отнести: длительность проведения процедуры и малоизученный механизм действия.

ББ – не только интересный метод, требующий проведения дальнейших широкомасштабных исследований на большей группе пациентов, но и перспективный подход к коррекции тревожных и депрессивных расстройств различного генеза у пациентов с психосоматическими заболеваниями.

Список литературы

1. Липов А.Н. «Holophonik sound». К бинауральным технологиям восприятия звука // Психология и психотехника. 2012. № 5 (44). С. 83–97.
2. Tang H.Y., Vitiello M.V., Perlis M., Riegel B. Openloop neurofeedback audiovisual stimulation: A pilot study of its potential for sleep induction in older adults. Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2015. Vol. 40. No. 3. P. 183–188.
3. Bellesi M., Riedner B.A., Garcia-Molina G.N., Cirelli C., Tononi G. Enhancement of sleep slow waves: underlying mechanisms and practical consequences. Front. Syst. Neurosci. 2014. Vol. 8. P. 208.
4. Родермель Т.А., Шумилова Е.А. Психологический взгляд на причины происхождения психосоматических заболеваний // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 8–2. С. 180–184.
5. Медведев В.Э. Психосоматические заболевания: концепции и современное состояние проблемы // Архив внутренней медицины. 2013. № 6 (14). С. 37–40.
6. Palaniappan R., Phon-Amnuaisuk S., Eswaran C. On 6th the binaural brain entrainment indicating lower heart rate variability. Int. J. Cardiol. 2015. Vol. 190. P. 262–263.
7. Kennel S., Taylor A.G., Lyon D., Bourguignon C. Pilot feasibility study of binaural auditory beats for reducing symptoms of inattention in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. J. Pediatr. Nurs. 2010. Vol. 25. No. 1. P. 3–11.

СТАТЬИ

УДК 636.977:599.735.3:591.4:575.2

КРАНИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ (*RANGIFER TARANDUS*) НЕНЕЦКОЙ ПОРОДЫ ТИМАНСКОЙ И БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДР НЕНЕЦКОГО АО

Романенко Т.М., Вылко Ю.П.

Нарьян-Марский филиал ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Российской академии наук – Нарьян-Марская сельскохозяйственная опытная станция, Нарьян-Мар, e-mail: nmshos@yandex.ru

Северное оленеводство как отрасль сельского хозяйства широко развито на территории Арктической зоны. На территории Ненецкого автономного округа (НАО) выпасом северных оленей занимаются 30 хозяйств, из них шесть имеют статус племрепродуктора для обеспечения потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей в племенном материале. В настоящее время существует неясность, в каком направлении следует использовать имеющийся генетический материал. Поэтому выявление краниологических особенностей популяций и микропопуляций северных оленей, территориально расположенных в разных кормовых биотопах, позволит использовать эти данные в селекционно-племенной работе. В настоящей работе приведены результаты краниологических исследований микропопуляций СПК «Индига» (IND) и племрепродуктора СПК «Ижемский оленевод и К» (IZH), сформировавшиеся на разных массивах тундр НАО Тиманской и Большеземельской. Существенные различия на межпопуляционном уровне выявлены в мозговом и лицевом отделах черепов самок, у самцов различия были менее выражены. Статическая характеристика длины верхнего ряда зубов показала достоверные различия у самок и самцов IND и IZH, которые у последних были связаны с выраженной шириной неба на уровне первого верхнего премоляра (Pm¹) и первого верхнего моляра (M¹), у самцов в связи с большими размерами черепа в длину выраженность признака ослабевала. Полученные морфологические различия черепа позволяют судить о разных условиях питания северных оленей исследуемых микропопуляций, отличающихся видоспецифическими особенностями ландшафта приуроченные к территориям их выпаса, характеризующиеся различающимися по разнообразию злаков биотопические ниши, что дает основание судить о больших размерах черепа самцов и самок микропопуляции IND.

Ключевые слова: северный олень, ненецкая порода, краниологические признаки, биотоп, Арктическая зона

CRANIOLOGICAL CHARACTERISTIC OF REINDEER (*RANGIFER TARANDUS*) OF NENETS OF TIMAN AND BOLSHEZHEMELSKAYA TUNDRA OF NENETS AO

Romanenko T.M., Vylko Yu.P.

Naryan-Mar branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center for the Integrated Study of the Arctic named after academician N.P. Laverov Russian Academy of Science – Naryan-Mar Agricultural Experimental Station, Naryan-Mar, e-mail: nmshos@yandex.ru

Reindeer husbandry as an agricultural sector is widely developed in the Arctic Zone. In the territory of the Nenets Autonomous District (NAO), 30 farms are grazing reindeer, of which six have the status of a tribal producer to meet the needs of agricultural producers in tribal material. It is currently unclear in which direction the existing genetic material should be used. Therefore, the identification of craniological features of reindeer populations and micropopulations located geographically in different fodder biotopes will allow to be used in breeding and tribal work. This paper presents the results of craniological studies of micropopulations of SPK «INDIGA» (IND) and tribal product of SPK «Izhem reindeer herder and K» (IZH), formed on different arrays of tundra of NAO of Timan and Bolshezemelskaya. Significant differences at the interpopulatory level were found in the brain and facial sections of the skull of females, in males the differences were less pronounced. Static characteristic of length of the top number of teeth showed reliable distinctions at females and males of IND and IZH who at the last were connected with the expressed sky width at the level of the first top premolar (Pm¹) and the first top painter (M¹), at males in connection with the big sizes of a skull in length the expressiveness of sign weakened. The obtained morphological differences of the skull make it possible to judge the different eating conditions of the reindeer of the studied micropoles, which differ in species-specific features of the landscape timed to the territories of their grazing, characterized by biotopic niches differing in the variety of cereals, which gives a reason to judge the large size of the skull of males and females of IND micropopulation.

Keywords: reindeer, Nenets breed, craniological signs, biotope, Arctic zone

Северное оленеводство как отрасль сельского хозяйства широко развито на территории Арктической зоны, поголовье которой включает более 1,5 млн животных. Только на территории Ненецкого автономного округа (НАО) выпасается более 230 тыс. оленей, из них к НАО относятся

26 хозяйств разной формы собственности и 4 хозяйства к Республике Коми, в том числе 6 из них имеют статус племрепродуктора для обеспечения потребностей сельскохозяйственных товаропроизводителей в племенном материале. В настоящее время существует неясность, в каком направлении

следует использовать имеющийся генетический материал.

Поэтому в северном оленеводстве наряду с проведением генетических исследований, изучением экстерьерно-конституциональных признаков необходимым является выявление краниологических особенностей популяций и микропопуляций северных оленей, сформировавшихся в границах отводов земель, территориально расположенные в разных кормовых биотопах, отличающиеся степенью воздействия антропогенных факторов [1, с. 70].

Краниологические исследования играют важную роль при выяснении хода эволюции и изменчивости животных и сохраняют свою актуальность и в настоящее время [2, с. 8]. Череп отражает в себе наиболее существенные черты животного, считается наиболее консервативным элементом всего организма и может служить не только критерием подвидовой, породной принадлежности, но и конституциональной [2, с. 3].

Исследования черепов взрослых северных оленей ненецкой породы на территории НАО проводилось М.П. Виноградовым и Друри (1935), Соколовым (1937) И.М. Добротворским (1938), А.Д. Рыхлицким, М.И. Канюковой и др. (2006) и были отрывочны.

А.А. Данилкин (1999) отмечает, что внутривидовая таксономия по-прежнему неудовлетворительна и необходима её тщательная ревизия, которая должна включать многомерные математические, генетические и молекулярные методы [3, с. 302].

Т.М. Романенко, Г.И. Филиппова и др. (2016) видят оценку популяций и микропопуляций домашних северных оленей с позиции комплексного подхода, заключающегося в использовании приемов зоотехнического обследования с основами биотехнологии [4] для применения в селекционно-племенной работе, которая до настоящего времени проводится с использованием традиционных приемов и отличается консервативностью [5, с. 69].

В настоящей работе мы приводим результаты краниологических исследований микропопуляций СПК «Инди́га» и племрепродуктора СПК «Ижемский оленевод и Ко» сформировавшиеся на разных массивах тундр НАО Тиманской и Большеземельской.

Целью исследований является проведение анализа краниологических признаков микропопуляций северных оленей ненецкой породы восточной части Тиманской и западной части Большеземельской тундр, сформировавшиеся в границах отводов земель на территории разных кормовых биотопов.

Материалы и методы исследования

Изучение краниологических признаков микропопуляций домашних северных оленей проводили на материале (череп) племрепродуктора СПК «Ижемский оленевод и Ко» (бригада № 6) и СПК «Инди́га» (бригада № 1), сформировавшиеся на территории разных биотопов Большеземельской (западная часть) и Тиманской (восточная часть) тундр.

Для характеристики особенностей строения черепа использовали черепа самок и самцов северных оленей старше 5 лет. Для проведения исследования были подготовлены 24 черепа самок и самцов, из них СПК «Ижемский оленевод и Ко» (IZH) – 14, СПК «Инди́га» (IND) – 10.

Измерения черепов проводили по 63 промерам в соответствии со схемой И.И. Соколова (1937). Для измерения черепов использовали штангенциркули (150, 250 и 500) и кронциркули.

Для наглядности описания краниологических признаков использовали 12 индексов (15/1, 10/5, 6/12, 62/17, 42/43, 15/63, 15/46, 21/63, 22/2, 24/15, 24/63, 25/24) по И.И. Соколову (1937), характеризующиеся наименьшей амплитудой изменчивости.

Статистическую обработку проводили в программе EXSEL 2010.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение черепа самок и самцов IND и IZH на внутривидовом уровне позволило выявить половые признаки, которые по всем показателям промеров черепа были ниже у самок. В микропопуляции IND самцы характеризовались большей длиной черепа в сравнении с самками на 37,42 (389,75 ± 3,69; 352,33 ± 1,20) мм (p < 0,001), в микропопуляции IZH – на 41,9 (383,57 ± 1,53; 341,67 ± 0,89) мм (p < 0,001) и шириной черепа – на 15,08 (156,75 ± 0,54; 141,67 ± 0,73) мм (p < 0,001) и на 6,57 (152,00 ± 0,80; 145,43 ± 0,95) мм (p < 0,001) соответственно.

По длине лицевого и мозгового отдела самцы IND превышали самок на 22,59 (215,25 ± 2,68; 192,66 ± 1,87) мм (p < 0,001) и 15,17 (166,50 ± 1,74; 151,33 ± 0,45) мм (p < 0,001), самцы IZH – на 30,28 (213,71 ± 0,69; 183,43 ± 1,09) мм (p < 0,001) и 14,9 (160,29 ± 1,11; 145,43 ± 0,95) мм (p < 0,001) соответственно.

На межпопуляционном уровне отличаем черепов взрослых самок и самцов северных оленей в изучаемых микропопуляциях IND и IZH являлась меньшая длина и ширина последних 352,33 ± 1,20 и 341,67 ± 0,89,

389,75 ± 3,69 и 383,57 ± 1,53 с разницей 10,63 мм ($p < 0,001$) и 6,15 мм и 173,50 ± 0,56 и 168,71 ± 1,07, 156,67 ± 0,81 и 153,0 ± 0,86 с разницей 4,79 мм ($p < 0,01$) и 3,67 ($p < 0,05$) мм соответственно.

На основании полученных измерений черепа у взрослых самок IND и IZH выявили достоверные морфологические различия при $p < 0,001$ в лицевом отделе по ряду признаков: анатомической лицевой оси черепа, ширине неба на уровне середины M^1 , наибольшей длине хоаны, длине ряда коренных зубов верхней челюсти, длине межчелюстной кости от gnathion до верхушки её восходящей ветви, наибольшей длине верхнечелюстной кости, наибольшей длине скуловой кости, от basion до переднего края шва между носовыми костями, от gnathion до наивысшей точки лобных костей; мозговом отделе – от gnathion до заднего конца сошника, длине мозговой части черепа, расстоянию от задней точки затылочного гребня до заднего края орбиты, ширине черепа в скуловых дугах.

Череп самцов IND и IZH характеризовался меньшей изменчивостью лицевого и мозгового отделов по сравнению с черепом самок и имел морфологические различия признаков при $p < 0,001$ в лицевом отделе по ряду признаков: длине ряда моляров верхней челюсти и наибольшей ширине носовых костей; в мозговом отделе – от basion до линии, соединяющей задние края орбит по средней линии, от basion до переднего края орбиты на нижнем слезно-орбитном шве, высоте мозговой части черепа (без нижней челюсти).

В ходе сравнительного анализа особого внимания заслуживают полученные данные краниометрии по длине верхнего ряда зубов. По этому признаку самцы и самки IND

(92,25 ± 0,31; 90,00 ± 0,43 и 91,17 ± 0,84; 84,09 ± 0,70) на 2,25 мм ($p < 0,01$) и 7,08 мм ($p < 0,001$) превышали показатели самцов и самок IZH, что связано с большей шириной твердого неба у самок IZH на уровне первого верхнего премоляра (Pm^1) при $p < 0,01$ и первого верхнего моляра (M^1) при $p < 0,001$, которая менее выражена у самцов, в связи с большими размерами черепа в длину на 24,6 мм.

Особенности межпопуляционной изменчивости размеров черепа взрослых северных оленей наглядно проявляются при использовании индексов.

Череп самцов IND при большей длине и ширине характеризовался более вытянутой лицевой частью по сравнению с самцами IZH (15/1 – IND 44,52 и IZH 43,80) и был, напротив, более широкий в скуловых дугах (22/2 – IND 41,25 и IZH 42,03), нельзя сказать о черепе самок IND, лицевая часть которых отличалась меньшей вытянутостью (15/1 – IND 44,47 и IZH 44,78), мозговая часть была относительно широкой в скуловых дугах (22/2 – IND 42,86 и IZH 42,91) (таблица).

Соотношения лицевой и мозговой частей черепа (10/5 и 6/12) дают представление о большей вытянутости морды самцов IND (44,99 и 151,15) с разницей 2,02 и 2,01.

Форма роstralной части черепа (62/17) у самцов и самок IND (105,65 и 92,09) была несколько сжатой с боков и более выражена в высоту rostrum в сравнении с IZH (102,92 и 91,46) с разницей 2,73 и 0,63 соответственно.

Наиболее суженные носовые кости (42/43) имели самцы IND (50,00) и самки IZH (47,57) и, напротив, большие величины выявлены у самцов IZH (53,23) и самок IND (49,00) соответственно, при этом разница у самцов составила 3,23, у самок – 1,43.

Индексы самок и самцов микропопуляций СПК «Инди́га» (бригада № 1) и СПК «Ижемский оленевод» (бригада № 6)

Индекс	Самцы		Самки	
	IND (n = 5)	IZH (n = 7)	IND (n = 5)	IZH (n = 7)
15/1	44,52	43,80	44,47	44,78
10/5	44,99	42,97	42,80	43,70
6/12	151,15	149,14	151,50	149,49
62/17	105,65	102,92	92,09	91,46
42/43	50,00	53,23	49,00	47,57
15/63	155,88	153,92	145,06	148,98
15/46	105,79	101,38	106,57	104,08
21/63	101,08	100,36	91,39	94,74
22/2	41,25	42,03	42,86	42,91
24/15	58,96	58,92	47,68	49,67
24/63	91,91	90,69	69,17	74,00
25/24	70,38	73,04	90,09	85,66

Наибольшим развитием в стороны орбит или сужением мозговой части черепа (15/63) характеризовались самцы IND (155,88) и самки IZH (148,98), а наименьшим – самцы IZH (153,92) и самки IND (145,06) с разницей 1,96 и 3,92, что является показательным для последних.

Важным отличительным признаком является форма лобных костей (15/46), которая была лучше развита у самцов и самок IND (105,79 и 106,57) и наименее у самцов и самок IZH (101,38 и 104,08) с разницей 4,41 и 2,49 соответственно, что является одним из главных показателей популяционной дифференциации. При этом лучшее развитие боковых лобных гребней (21/63) отмечали у самцов IND (101,08) и самок IZH (94,74), с выраженной разницей у самок 3,35 (IND 91,39 и IZH 94,74).

Лучшим развитием затылочной области в ширину (24/15, 24/63) отличались самки IZH (49,67 и 74,00) в сравнении с самками IND, с разницей 2,0 и 4,83, у самцов различия были слабо выраженными. Развитием затылочных мыщелков (25/24) выделялись самки IND (90,9) и IZH (85,66) в сравнении с самцами IND (70,38) и IZH (73,04), при этом разница у самок составила 5,24, у самцов почти в два раза меньше – 2,66.

Таким образом, проведенный анализ краниологических признаков показал, что в исследованных микропопуляциях северных оленей IND и IZH сохранились индивидуальные особенности, которые связаны с половыми признаками.

На межпопуляционном уровне существенные различия были выявлены в лицевом и мозговом отделах черепа самок, у самцов различия были менее выражены. Характерной особенностью, связанной с жевательной поверхностью, выделяются самки и самцы IZH, которые отличались от IND более короткой длиной верхнего ряда зубов и широким твердым небом, при этом характеризовались большей шириной в скуловых дугах и лучшим развитием затылочной области в ширину, что может быть связано с силой сокращения жевательных мышц. По результатам исследований можно предположить, что данный признак наиболее чувствителен [6] и указывает на высокую пластичность животных адаптироваться к разным экологическим условиям [7, с. 120]. Выявленные различия позволяют судить о формировании исследованных микропопуляций IND и IZH в разных кормовых биотопах.

По результатам исследований представлены межпопуляционные различия краниологических признаков самок и самцов IND и IZH.

Череп самцов IND характеризовался развитой лицевой частью с достаточно хорошо вытянутой мордой, несколько сжатой с боков и более выраженной в высоту формой ростральной части, суженностью носовых костей, развитой мозговой частью, относительно широкой в скуловых дугах и выраженными в сторону орбитами, развитой затылочной областью в ширину со слабо выраженными мыщелками, развитыми лобными костями с менее выраженными боковыми гребнями.

Череп самцов IZH характеризовался менее развитой лицевой частью и более короткой мордой, расширенным с боков и менее выраженной в высоту формой ростральной части, широкими носовыми костями, относительно развитой мозговой частью более широкой в скуловых дугах, развитой затылочной областью в ширину и мыщелками, менее развитыми лобными костями и боковыми гребнями.

Череп самок IND представлен относительно развитой лицевой частью и более вытянутой мордой, несколько сжатым с боков и более выраженным в высоту *rostrum*, более широкими носовыми костями, развитой мозговой частью относительно широкой в скуловых дугах и выраженными в сторону орбитами, более развитой затылочной областью в ширину и мыщелками, хорошо развитыми лобными костями и боковыми гребнями.

Череп самок IZH представлен менее развитой лицевой частью, менее вытянутой мордой, расширенным с боков и менее выраженным в высоту *rostrum*, суженными носовыми костями, более развитым мозговым отделом относительно широким в скуловых дугах, хорошо развитой затылочной областью в ширину с мыщелками, менее развитыми формами лобных костей и хорошо выраженными боковыми лобными гребнями.

Краниологические исследования с использованием традиционных методов недостаточно отражают изменчивость признаков, поэтому необходимым является включение дополнительных признаков и определением краниометрических точек.

Выводы

Полученные морфологические различия по лицевому и мозговому отделам черепа позволяют судить о разных условиях питания северных оленей ненецкой породы исследуемых микропопуляций восточной части Тиманской и западной части Большеземельской тундр, отличающихся видоспецифическими особенностями ландшафта, приуроченные к территориям их выпаса, характеризующие различающиеся по разнообразию злаков биотопические ниши, что

дает основание судить о больших размерах черепа самцов и самок микропопуляции СПК «Индига» (бригада 1).

Список литературы

1. Боренецкая О.И., Никифоров А.И., Чикурова Е.А. Государственный музей животноводства имени Е.Ф. Лискуна – центр краниологических исследований // Известия ТСХА. 2017. Вып. 3. С. 70–83.
2. Мухачев А.Д. Краниологическая характеристика домашних северных оленей России: монография. СПб.: ГУАП, 2008. 76 с.
3. Данилкин А.А. Род северные олени // Олени (Cervidae). М.: ГЕОС, 1999. С. 301–304.
4. Романенко Т.М., Филиппова Г.И., Вылко Ю.П. Комплексная оценка сельскохозяйственных популяций домаш-

них северных оленей // Успехи современной науки и образования. 2016. № 11. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues> (дата обращения: 16.12.2019).

5. Романенко Т.М., Калашникова Л.А., Филиппова Г.И., Лайшев К.А. Генетическая структура популяций северных оленей о. Колгуев Ненецкого автономного округа // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 68–70.

6. Жидова К.С. Флуктуирующая изменчивость морфологических параметров черепа *Spermophilus undulatus* (Pallas, 1778) // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). С. 66–69. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/96/21675/> (дата обращения: 16.12.2019).

7. Сорокина Н.В., Сидорова С.К., Корпич К.Ю., Моторина А.С. Географическая изменчивость коренных зубов красной полевки (*Clethrionomys rutilus*, PALLAS, 1779) (RODENTIA, CRICETIDAE) Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2017. Т. 3. № 2. С. 119–130.

СТАТЬИ

УДК 519.87:621.941-229.2:621.182.13-52

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОСУППОРТА
СТАНКА С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛЯТОРОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА**

¹Кадыров И.Ш., ¹Темирбеков Ж.Т., ¹Турсубеков Б.С., ²Давлятов У.Р.

¹*КНАУ им. К.И. Скрябина, Бишкек,*

e-mail: bgtu_kg@mail.com, jeenbek-58@mail.ru, tbs200618@gmail.com;

²*КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, e-mail: uluk-2000@mail.ru*

Статья посвящена актуальной теме разработки и исследованию математической модели гидросуппорта и подачи инструмента токарного станка, имеющего объект управления – гидросуппорт, математическую модель первого порядка и автоматический регулятор расхода, поступающего в рабочую полость – второго порядка. При совместном рассмотрении объекта и автоматического регулятора получена математическая модель в виде дифференциального уравнения третьего порядка, исследование которой дало следующие основные результаты: различные переходные процессы в зависимости от конкретных значений постоянных времен системы, возможность по полученной модели произвести расчет масса-геометрических параметров, необходимых для решения проектных задач и исследования ее на устойчивость. Рассмотрены три варианта при положительных значениях коэффициентов у переменных в левой части уравнения: все три корня являются вещественными и отрицательными; один корень вещественный и отрицательный, а два комплексные сопряженные с отрицательной вещественной частью; один корень вещественный и отрицательный, а два корня комплексные сопряженные с положительной вещественной частью. Разработана математическая модель реальной системы автоматического управления подачей инструмента гидросуппорта, обеспечивающей качественное выполнение технологического процесса механической обработки. Проведено исследование полученной математической модели гидросуппорта, рассмотрено влияние на качество динамических процессов: вид переходного процесса, его длительности и устойчивой работы, значения постоянных времен, куда входят параметры системы. Результаты исследования могут быть использованы при модернизации существующего парка токарных станков и создании нового оборудования.

Ключевые слова: гидросуппорт, токарный станок, регулятор расхода, коэффициент усиления объекта, коэффициент усиления регулятора, переходный процесс, статическая ошибка, устойчивость

**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A HYDRAULIC SUPPORT
MACHINE WITH AUTOMATIC REGULATOR SECOND ORDER**

¹Kadyrov I.Sh., ¹Temirbekov Zh.T., ¹Turusbekov B.S., ²Davlyatov U.R.

¹*KNAU named after K.I. Scryabin, Bishkek,*

e-mail: bgtu_kg@mail.com, jeenbek-58@mail.ru, tbs200618@gmail.com;

²*KSTU I. Razzakov, Bishkek, e-mail: uluk-2000@mail.ru*

The article is devoted to the urgent topic of development and study of the mathematical model of the hydraulic support and tool feed of a lathe having a control object – hydraulic support, a first-order mathematical model and an automatic flow regulator entering the working cavity – of the second order. When the object and the automatic controller are examined together, a mathematical model is obtained in the form of a third-order differential equation, the study of which was given by the following main results: various transients depending on the specific values of the system time constants, the ability to calculate the mass-geometric parameters using the obtained model necessary to solve design problems and study its sustainability. Three options are considered for positive values of the coefficients of the variables on the left side of the equation: all three roots are real and negative; one root is real and negative, and two are complex conjugates with the negative real part; one root is real and negative, and two roots are complex conjugates with the positive real part. A mathematical model of a real system for automatically controlling the supply of a hydraulic support tool has been developed, which ensures high-quality performance of the machining process. The obtained mathematical model of the hydraulic support was studied, the influence on the quality of dynamic processes was examined: the type of the transition process, its duration and stable operation, the values of constant times, which include the system parameters. The research results can be used to modernize the existing fleet of lathes and create new equipment.

Keywords: hydraulic support, lathe, flow regulator, object gain, regulator gain, transient, static error, stability

Известно, что проблемным вопросом при автоматизации технологических процессов при механической обработке изделий является ее автоматизация, предусматривающая разработку не только принципиальной схемы управления, но и математической модели всей системы, позволяющей исследовать динамические процессы при ее работе, а также произвести расчет параметров основных элементов, необходимых для обеспечения ее качественной работы.

Из теории автоматического управления известно, что система регулирования становится неустойчивой при большом значении коэффициента усиления регулятора или при увеличении инерционности регулятора. В дифференциальных уравнениях первого и второго порядка можно утверждать, что система будет устойчивой при всех положительных коэффициентах у переменных в левой части уравнения при любых значениях T , $K_{\text{пер}}$ [1–4]. Автоматическая система регулирования подачи инструмен-

та гидросуппортом будет третьего порядка в трех случаях:

1) математические модели объекта описываются дифференциальным уравнением первого порядка, а регулятора расхода второго порядка;

2) динамика описывается дифференциальным уравнением второго порядка, а регулятор – дифференциальным уравнением первого порядка;

3) дифференциальное уравнение объекта третьего порядка, а регулятор является безынерционным.

Уравнение динамики объекта гидросуппорта описывается дифференциальным уравнением первого порядка:

$$T_0 \frac{d\Delta S}{dt} + \Delta S = -K_0 \Delta Q + f(t). \quad (1)$$

Уравнение динамики регулятора расхода представляется дифференциальным уравнением второго порядка:

$$T_k^2 \frac{d^2 \Delta Q}{dt^2} + T_d \frac{d\Delta Q}{dt} + \Delta Q = K_{\text{пер}} \Delta S', \quad (2)$$

где T_k – постоянная времени, способствующая колебательному переходному процессу; T_d – постоянная времени, способ-

ствующая демпфированию колебаний в переходном режиме.

Вывод уравнения регулятора расхода (2) будет сделан при составлении его математической модели.

Для получения дифференциального уравнения системы регулирования необходимо уравнения (1) и (2) решить совместно.

Из уравнения (1) имеем

$$\begin{aligned} -\Delta Q &= \frac{T_0 \frac{d\Delta S}{dt} + \Delta S - f(t)}{K_0}, \\ -\frac{d\Delta Q}{dt} &= \frac{T_0 \frac{d^2 \Delta S}{dt^2} + \frac{d\Delta S}{dt} - \frac{df(t)}{dt}}{K_0}, \\ -\frac{d^2 \Delta Q}{dt^2} &= \frac{T_0 \frac{d^3 \Delta S}{dt^3} + \frac{d^2 \Delta S}{dt^2} - \frac{d^2 f(t)}{dt^2}}{K_0}. \end{aligned} \quad (3)$$

Эти полученные значения подставим в уравнение (2) и после соответствующих преобразований получим уравнение, описывающее динамические процессы всей системы регулирования.

$$\begin{aligned} T_0 T_k^2 \frac{d^3 \Delta S}{dt^3} + (T_0 T_d + T_k^2) \frac{d^2 \Delta S}{dt^2} + (T_0 + T_d) \frac{d\Delta S}{dt} + (1 + K_0 K_{\text{пер}}) \Delta S = \\ = T_k^2 \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + T_d \frac{df(t)}{dt} + f(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Если автоматическая система регулирования испытывает постоянное возмущающее воздействие, то есть $f(t) = \text{const}$, то уравнение (4) примет вид

$$T_0 T_k^2 \frac{d^3 \Delta S}{dt^3} + (T_0 T_d + T_k^2) \frac{d^2 \Delta S}{dt^2} + (T_0 + T_d) \frac{d\Delta S}{dt} + (1 + K_0 K_{\text{пер}}) \Delta S = f(t). \quad (5)$$

Составим его характеристическое уравнение.

$$T_0 T_k^2 p^3 + (T_0 T_d + T_k^2) p^2 + (T_0 + T_d) p + (1 + K_0 K_{\text{пер}}) = 0. \quad (6)$$

Это алгебраическое уравнение третьей системы имеет три корня.

Рассмотрим три варианта при положительных значениях коэффициентов у переменных в левой части уравнения:

1. Все три корня являются вещественными и отрицательными, то есть

$$p_1 = -1/T_a; p_2 = -1/T_b; p_3 = -1/T_c. \quad (7)$$

2. Один корень вещественный и отрицательный, а два комплексные сопряженные с отрицательной вещественной частью, то есть

$$p_1 = -1/T_a; p_{2,3} = -1/T_b \pm j\omega. \quad (8)$$

3. Один корень вещественный и отрицательный, а два корня комплексные сопряженные с положительной вещественной частью, то есть

$$p_1 = -1/T_a; p_{2,3} = 1/T_b \pm j\omega. \quad (9)$$

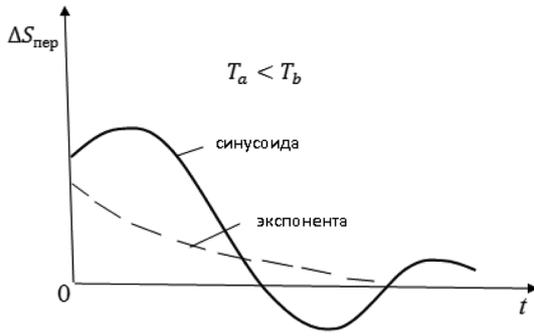


Рис. 1. Переходной процесс в системе при $T_a < T_b$

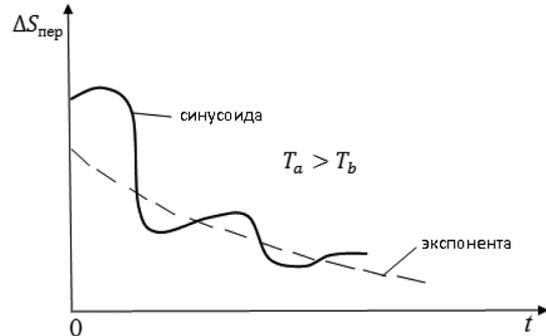


Рис. 2. Переходной процесс в системе при $T_a > T_b$

Следует отметить, что имеются соответствующие формулы в справочниках по математике, по которым их можно найти и далее вывести очень сложные зависимости T_a , T_b , T и ω от параметров системы T_0 , T_k^2 , T_d^2 , K_0 , $K_{пер}$.

Рассмотрим переходные процессы в общем виде для трех вариантов:

а) для первого варианта (7) переходной процесс пойдет по трем экспонентам [1]:

$$\Delta S = C_1 e^{-t/T_a} + C_2 e^{-t/T_b} + C_3 e^{-t/T_c}. \quad (10)$$

б) для второго варианта (8) – сумма экспонента и затухающая синусоида по экспоненте:

$$\Delta S = C_1 e^{-t/T_a} + C_2 e^{-t/T_b} \sin(\omega t + C_3). \quad (11)$$

в) для третьего варианта (9) – сумма экспонента и расходящаяся синусоида по экспоненте:

$$\Delta S = C_1 e^{-t/T_a} + C_2 e^{t/T_b} \sin(\omega t + C_3). \quad (12)$$

Постоянные интегрирования C_1 , C_2 , C_3 определяются как обычно из значений начальных условий:

$$\Delta S_{пер}, d\Delta S_{пер}/dt, d^2\Delta S_{пер}/dt^2 \text{ при } t = 0. \quad (13)$$

Методика определения C_1 , C_2 , C_3 такая же, какая была приведена выше, только вместо двух уравнений необходимо решить систему уравнений из трех неизвестных C_1 , C_2 , C_3 .

Для случая (10) переходные процессы будут идти по трем экспонентам.

Для случая (11) переходной процесс зависит от соотношений постоянных времени T_a и T_b .

При $T_a < T_b$ – экспонента затухает быстрее, чем синусоида, и процесс в основном будет колебательным (рис. 1).

Для случая $T_a > T_b$ синусоида затухнет быстрее, чем экспонента, и процесс полу-

чается скорее не колебательным, а монотонным, несмотря на наличие комплексных корней характеристического уравнения, еще следует отметить, что это зависит от начальных условий и соотношений постоянного интегрирования C_1 и C_2 .

Для случая (12) переходной процесс будет колебательным расходящимся, то есть система будет неустойчивой (рис. 3).



Рис. 3. Неустойчивый переходной процесс системы

При получении любого отклонения от равновесного состояния, например, под воздействием возмущающей силы, система не вернется к прежнему значению, будет раскачиваться за счет собственного источника энергии.

Таким образом, можно утверждать, что при всех положительных значениях коэффициентов при переменных в левой части дифференциального уравнения возможна неустойчивость системы.

При этом следует отметить, что положительность всех коэффициентов в левой части дифференциального уравнения системы означает лишь правильность присоединения регулятора к объекту, но этого недостаточно для определения устойчивости системы регулирования. Если параметры

регулятора $T_0, T_k^2, T_d, K_0, K_{\text{пер}}$ будут такими, что корни характеристического уравнения будут соответствовать случаю (7), то система будет устойчивой.

Поэтому при проектировании регулятора к объекту необходимо выбрать его параметры таким образом, чтобы система была устойчивой и далее добиваться качества переходного процесса вида (10) или (11) и малого значения статической ошибки.

Статическая ошибка при $f(t) = f_0$ есть частное решение дифференциального уравнения (5) и будет равна

$$\Delta S_{\text{ст}} = \frac{f_0}{1 + K_0 K_{\text{пер}}}. \quad (14)$$

Из формулы (13) видно, что для уменьшения статической ошибки системы регулирования необходимо увеличить $K_{\text{пер}}$ – коэффициент усиления регулятора, с другой стороны, имеются определенные ограничения по качествам динамических процессов.

Известны критерии устойчивости Ганса–Гурвица [5] для системы третьего порядка, дифференциального уравнения который описывается в общем виде (левая часть):

$$a_0 \frac{d^3 x}{dt^3} + a_1 \frac{d^2 x}{dt^2} + a_2 \frac{dx}{dt} + a_3 x. \quad (15)$$

1. Положительность коэффициентов при переменных:

$$a_0 > 0; a_1 > 0; a_2 > 0; a_3 > 0. \quad (16)$$

2. Произведение средних коэффициентов должно быть больше, чем произведение крайних коэффициентов:

$$a_1 a_2 > a_0 a_3, \quad (17)$$

только при выполнении условия (16) и (17) все корни характеристического уравнения (6) будут иметь отрицательные вещественные значения (7) или один корень вещественный отрицательный, а два корня комплексные с отрицательной вещественной частью (8).

Для автоматической системы стабилизации подачи инструмента гидросуппорта согласно дифференциальным уравнениям (5) и (4) имеем

$$a_0 = T_0 T_k^2; a_1 = T_0 T_d + T_k^2;$$

$$a_2 = T_0 + T_d; a_3 = (1 + K_0 K_{\text{пер}}). \quad (18)$$

Как было ранее отмечено, первое условие устойчивости (14) обеспечивается правильным присоединением регулятора расхода к объекту.

Условие (16) выводится согласно (17):

$$(T_0 T_d + T_k^2)(T_0 + T_d) > T_0 T_k^2 (1 + K_0 K_{\text{пер}}). \quad (19)$$

Откуда определяется уравнение ограничение на увеличение коэффициента усиления регулятора $K_{\text{пер}}$:

$$K_{\text{пер}} < \left(\frac{1}{T_0} + \frac{T_0 + T_d}{T_k^2} \right) \frac{T_d}{K_0}. \quad (20)$$

Если сравнить формулы (13) и (18), то обнаружим определенное противоречие между снижением статической ошибки системы и условиями его устойчивой работы, поэтому становится важным учет обоих требований путем подбора приемлемых значений параметров системы, входящих в $T_0, T_k, T_d, K_0, K_{\text{пер}}$ с тем, чтобы значение статической ошибки соответствовало заданному требованию при обеспечении устойчивости системы на заданном диапазоне режимов работ.

Из неравенства (20) можно получить границу устойчивости

$$K_0 K_{\text{пер}} < \left(\frac{T_k}{T_0} + \frac{T_0}{T_k} \right) \frac{T_d}{T_k} + \left(\frac{T_d}{T_k} \right)^2. \quad (21)$$

Зная T_k/T_0 , представляется возможным по (20) построить зависимость $K_0, K_{\text{пер}}$ от T_d/T_k (рис. 4).

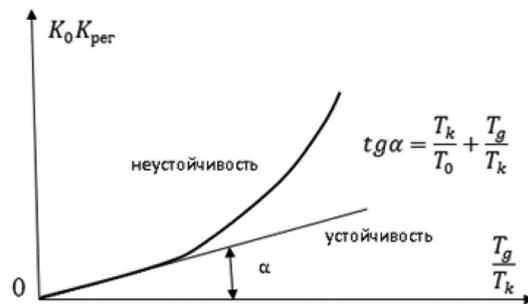


Рис. 4. Граница устойчивости системы

Выводы

1. Разработана математическая модель реальной системы автоматического управления подачей инструмента гидросуппорта, обеспечивающей качественное выполнение технологического процесса механической обработки.

2. Проведено исследование полученной математической модели гидросуппорта, рассмотрено влияние на качество динамических процессов: вид переходного процесса, его длительности и устойчивой работы, значения постоянных времени, куда входят параметры системы.

3. Результаты исследования могут быть использованы при модернизации существующего парка токарных станков и создании нового оборудования.

Список литературы

1. Горбина Н.Н., Солопова А.С. Теория автоматического управления: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 2010. 201 с.

2. Чжо Ту. Разработка математических моделей, методов и алгоритмов цифрового управления режимами двигате-

лей металлообрабатывающих станков: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 19 с.

3. Джунковский А.В., Холодов Д.А., Чикунов И.М. Применение api autodesk inventor для автоматизированного параметрического моделирования машиностроительных деталей // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 9. С. 75–79.

4. Кадыров И.Ш., Темирбеков Ж., Турусбеков Б.С., Давлятов У.Р. Разработка математической модели гидросуппорта станка с инерционным регулятором // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11–2.

5. Башта Т.М. Гидравлические следящие приводы. Киев: Машгиз, 1990. 398 с.

УДК 621.8.031.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ ГРАВИТАЦИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Комаров В.С.

Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: kvs@ocean.ru

Среди законов «мироздания», главной целью изучения и технического использования является, видимо, самый древний закон: закон гравитации. Он же занимает и центральное место в изучении материального мира. На него, можно сказать, «нанизано» само мироздание. Открыл закон, как закон гравитационного водоизмещения, гениальный Архимед (III в до н.э.) – математик, инженер-изобретатель. Цель данной статьи исследовать и предложить ряд способов и устройства эффективного использования сил и энергии гравитации при разработке и проектировании подводной исследовательской техники. Инженерные достоинства закона Архимеда стали особенно ясными, когда в 1667 г. гениальный Ньютон опубликовал свои законы тяготения и методы интегрального и дифференциального исчисления, позволившие исчислять гравитационное водоизмещение тел любой формы. Методы, предложенные в статье, могут быть полезными при проектировании подводных аппаратов с управляемым водоизмещением или управляемой плавучестью. Могут быть полезными при проектировании новых подводных плавающих устройств для подводных измерений и исследований. Показан успешный поиск оптимальных решений для подводных океанологических интерактивных аппаратов и выбор способа управления их компенсирующим водоизмещением, для получения требуемой управляемости при нулевом весе в воде, методом компенсации. Представлены два (из возможных) успешных способа использования гравитационной энергии для перемещения по глубине буйковых зондов с использованием низкокипящей жидкости, как промежуточного рабочего тела и при начальном подогреве его солнечной энергией. Представлены схематично технические решения способов и устройств управляемого водоизмещения.

Ключевые слова: гравитация, механика, водоизмещение, Архимед, Ньютон, мореплавание, мироздание, крен, дифферент, глайдер, остойчивость

THE USE OF THE LAW OF GRAVITATION TO RELEASE ENERGY FROM AQUATIC ENVIRONMENT WITH THE PURPOSE OF PROVIDING OCEANOLOGICAL MEASUREMENTS

Komarov V.S.

Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: kvs@ocean.ru

Among the laws of the «universe» the main purpose of study and technical use is evidently the most ancient one: the law of gravitation. It is also central to the study of the physical world. It can be said that the universe itself is «beaded» on it. The law as the law of gravitational displacement was invented by the great Archimedes (III cent. BC), a mathematician, inventor-engineer. The purpose of this article is to investigate and suggest a number of methods and devices for the efficient use of the forces and energies of gravity in the development and design of underwater research equipment. The engineering merits of Archimedes' law became especially clear when, in 1667, the brilliant Newton published his laws of gravitation and methods of integral and differential calculus, which made it possible to calculate the gravitational displacement of the bodies of any shape. The methods suggested in the article may be useful when designing submersible vehicles with controlled displacement or controlled buoyancy. They may be useful when designing new underwater floating devices for underwater measurements and research. A successful search for optimal solutions for underwater oceanological interactive devices and the choice of a way to control their offset displacement for obtaining the required controllability at zero weight in water, by the compensation method are shown. Two (out of possible ones) successful ways of using gravitational energy to move on the depth of the buoy probes using a low-boiling liquid as an intermediate fluid and with the initial heating of solar energy are presented. Technical solutions of the methods and devices of controlled displacement are schematically presented.

Keywords: gravitation, mechanics, displacement, Archimedes, Newton, seagoing, universe, heeling, different, glider, stability

Среди законов «мироздания», видимо, самый древний это закон гравитации. Он же занимает и центральное место в изучении мира. На этот закон, можно сказать, «нанизано» само мироздание. Человек, зародившийся у воды и эволюционировавший на водных берегах ничего не знал о гравитации, о законе Архимеда (III в. до н.э.) силе тяжести, хотя повседневно ощущал их присутствие. Но настало время, и человек стал строить лодки и корабли, и тогда ему

по крупице пришлось осознавать суть мироздания. К примеру, бедный Галилео Галилей, изобретатель телескопа и открыватель гелиоцентричности мира (1609 г.), был осужден и лишен права изобретать. Это с большим трудом стало проясняться только тогда, когда Ньютон (в 1667 г.) открыл и сформулировал законы всемирного тяготения. И создал для исчислений интегрально-дифференциальный математический аппарат. Тогда стало возможным попытаться

понять, что же такое сила гравитационного взаимодействия тел и сила, удерживающая планеты на орбитах их движения. Стала вычислимой для любых форм удерживающая предметы на плаву сила Архимеда (а прошло между открытиями Архимеда и Ньютона более 25 веков).

С появлением судов и морских перевозок, а также военных флотов возникла необходимость в определении грузоподъемности судов и балансировке грузов при их размещении и т.п. Архимедова сила приобрела исключительно важную роль, так как она связывала ощутимый вес тела с объемом вытесненной воды. Исходно это чисто гидромеханическое понятие. Однако эта сила определяет не только грузоподъемность судов, но и основы всего судостроения и безопасность судоходства.

Занимаясь технической океанологией, в частности разработкой подводных аппаратов – инструментов для подводных исследований в целях различных измерений в водной среде как автономных, так и телеуправляемых, приходится сталкиваться со всеми задачами, связанными с весом измерительных устройств, их водоизмещением, комбинировать конструкции с необходимыми управляемыми гидростатическими функциями. Так как сила веса и противоположная ей сила водоизмещения (архимедова сила) имеют одну и ту же природу, а именно, архимедова сила – это сила водоизмещения, которая является поверхностным интегралом гидростатического давления по площади поверхности вытесняемого объема. Использование гравитационной энергии при поиске оптимальных решений и формулировании выбора способа решения и является целью, поставленной при проектировании подводного аппарата.

Со временем людям понадобилось исследовать подводный мир в придонных акваториях, для чего были разработаны и созданы плавающие самоходные подводные аппараты, которые было необходимо дистанционно перемещать по заданным траекториям, управляя курсом, креном, дифферентом. Важнейшим проектируемым качеством самоходных управляемых подводных аппаратов, как и любых видов транспорта, является их управляемость, т.е. способность средств управления изменять траекторию движения, согласно заданной программе или адаптивно отслеживать рельеф грунта, двигаясь эквидистантно над ним.

В научном океанологическом пространстве разработано множество методов и отвечающих им целевых аппаратов для подводных измерений гидрологических, гидрохимических и гидрофизических параме-

тров. Соответствующие аппараты должны отвечать сложным навигационным требованиям, включая определение координат объекта в подводном и надводном пространстве, делятся, как правило, на подводные и надводные, а по характеру функционирования на вертикально сканирующие буи разрезов, дрейфующие и сканирующие в дрейфе, которые производят измерения в толще воды – буйковые станции и телеуправляемые подводные аппараты, снабженные океанологической и навигационной измерительной аппаратурой (Арекс, Prover) [1]. Эти аппараты способны управлять горизонтом дрейфа, зависать и выполнять исследования. Большой интерес и будущее, видимо, ждет аппараты типа «Подводный торпедообразный глайдер» «с гидродинамическими принципами движения», использующий смешанные источники энергообеспечения [2].

Эффективность подводных аппаратов в большой степени зависит от их управляемости. Известные способы управления сводятся, как правило, к силовому воздействию рулевыми движителями или используют реактивную силу обтекающего потока. Наиболее интересен метод разделения управляющей конструкции, выраженный в способе обеспечения управляемости подводного аппарата [3], включающий разделение конструкции аппарата на две сборки: одну из них строительную, фиксированную относительно вектора упора двигателей и связанной системы координат – главных строительных осей аппарата, и вторую – управляющую креном, дифферентом, уравновешенные с собственным весом в воде блоками технологической плавучести, совмещая в строительной сборке центр тяжести и центр величины (она имеет нулевую плавучесть, а управляющей дифферентом создают максимальный метациентр, оставляя с нейтральной плавучестью в воде).

Такая конструкция может быть принципиально представлена в следующем виде – на рис. 1, где приведена схема компоновки подводного аппарата. Здесь Фиг. А – аппарат в сборке из двух нейтральной плавучести компоновочныхборок, Фиг. Б – управляющая сборка нейтральной плавучести с максимальным метациентрическим моментом, Фиг. Г – сборка с минимальным (нулевым) метациентрическим моментом, так же нейтральной плавучести, Фиг. Д – вид взаимодействияборок в процессе управления дифферентом, Фиг. В – вид поперечного разреза аппарата. Такая компоновка позволяет вращать вокруг общей оси О-О сборку 1 и сборку 2, как показано на Фиг. Д, не смещая общий центр масс аппарата.

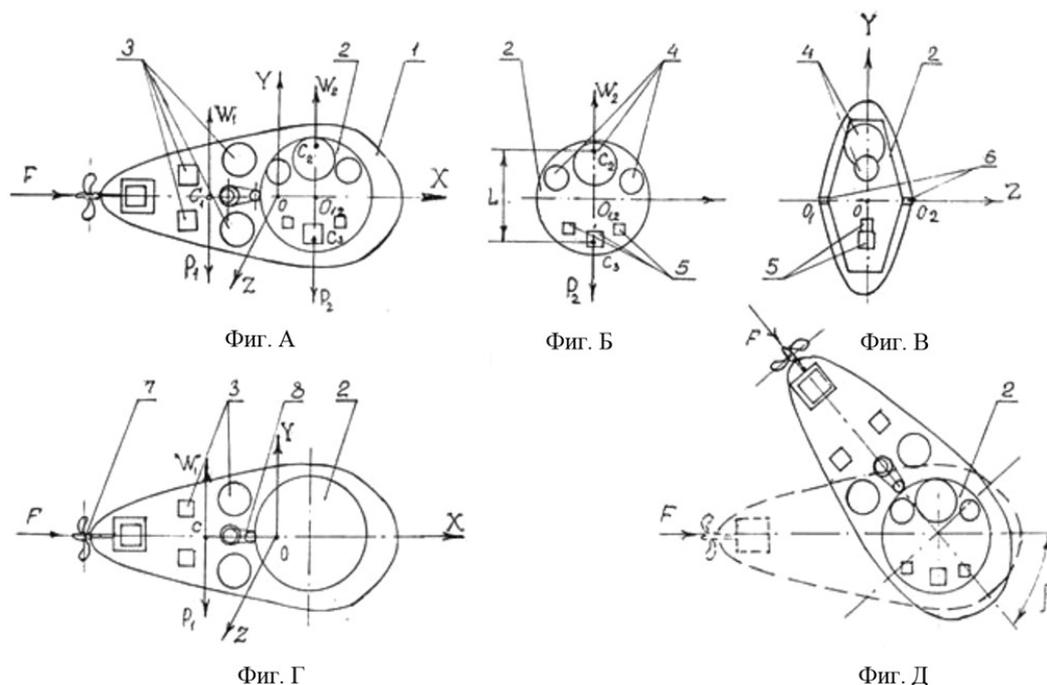


Рис. 1. Цифровые обозначения 1–8 – элементы внутренней конструкции, буквенные обозначения указывают на оси координат и строительные оси аппарата, а также на вес и объем

Такой способ проектирования пригоден для автономных аппаратов, так как вариант кабельной связи резко ухудшает управляемость аппарата за счет гидравлического воздействия кабеля. Рассмотренные аппараты способны работать дистанционно на дальних границах шельфа или в окрестностях судна-обеспечения. Поэтому, как правило, шельфовые аппараты являются привязными телеуправляемыми и не испытывают проблем с энергопитанием.

Разумеется, для привязных аппаратов важной является ориентация главных строительных осей аппарата с тем, чтобы метациентр и центр тяжести находились постоянно на одной вертикали, т.е. силы тяжести и метациентрическая высота образовывали стабилизирующую пару сил, что позволяет адекватно позиционировать подводный аппарат. Это значительно упрощает требования к технике управления. Известно, что смысл привязного телеуправляемого аппарата в том, чтобы находиться как можно ближе к исследуемому объекту, другими словами, иметь визуальный контакт с объектом исследования. Для этого необходимо иметь остойчивость, т.е. иметь максимальное расстояние между центром величины и центром тяжести. В классе привязных аппаратов роль гравитации, точнее силы тяже-

сти, сводится к формированию вертикальной ориентации равнодействующей всех массовых сил, составляющих конструкцию. Это и есть задача и метод остойчивости. Со времен, когда великий изобретатель-ученый Архимед сформулировал свой закон, и до Ньютона, люди пользовались им 4,5 века, не особо задумываясь, почему это так, а не иначе. И только великий Ньютон объяснил с позиции физики и математики, что такое закон Архимеда, введя понятие (определение) силы.

Кроме весьма распространенных привязных – телеуправляемых аппаратов, существует огромный методологический класс аппаратов сканирующих океанскую толщу и диагностирующих состояние водной массы на разных горизонтах и аппаратов, измеряющих гидрологические, гидрохимические свойства воды в конкретной точке акватории во времени. Этот класс аппаратов представляет собой буйковые станции. Они, как правило, вынуждены иметь собственные приборные запасы энергии. Весьма заманчивым является использование гравитационной энергии для перемещения по вертикали, особенно на большие глубины. Поэтому изыскание возможностей использования природных источников энергии, весьма желательно. Учитывая, что

наш мир переполнен гравитационной энергией и люди, в меру своего понимания, всю жизнь пытались её использовать и использовали сначала в водяных мельницах, а затем в гигантских гидроэлектростанциях, да и ветровая электроэнергетика имеет ту же природу. Известны примеры использования этой энергии и в океанологии: – глайдеры (например, модель SLOCUM, авторы Генри Сторммель и Doug Webb и др.) [4] Авторы аппарата используют способ управления водоизмещением аппарата, содержащего термочувствительный элемент на основе парафина – теплоёмкости его фазовых переходов (рекристаллизации), который при нагревании увеличивает объем. В результате, изменяется водоизмещение глайдера. Таким образом, аппарат может погружаться, нагреваясь в поверхностных слоях акватории до температуры окружающей воды. Погружаясь, аппарат охлаждается и изменяет свой совокупный удельный вес и всплывает на поверхность, где, нагреваясь, увеличивает свой удельный вес и снова погружается. Самое интересное в нем то, что для совершения этой работы используется гравитационная энергия Земли. Практически, аппарат может работать бесконечно.

Аналогичный предыдущему [4] принцип заложен в «Способ передвижения по вертикали подводного аппарата, использующий управление объемом переменного водоизмещения» с помощью низкокипящей жидкости [5]. Гравитационная энергия тела, помещенного в жидкость, определяется не только его массой или его сухим весом, но и силой Архимеда, которая определяет его водоизмещение. Управлять плавучестью тела можно либо изменяя его массу, либо изменяя его водоизмещение. Поскольку изменение массы практически невозможно, так как означает просто ее потерю, то единственное это – изменять водоизмещение, хотя часть гидравлической энергии рассеивается в окружающую водную среду, в которой движется аппарат – тело переменного объёма. Способ отличается ещё и тем, что рассеянная энергия может быть частично реинтегрирована вторичным преобразователем (например, через импеллер в зоне обтекания). В действительности, это аналогично изменению совокупного удельного веса всего аппарата.

Способ реализуется, как показано на рис. 2. Здесь вариант схематичной конструкции подводного аппарата управляемого водоизмещения, где 1 – это прочный цилиндрический корпус аппарата, в котором может двигаться шток-поршень 2 (водоизмещающие подвижные части подводного аппарата) и давить

на жидкость 3 – (технологическое масло), «передавливая» его в эластичный упругодеформируемый резервуар 4 через управляемый клапан разгрузки 5. В полость между стенкой корпуса 1 и штоком-поршнем 2 помещена низкокипящая жидкость 6, в которой смонтирован электронагреватель 7, подключенный кабелем 8 к солнечным батареям 9, обращенным к солнцу, когда аппарат достигает поверхности. Электроэнергия, получаемая от батарей, нагревает низкокипящую жидкость до кипения, производя равновесный парогаз 10, давление которого соответствует температуре кипения. Это давление через управляемый клапан разгрузки 5 перемещает шток-поршень вверх, выдавливая масло 3 через управляемый клапан разгрузки 5 в эластичный резервуар 4, с наружной стороны которого находится рабочий газ 11, аккумуляторный давление, начальное (заправочное) давление которого соответствует горизонту погружения. При этом шток-поршень 2 втягивается в прочный цилиндр 1.

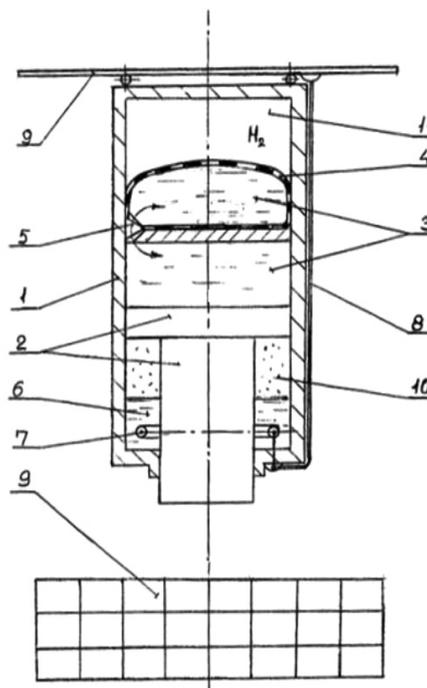


Рис. 2. Вариант схемы способа управления водоизмещением с помощью изменения объема жидкости, подогреваемой за счет солнечной энергии

В результате общий водоизмещающий объем аппарата уменьшается и он начинает погружаться, при этом клапан 5 закрывается, а шток-поршень фиксируют в верхнем положении. Следует заметить, что низкокипящая жидкость 6 входит в номенкла-

туру промышленных хладагентов [6], довольно большого числа фреонов и других низкокипящих жидкостей, включая сжиженные газы, в том числе CO_2 , насыщенный пар которого обладает довольно высокой упругостью.

Проектная плавучесть аппарата рассчитана так, что если шток-поршень полностью «втянут» в цилиндр, то аппарат имеет отрицательную плавучесть, а при полностью «выдвинутом» – положительную плавучесть. При достижении заданного горизонта освобождают шток-поршень и открывают клапан 5, тогда аккумулирующий рабочий газ П, сжатый давлением пара газа в процессе его образования, начнет перемещать своим давлением масло 3 в полость поршня, перемещая при этом шток-поршень наружу, увеличивая водоизмещение аппарата, и он начнет всплывать. Поднявшись до поверхности моря, солнечные батареи снова начнут вырабатывать электричество и включают нагреватели низкокипящей жидкости. Процесс будет повторяться неограниченное число циклов, пока имеется солнечный свет. Весь процесс управляется микроконтроллером, выполняющим измерения, для которых предназначен аппарат, регистрирует их в памяти или передает через ГЛОНАС.

Выводы

Таким образом, показана возможность использования гравитационной энергии с помощью природной возможности низкокипящих жидкостей.

Способ может быть реализован и другим устройством [7], близким к показанному на рис. 3 или иным, сохраняющим энергетическую функциональность и принцип управления водоизмещением, как в [5].

Здесь гравитационная энергия аккумулируется в энергию упругой деформации, которая возвращается в следующей фазе в движение аппарата. Аккумулятор упругости может быть изготовлен на основе качественной стальной пружины, подпирающей шток-поршень. Низкокипящую жидкость 2 помещают во внутреннюю полость между шток-поршнем 3 и стенкой прочного цилиндра 1 и нагревают электронагревателями 4, которые расположены во внутреннем объеме низкокипящей жидкости, от солнечных [8] батарей 5, которые размещаются на верхней панели аппарата, что они раскрываются на поверхности моря – в верхней точке вертикальной траектории аппарата (вид а) и б)) и воспринимают солнечный свет, вырабатывая электроэнергию, с помощью которой и нагревают низкокипящую жидкость, где фиг. 2, а, показана в разрезе. При достижении достаточной температуры для ее испарения и достижения равновесного давления до расчетного, согласно графику и выбранному рабочему телу в [5], так, что давление на шток-поршень снизу достигает величины, достаточной для сжатия возвратной пружины 6 [9] и перемещения шток-поршня в крайнее верхнее положение – Фиг. 2, а). В верхнем положении, чтобы сохранить неизменной величину минимального водоизмещения для погружения аппарата, когда водоизмещение минимально, шток-поршень фиксируют и удерживают фиксатором 7 (который является также управляемым клапаном разгрузки) (Фиг. 2, б). Так как температура воды меняется в зависимости от акватории, глубины и времени года, что вызывает конденсацию, а следовательно, и изменение давления пара газа и возможную подвижку шток-поршня.

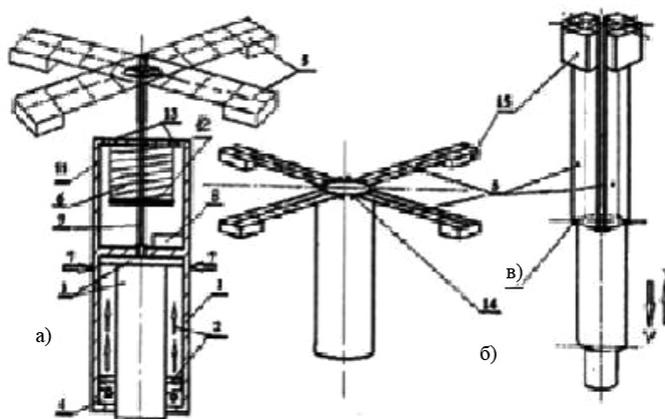


Рис. 3. а) и б) показана схематично цилиндрическая конструкция устройства переменного водоизмещения 1 для реализации способа в двух видах действия способа: видах а) в разрезе, б) на поверхности воды, а при погружении или всплытии в толще воды – в)

Величина управляемого водоизмещения определяется объемом выдвигаемой части штока: $\Delta V = L \times D^2 \pi / 4$, где L – выход штока и его диаметр D . Задачу удержания объема ΔV выполняют с помощью фиксаторов 7, управляемых микроконтроллером 8.

Механические устройства: кронштейны, держатели батарей и другие механические изделия – могут быть изготовлены из любого материала, коррозионноустойчивого к механическим нагрузкам и морской воде, чаще всего в океанологической технике используют сплав АМГ-6 [10].

Для изготовления прочных корпусных деталей позиций 1 (рис. 2 и рис. 3) могут быть использованы стали марок AISI 304 и российский аналог согласно ГОСТ марки 08Х18Н10 [11].

В заключение, ветер и волны, ураганы, мельницы и гидроэлектростанции, даже страшные землетрясения – это ещё не самые максимальные проявления сил гравитации!

Список литературы

1. «Арго» в России, научный координатор Данченков М.А. [Электронный ресурс]. URL: http://rus.ferhri.ru/argo/General/rus_ARGO.htm (дата обращения: 15.11.2019).
2. Татаренко Е.И., Смирнов В.Д. Опыт разработки и создания подводных аппаратов с гидродинамически-

ми принципами движения. International Conference on Subsea Technologies, SubSeaTECH2014, June 2-5, 2014, Saint-Peterburg, Russia.

3. Комаров В.С., Комаров П.В. Способ обеспечения управляемости подводного аппарата // Патент РФ № 2421372. Патентообладатель ИО РАН им. П.П. Ширшова. 2011 г. Бюл. № 24.
4. Глайдер «Слокум» [Электронный ресурс]. URL: <https://m.oborudunion.ru/slokum-glyayder-podvodnyuy-apparat-1000980779> (дата обращения: 15.11.2019).
5. Комаров В.С., Птицына Н.Б. Способ передвижения по вертикали подводного аппарата, использующий управление объемом переменного водоизмещения // Патент РФ № 2664613. Патентообладатель ИО РАН им. П.П. Ширшова. 2018 г. Бюл. № 24.
6. Холодильное оборудование от «Ксирон – холод». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.xiron.ru> (дата обращения: 15.11.2019).
7. Комаров В.В., Птицына Н.Б. Устройство для реализации способа передвижения по вертикали подводного аппарата за счет солнечной энергии, использующее управление его плавучестью // Патент РФ № 266570. Патентообладатель ИО РАН им. П.П. Ширшова. 2018 г. Бюл. № 21.
8. Солнечные энерго-источники. [Электронный ресурс]. URL: <https://altenergiya.ru/sun/mnogoobrazie-vidov-solnechnyx-panelej.html> (дата обращения: 15.11.2019).
9. Пружины сжатия – СТАМО. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stamo.ru/sites> (дата обращения: 15.11.2019).
10. ГОСТы Алюминий-магниевых сплавов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.splav-kharkov.com> (дата обращения: 15.11.2019).
11. ГОСТы легированных сталей. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mpstar.ru> (дата обращения: 15.11.2019).

УДК 621.317.1

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**Лютаревич А.Г., Лейнерт В.В., Соколов Д.С.***ФГОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск,
e-mail: l.alexander@inbox.ru*

Проблемы, связанные с качеством электрической энергии в энергетической сети, не теряют своей актуальности в настоящее время. Требования к качеству электроэнергии постоянно возрастают в связи с усовершенствованием электроприёмников и увеличением их чувствительности к искажениям и помехам. Для контроля и мониторинга качества электрической энергии требуется использование различных методов измерения. Актуальность работ в области повышения качества электроэнергии подтверждается на государственном уровне. Целью данного исследования является проведение обзора методов контроля показателей качества электроэнергии, используемых в современных средствах измерения. В данной работе была проведена классификация методов, которая разделяет их на четыре основные категории: контроль амплитуды напряжения, контроль частоты питающей сети, контроль несимметрии и контроль несинусоидальности. В процессе исследования были рассмотрены работы учёных, описывающих различные методы, а также их математическое представление и преимущества по сравнению с аналогичными методами. По результатам данного исследования был сделан вывод о том, что наиболее оптимальным методом контроля можно считать методы, основанные на вейвлет-преобразовании, так как они позволяют значительно сократить объём передаваемой информации о параметрах режима электроэнергетической системы. Что в значительной степени удовлетворяет принципам построения системы мониторинга качества электрической энергии в рамках реализации интеллектуальных энергосистем.

Ключевые слова: качество электроэнергии, методы контроля, несимметрия, несинусоидальность, частота, амплитуда

ANALYSIS OF METHODS OF POWER QUALITY CONTROL**Lyutarevich A.G., Leynert V.V., Sokolov D.S.***Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: l.alexander@inbox.ru*

Problems related to the quality of electric energy in the energy network do not lose their relevance at the present time. Requirements for the quality of electricity are constantly increasing due to the improvement of power receivers and an increase in their sensitivity to distortion and interference. To control and monitor the quality of electrical energy requires the use of various measurement methods. The relevance of work in the field of improving the quality of electricity is confirmed at the state level. The purpose of this study is to conduct a review of methods for monitoring electric power quality indicators used in modern measuring instruments. In this paper, a classification of methods has been given, which divides them into four main categories: voltage amplitude control, power supply frequency control, asymmetry control, and non-sinusoidality control. During the study, the work of scientists describing various methods, as well as their mathematical representation and advantages compared to similar methods, were examined. Based on the results of this study, it was concluded that the methods based on the wavelet transform can be considered the most optimal control methods, since they can significantly reduce the amount of information transmitted about the parameters of the regime of the electric power system. That largely satisfies the principles of building a system for monitoring the quality of electric energy in the implementation of smart grid.

Keywords: power quality, control methods, asymmetry, non-sinusoidality, frequency, amplitude

Ежегодно количество потребляемой электроэнергии стремительно увеличивается. Электрическая энергия на данный момент оказывает непосредственное влияние на повседневную жизнь, так как является наиболее универсальным видом энергии, которую можно преобразовать в механическую, тепловую, химическую и другие виды энергии. Рост потребляемой электроэнергии прямо пропорционально связан с увеличением числа электроприёмников. Современные технологические процессы, разрабатываемые и уже используемые электроприёмники обладают повышенной чувствительностью к искажениям и помехам в электрической сети. Требования, предъявляемые к качеству электрической энергии, регулируются государственными стандартами, принятыми в нашей стране [1–3].

Обеспечение потребителей качественной электрической энергией является одной из приоритетных целей развития науки Российской Федерации [4, 5]. Таким образом, вопросы контроля и мониторинга качества электрической энергии становятся наиболее актуальными. В настоящее время контроль качества электроэнергии осуществляется с помощью специальных стационарных и портативных приборов – анализаторов качества электроэнергии, установленных в пунктах контроля. Работа анализаторов основана на существующих методах контроля показателей качества электрической энергии. Совершенствование уже существующих и нахождение новых методов контроля качества на данный момент является актуальным направлением исследования в электроэнергетике, так как

имеется постоянная необходимость в повышении точности получаемых результатов при проведении контроля и мониторинга, что, в свою очередь, является основой для внедрения современных инновационных технологий и создания интеллектуальных энергосистем [4].

Цель исследования: выбор наиболее оптимального метода контроля показателей для построения системы мониторинга качества электрической энергии в рамках реализации интеллектуальных энергосистем на основе метода сравнения.

Результаты исследования и их обсуждение

Выбор необходимого метода в том или ином случае является одним из основополагающих моментов в процессе контроля и мониторинга качества электроэнергии. Исследованиями методов контроля качества электроэнергии занимались С.В. Ершов, В.М. Артюшенко, Д.Е. Дулепов и многие другие учёные [6–8]. Кроме того, подробная классификация методов контроля показателей качества электрической энергии рассмотрена в [9]. Данные методы контроля показателей качества электроэнергии можно разделить на четыре основные группы: контроля амплитуды напряжения, контроля частоты, контроля несинусоидальности, контроля несимметрии. Пол-

ная классификация методов представлена на рисунке.

Методы контроля показателей качества электроэнергии основаны на математических вычислениях разного вида, таких как вейвлет-преобразование, преобразование Фурье, интегральные вычисления и т.д. Рассмотрим подробнее методы, приведённые выше.

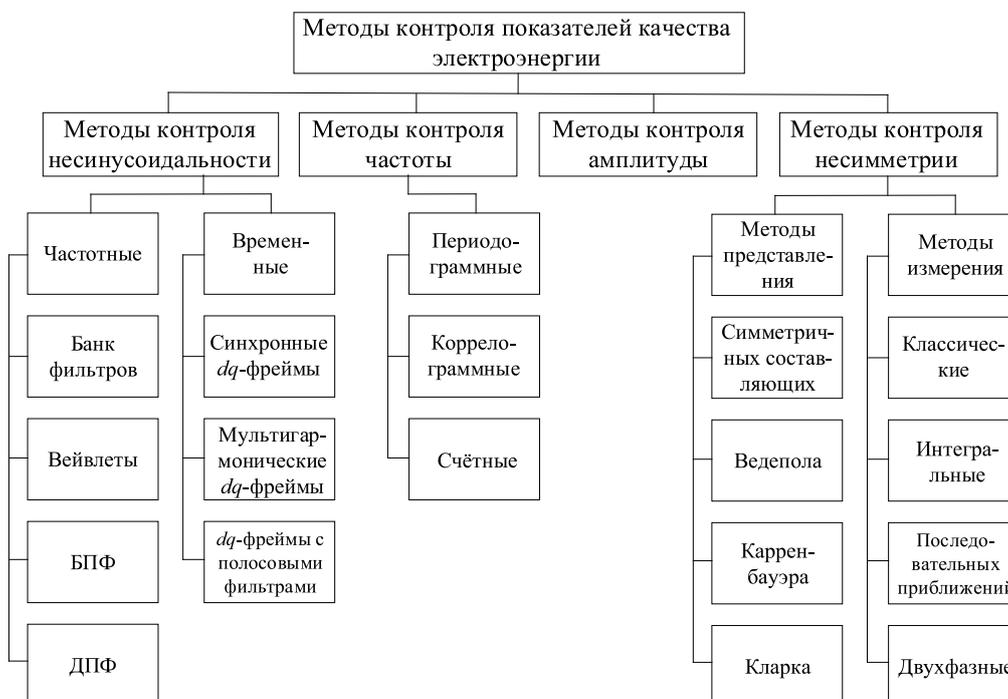
Метод контроля амплитуды напряжения заключается в определении амплитуды напряжения. Под амплитудным значением напряжения подразумевается максимальное, мгновенное значение напряжения, то есть в том случае, когда синусоида переменного напряжения достигает наибольшего значения. Амплитудное значение напряжения U_m определяется по следующей формуле

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U, \quad (1)$$

где U – действующее значение напряжения, которое можно определить как

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}. \quad (2)$$

Измерение амплитуды напряжения даёт нам возможность оценить отклонения напряжения в тот или иной момент времени.



Классификация методов контроля показателей качества электроэнергии

Методы контроля частоты

Контроль частоты питающего напряжения осуществляется с помощью трех основных методов: периодограммный метод, коррелограммный метод и счётный метод.

Периодограммный и коррелограммный методы представляют собой методы спектрального анализа, благодаря которым можно описать частотный состав измеряемого сигнала. Указанные методы относятся к классическим методам оценки спектральной плотности мощности [10]. Работа каждого из них основана на преобразовании Фурье, связывающем временной или пространственный сигнал с его представлением в частотной области.

Периодограммный метод (прямой метод) представляет собой преобразование Фурье отсчетов сигнала, а оценка частоты основной гармоники определяется местоположением максимума амплитудного спектра. В основе его вычисления лежит квадрат модуля преобразования Фурье для бесконечной последовательности данных

$$S(f) = \frac{T}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-j2\pi fnT) \right|^2, \quad (3)$$

где N – количество отсчетов, T – интервал отсчетов.

В коррелограммном методе (косвенном методе) сначала находят автокорреляционные функции сигнала, её преобразование Фурье и оценку частоты основной гармоники производят по расположению максимума амплитудного спектра автокорреляционной функции. Расчет производится по следующей формуле:

$$S(f) = T \sum_{m=-\infty}^{\infty} r[m] \exp(-j2\pi fmT), \quad (4)$$

где $r[m]$ – автокорреляционная функция сигнала.

Оба вышеперечисленных метода являются сложными с вычислительной точки зрения и обладают высокой загруженностью. Загруженность показывает количество математических операций и характеризуется выражением $2 \log 2N$, где N – это количество обрабатываемых отсчетов. Стоит отметить, что при равных условиях наблюдения, точность коррелограммного метода в два раза выше, чем периодограммного.

Счётный метод является менее универсальным по сравнению с коррелограммным и периодограммными методами, так как он применим к узкому диапазону частот, но обладает меньшей вычислительной сложностью и загруженностью. Реализация

данного метода построена на этапах фильтрации и поиска переходов с дальнейшей оценкой. Для фильтрации применяются цифровые фильтры, благодаря которым уменьшается сложность вычислений и загруженность метода. В этом случае точность метода определяется качеством (порядком) фильтра и размером окна наблюдения. Один из таких методов приведён в [11].

Методы контроля несинусоидальности имеют большую разновидность. В первую очередь они делятся на частотные и временные методы. К частотным относятся такие методы, как вейвлет-преобразование, банк фильтров и разновидности преобразования Фурье: быстрое и дискретное. Временные методы делятся на синхронные dq -фреймы, мультигармонические dq -фреймы и dq -фреймы с полосовыми фильтрами.

Метод банка фильтров [12] применяется для обеспечения быстрой работы с большими массивами данных. В основе метода лежит применение цифровых фильтров, представляющих собой частотно-избирательную цепь из однотипных полосовых фильтров. Эти фильтры разбивают входной сигнал на несколько подканалов и производят выборку цифровых сигналов по частоте, тем самым осуществляя фильтрацию. Полосовые фильтры получают благодаря набору фильтров низких частот со сдвигом их входного сигнала. Это позволяет получить дискретное преобразование Фурье, на котором основана работа банка фильтров

$$X(k, t) = \sum_{i=0}^{K-1} x(t-i) \exp\left(-\frac{-j2\pi k}{K} i\right). \quad (5)$$

Но данный метод имеет некоторые недостатки, например растекание амплитудно-частотной характеристики в боковые лепестки, наложение соседних каналов и «эффект частотокола».

Вейвлет-преобразование представляет собой разложение сигнала по системе вейвлетов – функций, каждая из которых является сдвинутой и масштабируемой (сжатой или растянутой) копией порождающего вейвлета [13]. Фундаментальными (классическими) вейвлет-преобразованиями являются непрерывное и дискретное преобразования. В свою очередь они делятся на прямые и обратные. В общем виде формула вейвлет-преобразования имеет вид

$$F(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \Psi_{a,b}^*(x) dx. \quad (6)$$

Главным преимуществом по сравнению с преобразование Фурье для вейвлетов является то, что вейвлет-преобразование

представляет собой частотно-пространственный анализ сигнала, тогда как преобразование Фурье представляет сигнал только в виде синусов и косинусов, являясь частотным анализом. Например, с помощью вейвлетов можно определить особенность сигнала и точку, в которой эта особенность расположена.

Кроме того, математический аппарат вейвлет-преобразования наилучшим образом подходит для анализа и мониторинга качества электрической энергии в динамических режимах работы электроэнергетических систем.

Под преобразованием Фурье [14] подразумевается операция, которая сопоставляет функции одной вещественной переменной к другой функции вещественной переменной. Эта новая функция описывает коэффициенты («амплитуды») при разложении исходной функции на элементарные составляющие – гармонические колебания с разными частотами. В практическом применении наибольшей популярностью пользуется быстрое преобразование Фурье. С помощью быстрого преобразования Фурье происходит реализация дискретного преобразования Фурье. Формула прямого дискретного преобразования Фурье выглядит следующим образом

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right), k = 0 \dots N-1. \quad (7)$$

Дискретное преобразование Фурье применяется для вычисления спектра функций, заданных таблицей либо графиком. Также оно применяется для нахождения выходного сигнала фильтра по известному входному сигналу с заданной частотной характеристикой.

Временные методы контроля несинусоидальности представляют собой преобразование трёхфазной системы координат abc в двухфазную ортогональную (прямоугольную) систему координат dq , вращающейся с угловой скоростью. Один из таких методов, а именно метод синхронных dq -фреймов представлен в [15].

Методы контроля несимметрии

Методы представления несимметрии описываются методом симметричных составляющих и различными преобразованиями, такими как преобразование Кларка, преобразование Ведыпола, преобразование Карренбауэра и другими. Наиболее популярным является метод симметричных составляющих [16], так как симметричные режимы электрооборудования представлены только вектором прямой последовательно-

сти, тогда как обратный и нулевой векторы имеют нулевое значение. В случае, если обратный и нулевой векторы имеют ненулевое значение, тогда речь идёт о несимметричном режиме. Например, преобразование Кларка [17], которое осуществляет переход от трёхфазной системы координат к двухфазной ($abc-\alpha\beta$), является более простым по сравнению с методом симметричных составляющих, так как оно даёт возможность проводить измерения при изменении частоты сети, легко идентифицировать вид короткого замыкания, а также позволяет достаточно просто определять симметричные составляющие, сформированные высшими гармониками. К методам измерения несимметрии относятся классический и интегральный методы, метод последовательных приближений и двухфазный метод.

Некоторые из вышеперечисленных методов контроля показателей качества электроэнергии успешно реализованы в программном обеспечении современных стационарных и переносных средствах измерения показателей качества электроэнергии. Другие методы применяются для реализации систем управления различных технических средств [18, 19].

В связи с растущей ролью электроэнергии в нашей жизни и ужесточением требований к качеству электрической энергии, потребляемой электроприёмниками, необходимо принимать меры по контролю параметров электроэнергии. Одной из таких мер является совершенствование и создание методов контроля показателей качества электрической энергии. В данной статье была рассмотрена классификация методов, которая наиболее полным образом отображает текущее состояние исследуемого вопроса о методах контроля качества электроэнергии. Можно утверждать, что существующие на данный момент методы позволяют в полной мере оценить качество электрической энергии.

Также в связи с постоянно растущим интересом к цифровым подстанциям в последние годы активно ведутся разработки новых методов анализа электрических сигналов на основе перспективных математических аппаратов. Поэтому и возникает необходимость в разработке новых алгоритмов, которые могли бы осуществлять цифровую обработку электрических сигналов именно программными способами, без применения дополнительных аппаратных средств.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования определено, что наибо-

лее оптимальными методами контроля можно считать методы, основанные на вейвлет преобразовании, так как они позволяют значительно сократить объем передаваемой информации о параметрах режима электроэнергетической системы. Что в значительной степени удовлетворяет принципам построения системы мониторинга качества электрической энергии в рамках реализации интеллектуальных энергосистем.

Список литературы

- ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. [Электронный ресурс]. URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=184246> (дата обращения: 11.11.2019).
- ГОСТ 33073-2014. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2015. 41 с.
- ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. М.: Стандартинформ, 2014. 51 с.
- Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации : утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р; в ред. постановления Правительства Рос. Федерации от 29 ноября 2017 г. № 2664-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2017. № 49, ст. 7526. С. 21027–21029.
- Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» : утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 15 апреля 2014 г. № 321; в ред. постановления Правительства Рос. Федерации от 30 марта 2018 г. № 371 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2018. № 15 (часть III), ст. 2138. С. 6673–6760
- Ершов С.В., Шалимов Д.В. Методы и средства контроля нелинейных искажений в электрических сетях // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 12. С. 88–92.
- Артюшенко В.М., Аббасова Т.С. On-line расчет показателей качества электроэнергии // Мир транспорта. 2013. № 2. С. 18–23.
- Дулепов Д.Е., Тюндина Т.Е. Расчет несимметрии на напряжений СЭС // Вестник НГИЭИ. 2015. № 4. С. 35–42.
- Чижма С.Н. Совершенствование методов и средств контроля качества электроэнергии и составляющих мощности в электроэнергетических системах с тяговой нагрузкой: дис. ... докт. техн. наук: 05.14.02. Омск, 2014. 367 с.
- Какора В.А., Гринкевич А.В. Комбинированный метод спектрального оценивания при получении сверхразрешения по частоте // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2018. № 8. С. 63–70.
- Куликов А.Л., Фальшина В.А. Упрощенная адаптивная цифровая фильтрация электрических сигналов в условиях изменения частоты // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 1–2. С. 57–68.
- Каплун Д., Канатов И., Азаренков Л. Банк цифровых фильтров // Компоненты и технологии. 2007. № 10 (75). С. 156–161.
- Osipov D.S., Lyutarevich A.G., Gapirov R.A., Gorunov V.N., Bubenichikov A.A. Applications of wavelet transform for analysis of electrical transients in power systems: The review. *Przeglad Elektrotechniczny*. 2016. Vol. 92. Issue 4. P. 162–165. DOI: 10.15199/48.2016.04.35.
- Блейхут Р. Алгоритмы быстрой обработки сигнала. М.: Мир, 1989. 448 с.
- Suru C.V., Patrascu C.A., Linca M. The Synchronous-fundamental dq frame theory implementation and adaptation for the active filtering. 2014 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE). Conference Paper. 2014. DOI: 10.1109/ICATE.2014.6972654.
- Губский А.Б., Камарзаев Т.Р. О некоторых особенностях метода симметричных составляющих // Международная научно-техническая конференция молодых ученых им. В.Г. Шухова (Белгород, 01–20 мая 2017 г.). Белгород: Издательство Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2017. С. 4872–4976.
- Clarke E. *Circuit Analysis of A-C, Power Systems, Volume I Symmetrical and Related Components*. John Wiley and Sons, 1943.
- Лютаревич А.Г., Долингер С.Ю., Панкрац Т.В., Жданова В.А. Основные подходы реализации системы управления устройствами FACTS с учетом оптимизации режима электрической системы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11–2. С. 203–206.
- Долингер С.Ю., Лютаревич А.Г. Применение вейвлет-анализа для определения показателей качества электрической энергии // Омский научный вестник. 2010. № 1 (87). С. 136–140.

УДК 004.771

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ ВИРТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧИХ СТОЛОВ

Таров Д.А., Тарова И.Н.

*ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец,
e-mail: tarov1970@rambler.ru, inesstarova@rambler.ru*

Данная статья посвящена вопросу обеспечения безопасности информационной среды организации при виртуализации рабочих столов рабочих мест сотрудников. Виртуализацию рабочих столов авторы трактуют как возможность дистанционного их использования сотрудниками под контролем системного администратора, отвечающего за информационную безопасность. По мнению авторов, актуальной является проблема нестабильного функционирования рабочих столов сотрудников вследствие возможного несанкционированного доступа к различным сегментам информационной среды организации и могущего повлечь повреждение или утрату данных, перегруженность каналов, а также программно-аппаратные сбои, возникающие из-за работы вредоносного программного обеспечения, что требует реализации комплекса мер по защите и копированию конфиденциальных данных и поддержанию стабильной работы системы. В статье затрагивается проблема несоответствия должностных обязанностей пользователей их профессиональной деятельности, возникающая из-за того, что пользователь, кроме исполнения своих непосредственных профессиональных обязанностей, вынужден нести долю ответственности за информационную безопасность среды. Рассматриваются различные технологии, обеспечивающие безопасность сетевых подключений и защиту конфиденциальной информации. Авторы выделяют категории лиц, потенциально представляющих угрозу безопасности информационной среды организации, и предлагают профилактические меры, направленные на нейтрализацию этих угроз, среди которых новые пункты должностных обязанностей системных администраторов.

Ключевые слова: информационная среда организации, информационная безопасность, виртуализация рабочих столов

ORGANIZATION INFORMATION SECURITY AT VIRTUALIZATION OF DESKTOPS

Tarov D.A., Tarova I.N.

Bunin Yelets State University, Yelets, e-mail: tarov1970@rambler.ru, inesstarova@rambler.ru

This article is devoted to the issue of ensuring the security of the information environment of an organization during virtualization of desktops of workplaces of employees. The authors interpret desktop virtualization as an opportunity to remotely use their employees under the control of a system administrator responsible for information security. According to the authors, the urgent problem is the unstable functioning of employee desktops due to the possible unauthorized access to various segments of the organization's information environment and which could lead to data damage or loss, channel congestion, as well as hardware and software failures that arise due to the operation of malicious software, which requires the implementation of a set of measures to protect and copy confidential data and maintain stable operation of the system. The article addresses the problem of inconsistency of the duties of users of their professional activities, arising from the fact that the user, in addition to performing his immediate professional duties, is forced to bear a share of responsibility for the information security of the environment. Various technologies that ensure the security of network connections and the protection of confidential information are considered. The authors identify the categories of persons potentially posing a threat to the security of the organization's information environment and propose preventive measures aimed at neutralizing these threats, including new items in the duties of system administrators.

Keywords: organization's information environment, information security, desktop virtualization

Сокращение расходов на работу офисов и организаций в наше время является весьма животрепещущей темой. Существует множество решений, позволяющих минимизировать траты, но в нашей работе мы коснемся одной из них, а именно: перевод сотрудников на удаленную работу посредством механизмов виртуализации работы офиса. Однако охватить все стороны виртуализации в одной работе представляется затруднительным, поэтому мы рассмотрим лишь один аспект – виртуализацию рабочих столов.

Рабочим столом является главное окно графического пользовательского интерфейса, в том числе и элементы, добавляемые самой средой. Кроме того, отдельные сре-

ды, например среда операционной системы MS Windows, среды, основанные на предписаниях группы freedesktop.org, такие как GNOME, KDE могут считать рабочим столом также и каталоги файловых структур. Как элемент рабочего стола, в отдельных случаях, может считаться и панель задач.

Вышеизложенное позволяет трактовать виртуализацию пользовательского рабочего стола как использование облачных решений и виртуальных машин для обеспечения его удаленной работы, контролируемой системой.

Отметим основные преимущества виртуализации рабочих столов:

– повышение отказоустойчивости и безопасности всей системы;

- обеспечение эффективного мониторинга информационной среды организации;
- обеспечение возможности дистанционной работы сотрудников;
- экономия средств организации на закупке и последующей модернизации аппаратного обеспечения.

Исходя из рассматриваемого вопроса, обязанности администратора связаны с обеспечением безопасности информационной среды организации и включают следующее:

- поддержка электронной почты и учетных записей;
- архивация данных, контроль состояния архивов;
- контроль безопасности информационной среды организации;
- ведение и контроль журнала действий.

Цель исследования: поиск технических и организационных путей обеспечения отказоустойчивости и безопасности информационной среды при организации дистанционной работы сотрудников под контролем системного администратора.

Материалы и методы исследования

Базой исследования выступает информационная среда ФГБОУ ЕГУ им. И.А. Бунина, функционирующая на основе совокупности локальных подсетей, объединенных в единую информационную систему университета. Исследование носит описательный и сравнительный характер.

Различные сочетания таких утилит, как например, Veeam Business View, Veeam Reporter Monitor со средствами MS Windows позволяет системному администратору осуществлять контроль виртуальных машин, подключенных к кластеру организации в режиме реального времени. Текущий статус отчетов системы осуществляется посредством Microsoft Report Viewer 2018. В качестве альтернативы можно предложить YARG. Для экономии средств можно воспользоваться триальными версиями указанных утилит, обеспечивающими мониторинг системы и оповещение средствами sms и электронной почты. Следует заметить, что в данном случае экономия средства на лицензиях программного обеспечения, неизбежно снижает надежность системы из-за сниженного функционала триальных версий. Кроме того, следует учитывать значительные нагрузки на аппаратные компоненты информационной среды, создаваемые вышеуказанными программами. Например, рекомендуемый объем ОЗУ backup-сервера, как показывает опыт, должен превышать 4Гб. Выходом может быть переход на утилиты, относящиеся к свободному программному обеспече-

нию, такие как OpenNMS, Zabbix, Cacti или Nagios, с которыми имеется значительный положительный опыт работы.

Особое внимание следует уделить установке оптимального уровня конфиденциальности, обеспечивающего баланс между доступностью информационной среды для пользователей, с одной стороны, и ее защищенностью – с другой. Квалифицированный персонал может достаточно просто добиться этого как средствами браузера, так и встроенными средствами операционной системы [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Комплекс аппаратных и программных средств, на базе которых функционирует информационная среда организации, является отказоустойчивым, если обеспечена возможность бесперебойной работы всей системы. К сожалению, это в настоящее время является недостижимым идеалом, поэтому следует исходить лишь из некоторой ее степени, которую можно вычислить следующим образом:

$$A = (F - (D + R))/F,$$

где A – отказоустойчивость всей системы, F – время устойчивой работы, D – время реакции системы на программный или аппаратный сбой, R – время, необходимое для нормализации системы [2].

Констатируем, что сейчас показателем отказоустойчивости любых рабочих столов является таковая характеристика виртуальных машин, в состав которых они входят [3]. Рассматривая стабильность функционирования рабочих столов и всей информационной среды в целом, лучше опираться на понятие «решение высокой доступности», т.е. показатель информационной системы, характеризующий способность системы противостоять отказам в обслуживании запросов посредством контроля программно-аппаратных сбоев и минимизации времени плановых простоев: виртуальные машины аварийных сегментов сети будут в режиме реального времени распределены между сегментами, сохраняющими устойчивость, что позволит не потерять данные аварийных машин и продолжить их обработку. Необходимо учитывать время, которое потребуется системе для переноса виртуальных машин из аварийного сегмента, зависящее от качества аппаратных ресурсов.

Актуальной является проблема нестабильного функционирования рабочих столов сотрудников вследствие несанкционированного доступа к различным сег-

ментам информационной среды организации. Перегруженность сетевых каналов, технические сбои, доступность конфиденциальных данных и их утрата, возникающие из-за воздействия вредоносного кода, требуют разработки и осуществления комплекса правовых, организационных и технических мер, направленных на защиту конфиденциальных данных. К ним следует отнести регулярное обновление антивирусного программного обеспечения, архивацию данных на изолированных серверах, разработку и соблюдение правил доступа в помещения, в которых находятся рабочие места, имеющие подключение к закрытым сегментам сети, поддержание дисциплины на рабочих местах.

Виртуализация рабочих столов помогла снять проблему, возникающую из-за того, что сотрудники организации были вынуждены кроме исполнения своих непосредственных должностных обязанностей нести долю ответственности за информационную безопасность организации, связанную с настройкой и обслуживанием рабочих мест, что проблематично из-за, как правило, низкой квалификации обычного пользователя в IT-технологиях и малой эффективности регулярных инструктажей из-за высокой мобильности современных сетевых угроз. Виртуализация рабочих столов дала возможность перераспределения ответственности за информационную безопасность среды с обычных пользователей на системных администраторов, имеющих вполне достаточную квалификацию для нейтрализации угроз.

Существенным элементом обеспечения безопасности конфиденциальных данных является двухфакторная аутентификация, осуществляющаяся с помощью токенов, персональных смарт-карт и сертификатов, интегрированных в унифицированную систему управления доступом к различным сегментам информационной среды ЕГУ им. И.А. Бунина, что позволило значительно повысить ее защищенность.

Эффективным средством защиты информационной среды является использование технологии построения доверенного сеанса связи, которую можно реализовать как средствами MS Windows, так и сторонними средствами обеспечения изолированной программной среды, например, такими средствами защиты информации, как Secret Net, Dallas Lock 8.0-K и т.д., основанных на ключах, содержащих эталонный образ программной среды, включая операционную систему, а также настроенный P2P-клиент на основе Chrome Remote Desktop или какой-либо аналог. Подоб-

ные решения позволяют осуществлять не только идентификацию и аутентификацию пользователей, но и осуществлять централизованное управление, разграничивать права доступа, обеспечивать доверенные загрузки, производить аудит пользовательских действий и т.д.

Кроме вышеуказанной СПДС-технологии для защиты информационной среды широко применяются следующие технологии и их сочетания:

1. Терминальный режим:
 - дополнительное использование гипервизора;
 - использование полного стека сетевых протоколов;
 - возможность использования нулевого клиента.
 2. Защита передачи данных:
 - использование режима разделения ролей:
 - ведение журнала событий и работы BIOS;
 - использование протокола TLS.
 3. Режим администрирования удаленного рабочего стола:
 - использование технологии Intel Active Management Technology (AMT);
 - использование централизованного управления настройками удаленных рабочих столов, в том числе контроль сертификатов устанавливаемых программных продуктов;
 - использование удаленного управления тонкими клиентами и пользователями.
- Тем не менее использование СПДС-технологии, по сравнению с вышеуказанными, дает системному администратору ряд следующих преимуществ:
- аутентификация пользователя происходит по традиционной двухфакторной схеме, а именно: проверка пароля, предоставленного администратором, проводится при ограничении количества попыток его ввода, сетевые ресурсы организации предоставляются в соответствии с цифровым сертификатом, находящимся в удаленном хранилище. Компоненты приложений, отвечающие за аутентификацию пользователей, могут использоваться средой как дополнительным элементом защиты;
 - обеспечивается изоляция процессов, запущенных на удаленном рабочем столе в течение доверенного сеанса, т.к. загрузочный модуль среды блокирует запуск программного обеспечения, сертификаты которых не соответствуют сертификатам, находящимся в удаленном хранилище, что исключает несанкционированное влияние стороннего программного обеспечения на сетевые ресурсы организации;

– все потоки данных организации во время доверенного сеанса шифруются посредством одно- или двухключевого криптографического алгоритма, например e2, Xtea или RSA, что в достаточной мере изолирует сетевые ресурсы организации от несанкционированного внешнего воздействия. Использование криптографических алгоритмов позволяет придать им криптографическую стойкость;

– программная среда терминала, обеспечивающего доступ сотрудников к закрытым сегментам сети, поддерживает соответствие эталонной, т.е. любой запрос на подключение приводит к сравнению с эталонным образом программной среды для выявления ее возможных модификаций и блокировки сеанса в случае их обнаружения;

– результаты деятельности пользователей не влияют на эталонную программную среду, что снижает финансовые и трудовые затраты на администрирование удаленных терминалов, позволяет увеличить время между процедурами контроля их конфигураций и минимизирует затраты на программное обеспечение средств поиска и удаления скрытно внесённого программного кода.

Российские разработчики и производители средств идентификации и аутентификации расширяют номенклатуру их модификаций, отходя от традиционных форматов. Нам представляется перспективным использование Bluetooth-токенов, позволяющих аутентифицировать пользователей при обеспечении доступа к информационной среде организации посредством мобильных устройств, например посредством планшетов и смартфонов.

Заключение

Токены и универсальные идентификационные ID-карты сегодня внедряются практически во все сферы жизни: электронные удостоверения и пропуска, паспорта, водительские удостоверения и удостоверения личности, международные удостоверения студентов. Малазийская ID-карта MyID/MyKID кроме программы идентификации содержит медицинскую информацию, водительское удостоверение и т.д. [4]. В России универсальная электронная идентификация граждан вводится поэтапно и начнет действовать повсеместно с 2023 г. Все это, с одной стороны, ведет к росту спроса на компоненты систем идентификации, но, с другой, увеличение их выпуска может привести к снижению стоимости систем идентификации.

Использование прав конфиденциально-сти при подключении виртуальных машин

к закрытым сегментам информационной среды организации подразумевает сравнение прав пользователя и, в случае их несоответствия, блокирует сеанс, отправляет электронное письмо сотруднику, отвечающему за информационную безопасность организации, и делает отметку в журнале событий.

Исходя из практики, выделяем категории лиц, потенциально представляющих угрозу безопасности информационной среды организации:

– злоумышленник, не являющийся сотрудником организации, представляющий угрозу работоспособности аппаратных компонентов сети и конфиденциальной информации. Профилактической мерой является автоматическая проверка внешних запросов на подключение к сегментам сети на соответствие уровню доступа в соответствии с разграничением прав доступа;

– пользователь, обладающий, в силу должностных обязанностей, доступом к тем или иным сегментам информационной среды посредством своего рабочего места. В качестве профилактической меры предлагаем проводить периодическую проверку соответствия уровня доступа к сети должностным обязанностям сотрудника, мониторинг его деятельности, особенно записей журнала событий о программных сбоях;

– системный администратор, контролирующий виртуальную среду организации и имеющий доступ к закрытым сегментам сети. Профилактической мерой может быть регулярный контроль состояния виртуальной среды вышестоящим лицом.

Лучшим способом защиты информационной среды организации в целом является ее разделение по тем или иным критериям и организация доступа к разным разделам в соответствии с политикой информационной [5]. Предполагается такое разделение информации, при котором, во-первых, минимизируется количество запросов со стороны пользователей к защищенной части информационной среды и, во-вторых, несанкционированный доступ одномоментно будет возможен лишь к части конфиденциальной информации, что позволит избежать значительного ущерба.

Исходя из практики, можем рекомендовать включить в инструкции администраторов, отвечающих за обеспечение безопасности информационной среды организации, следующие положения:

– осуществлять автоматизированный контроль соответствия использования токенов и смарт-карт рабочим местам сотрудников, к которым они приписаны,

и проверку пользовательских паролей при подключении виртуальных машин к защищенным сегментам сети;

– осуществлять настройку прав пользователей, их уровня доступа и конфиденциальности, исходя из особенностей функционирования виртуальных машин и удаленного доступа.

Список литературы

1. Мартемьянов Ю.Ф., Яковлев А.В., Яковлев А.В. Операционные системы. Концепции построения и обеспечения безопасности: учебное пособие для вузов. М.: Гор. линия-Телеком, 2010. 332 с.

2. Майкл Хотек. Методы достижения высокой отказоустойчивости // Windows & .NET Magazine/RE. 2003.

№ 12. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mivc.kis.ru/?id=420> (дата обращения: 18.12.2019).

3. Патрик Лоундс, Чарбел Немном, Леонардо Карвальо. Windows Server 2016 Hyper-V. Книга рецептов. 2-е изд., 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://onreader.mdl.ru/windowsServer2016HyperVCookbook2nd/content/index.html> (дата обращения: 18.12.2019).

4. Митрохин В.В., Аршинов И.В., Корчиганова А.О. Универсальная электронная карта: достигнутые результаты и проблемы дальнейшего внедрения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15450> (дата обращения: 19.12.2019).

5. Киреенко А.Е. Современные проблемы в области информационной безопасности: классические угрозы, методы и средства их предотвращения // Молодой ученый. 2012. № 3. С. 40–46. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/38/4365/> (дата обращения: 18.12.2019).

ОБЗОРЫ

УДК 691.3

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**Шишакина О.А., Паламарчук А.А.***Владимирский государственный университет им. А.Г и Н.Г. Столетовых, Владимир,
e-mail: olya.shishakina@mail.ru*

Строительные материалы и изделия выполняют комплекс функций, необходимых при проведении строительных работ и связанных с эксплуатацией, композиционным построением зданий и сооружений, а также оказывают влияние на их стоимость. Использование тех или иных строительных материалов и изделий предполагает соблюдение действующих правил строительства, а также учет природных (географических, климатических) и социальных (культурологических, национальных) факторов. Также важны эстетические аспекты использования материалов и изделий, ведь лицевые поверхности имеют различный внешний вид и по-разному воспринимаются в процессе эксплуатации. Разновидности строительных материалов и изделий, технологии их производства изменялись вместе с развитием строительных производств и сменой производственных отношений в человеческом обществе. Простейшие материалы и примитивные технологии заменялись более совершенными, на смену ручному изготовлению пришло машинное. Со временем увеличивался и видоизменялся ассортимент строительных материалов. Например, вместо традиционных мелкоштучных тяжелых материалов было организовано массовое производство относительно легких крупноформатных строительных деталей и конструкций из сборного железобетона, бетонов с легкими заполнителями. В настоящее время активно развивается производство разнообразных тепло- и гидроизоляционных материалов. Значительно ускорилось развитие производства и применения в строительстве полимерных материалов и изделий различного назначения.

Ключевые слова: строительные материалы, керамика, бетон, стекло, пластмассы, теплоизоляционные материалы

REVIEW OF MODERN CONSTRUCTION MATERIALS AND PRODUCTS**Shishakina O.A., Palamarchuk A.A.***Vladimir State University named A.G and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: olya.shishakina@mail.ru*

Building materials and products perform a set of functions necessary during construction work, and associated with the operation, compositional construction of buildings and structures, and also affect their cost. The use of certain building materials and products requires compliance with the current construction rules, as well as natural (geographical, climatic) and social (cultural, national) factors. Aesthetic aspects of the use of materials and products are also important, because front surfaces have a different appearance and are perceived differently during operation. Varieties of building materials and products, their production technologies have changed along with the development of construction industries and the change of production relations in human society. The simplest materials and primitive technologies were replaced by more advanced ones; manual manufacturing was replaced by machine manufacturing. Over time, the assortment of building materials increased and modified. For example, instead of the traditional small-piece heavy materials, mass production of relatively light large-sized building parts and precast concrete structures, lightweight aggregate concrete was organized. Currently, the production of various heat and waterproofing materials is actively developing. Significantly accelerated the development of production and use in the construction of polymeric materials and products for various purposes.

Keywords: building materials, ceramics, concrete, glass, plastics, heat-insulating materials

В современном быстроразвивающемся мире отрасль производства строительных материалов испытывает небывалый подъём. Несмотря на то, что строительные материалы используются человечеством с древнейших времен, многие из них уже не удовлетворяют требованиям современного многоэтажного строительства. Повышение нормативных требований, конкуренция между производителями и развитие современных технологий способствуют появлению новых и существенному улучшению традиционных строительных материалов. Возведение высотных зданий, а также строительство в районах с неблагоприятной сейсмической обстановкой также способствуют развитию технологий производства строительных материалов и изделий в области повышения их качества. Использование строи-

тельных материалов обычно подразделяется на конкретные области применения, такие как отделочные, электроизоляционные, сантехнические, кровельные и другие работы. Строительные материалы также обеспечивают привлекательный внешний вид, способствуют комфортному времяпрепровождению в здании и повышению энергоэффективности сооружений.

Цель работы: анализ состояния и перспектив развития различных современных строительных материалов и изделий

Строительная керамика

К строительной керамике принято относить широкий ассортимент различных материалов и изделий, с разнообразными свойствами и назначением, которые применяют при возведении промышленных,

жилых и общественных зданий. В настоящее время строительную керамику используют во многих конструктивных элементах зданий и сооружений, а материалы для наружной и внутренней облицовки активно применяют при строительстве быстровозводимых конструкций [1].

Под термином керамика традиционно принято понимать любые изделия из обожженной глины. Тот материал, из которого, собственно, и состоит готовое керамическое изделие, в технологии керамики называют черепком или керамическим черепком. Черепок является искусственным камнем, который образуется в процессе обжига изделия из-за спекания компонентов керамики при высокой температуре [2].

Существует множество видов классификации строительной керамики: по составу керамической массы, по назначению, по структуре черепка после обжига и т.д. По структуре черепка керамические изделия принято разделять на:

1. Пористые – водопоглощение по массе превышает 5%, преимущественно 8...20%. К ним относят кирпич и камни керамические, черепицу, фаянсовые изделия.

2. Плотные (со спёкшимся черепком) – водопоглощение составляет менее 5%, чаще 2...4%. Такой черепок практически водонепроницаем. К изделиям с плотным черепком относят плитки для пола, керамический гранит, клинкер, фарфоровые изделия.

По назначению керамические материалы и изделия делят на следующие виды:

1. Изделия для наружной облицовки – лицевой кирпич, плитка, наборные панно, архитектурно-художественные детали.

2. Изделия для внутренней облицовки – глазурированные плитки и фасонные детали к ним.

3. Санитарно-технические изделия – умывальные столы, ванны, унитазы.

4. Стеновые изделия – кирпич, пустотелые камни и панели из них.

5. Теплоизоляционные изделия – перлитокерамика, ячеистая керамика.

6. Кровельные изделия – черепица.

7. Изделия для подземных коммуникаций – канализационные и дренажные трубы [3].

8. Кислотоупорные изделия для работы в коррозионных средах [4].

В последнее время для соблюдения нормативных требований, в первую очередь по теплотехническим характеристикам, и уменьшения толщины стен проводятся разработки по получению керамических материалов, способных совмещать функции облицовочных, стеновых и теплоизоляционных материалов [5].

Для модификации свойств строительной керамики применяют различные добавки, которые принято разделять на пластифицирующие, порообразующие и выгорающие. Пластифицирующие добавки используют, когда необходимо улучшить пластичность, формуемость керамической массы. В качестве пластифицирующих добавок наиболее эффективно использование высокопластичных глин, поверхностно-активных веществ и бентонитов. Порообразующие добавки разлагаются или выгорают с выделением газа при обжиге, что способствует получению пористых керамических изделий с хорошими теплоизоляционными свойствами. Выгорающие добавки, которыми являются отходы фабрик по обогащению угля, зола, лигнин и мелкие древесные опилки, способствуют не только повышению пористости готовых изделий, но и равномерному спеканию черепка, что благоприятно сказывается на внешнем виде и прочности готового изделия. В качестве выгорающих добавок также могут использоваться полимерные отходы, однако в связи с токсичностью продуктов горения в этом случае необходимо проводить дополнительную обработку продуктов выгорания путем дожигания или очищать дымовые газы при помощи сорбционных методов очистки или сухой очистки [6].

Для создания приятного вида и устойчивости к внешним воздействиям поверхность некоторых керамических изделий могут покрывать глазурью или ангобом. Существуют составы керамических шихт, которые за счет совместного введения плавней и компонентов, являющихся источниками стекловидной фазы, позволяют получить эффекты самоглазурования поверхности изделий и использовать стеклофазу в качестве связующего в объеме керамики, что повышает прочность и морозостойкость, снижает водопоглощение материала [7, 8], а также позволяет повысить такие свойства, как кислотоупорность и термостойкость [9].

Бетоны

Бетоны – это композитные материалы, состоящие из заполнителя (обычно скального материала) и связующего (обычно портландцемента или асфальта), который соединяет частицы заполнителя в единое целое. Известны многие типы бетона, определяемые составами связующих веществ и типами заполнителя, используемого в соответствии с областью применения материала. Эти переменные определяют прочность, плотность, а также химическую и термическую стойкость готового продукта.

Заполнитель в бетоне обычно представляет собой куски материала неправильной формы и различных размеров. Чаще всего в качестве заполнителя используют гравий различного фракционного состава, раздробленные до необходимого размера гранит и известняк, а также мелкозернистые заполнители, например песок [10].

Портландцемент, часто называемый просто цементом, является самым популярным типом связующего для бетонов. Цемент в виде сухого порошка смешивается с водой и заполнителем, и получившееся цементное тесто заливается в формы. Цементное тесто постепенно загустевает и в итоге затвердевает в ходе химической реакции, превращаясь в прочный бетон. Вода реагирует с цементом в реакции гидратации, скрепляя все компоненты в единое целое. Существуют и другие связующие, например шлаковый цемент из отходов металлургической промышленности или зола. Их добавляют в состав бетона в качестве минеральных добавок, в различных соотношениях с портландцементом, и они становятся частью связующего для заполнителя. Различные химические добавки используют для придания требуемых свойств. Они способствуют изменению скорости затвердевания бетона, а также придают целый комплекс различных положительных свойств, таких как водостойкость, повышенная прочность на изгиб и др. [11].

В последнее время минеральные добавки стали использоваться значительно чаще. Применение отходов производств в составе бетона становится всё более частым из-за ухудшения экологической обстановки, что требует избавляться от подобных отходов. К тому же подобные материалы нередко способствуют приданию бетону различных полезных свойств. Быстро нарастают темпы использования золы, типичного отхода угольных электростанций, а также доменного шлака и кремнезёма, представляющих собой отходы чёрной и цветной металлургии. Применение этих отходов в качестве компонентов бетона снижает стоимость готового продукта, поскольку минеральные добавки отчасти заменяют цемент. Это позволяет снизить количество используемого цемента, при производстве которого тратится много энергии и наносится значительный экологический вред, и уменьшить количество промышленных отходов, что также хорошо влияет на экологию. Минеральные добавки вводят в состав цемента непосредственно во время производства или добавляют к другим состав-

ляющим уже при замешивании цементного теста [12].

Портландцемент и конструкции с его участием обладают высокой прочностью на сжатие, однако их сопротивление растяжению обычно значительно меньше. Поэтому такие конструкции в основном армируются материалами, которые сильно растягиваются, как правило, стальной арматурой.

Газобетон является универсальным легким строительным материалом и обычно используется в качестве блоков. По сравнению с обычным бетоном этот материал обладает низкой плотностью и отличными теплоизоляционными свойствами, которые достигаются за счет образования воздушных пустот и клеточной структуры. Эти пустоты обычно имеют размер от 1 до 5 мм и придают материалу характерный внешний вид. Используя железобетонные балки, потолки и крышу, из газобетона можно построить практически весь дом, включая стены и полы. Газобетон легко режется до любой необходимой формы. Газобетон также обладает хорошими акустическими свойствами и долговечностью, имеет хорошую устойчивость к воздействию кислотных дождей и разрушению от огня и низких температур. Газобетонные блоки имеют точную форму и соответствуют жестким допускам. Но материал имеет некоторые ограничения. Поскольку он имеет меньшую прочность, чем большинство бетонных изделий, то при использовании в несущих конструкциях он должен быть усилен. Также газобетон требует защитного покрытия, так как материал пористый и может быть поврежден, если его оставить без дополнительной отделки [13].

Пенобетон – это универсальный строительный материал с простым способом производства, который является относительно недорогим по сравнению газобетоном. Он представляет собой смесь песка, цемента, воды и пены. Пенобетонные смеси, использующие зольную пыль в составе, еще дешевле и оказывают меньшее воздействие на окружающую среду. Пенобетон производится с различной плотностью от 200 до 1600 кг/м³ в зависимости от сферы применения. Несмотря на то, что продукт является формой бетона (с заполнителем из пузырьков воздуха), его высокие теплоизоляционные свойства значительно изменили сферу его применения. Благодаря своей пористой структуре, содержащей крошечные пузырьки воздуха, пенобетон обладает хорошими шумопоглощающими свойствами и позволяет снизить расходы на звукоизоляцию [14].

Стекло

Использование стекла в строительстве стало очень популярным в современной культуре. Наиболее часто используется листовое оконное стекло и стеклоблоки.

Листовое оконное стекло – основной вид стекла, который используется для остекления окон, витрин, а также во внутренних интерьерах зданий. Светопропускание оконных стекол зависит от их марки и варьируется от 84 до 89%.

Пустотелые стеклянные блоки применяются при возведении перегородок, внутренних и наружных стен и других конструкций, где требуется высокое светопропускание, а также высокие звуко- и теплоизоляционные свойства. По своей структуре стеклоблоки представляют собой полые стеклянные коробки с полированной наружной поверхностью и рёбрами внутри. Рёбра или другие элементы внутренней поверхности блока способствуют рассеянию света и делают блок непрозрачным [15].

Также изделия из стекла активно применяются для внутренней и наружной облицовки зданий и сооружений.

Стемалит представляет собой листовое стекло или плитки из листового стекла с нанесённой с одной стороны для непрозрачности эмалью. Стекло термически обработано, что способствует закреплению эмали и упрочнению стекла. Стемалит может использоваться для облицовки наружных и внутренних стен, фасадов, различных промышленных помещений.

Марблит – изделие из листов глушеного стекла различных цветов с рифлением на тыльной стороне и гладкой лицевой поверхностью. Толщина варьируется от 5 до 25 мм. Марблит применяют для облицовки стен, пола, различных резервуаров и в других случаях, когда требуется защита от коррозии, химическая стойкость и привлекательный внешний вид.

Смальта – это небольшие кусочки стекла неправильной формы. Их производят из цветного глушеного стекла, прессуя стеклянный порошок или отливая из стекломассы. Смальта находит активное применение при производстве художественных композиций, мозаичных панно и в других типах декоративной отделки фасадов зданий и интерьеров.

Декоративная стеклокрошка – мелкие (0,5–10 мм) гранулы из цветного глушеного стекла. Использование стеклянной крошки позволяет значительно сократить расходы на отделку, ведь при привлекательном внешнем виде стеклокрошка значительно дешевле стеклянных или керамических

плиток. Декоративную стеклокрошку можно использовать при облицовке фасадов и оформлении интерьеров [16].

Металл

Металл часто применяется в качестве каркаса крупных зданий и сооружений, таких как небоскребы, или для отделки наружной поверхности. Существует большое разнообразие металлов и сплавов, используемых для строительства. Основным недостатком металлов – коррозия, которая может значительно сократить их срок службы.

Сталь представляет собой сплав железа с углеродом и является стандартным выбором для металлических конструктивных строительных материалов. Это прочный, гибкий материал и, если его хорошо очищать и полировать, то служит долго.

Более низкая плотность и лучшая коррозионная стойкость алюминиевых сплавов и олова иногда делают их более предпочтительными, несмотря на их большую стоимость.

Медь является ценным строительным материалом благодаря коррозионной стойкости, долговечности, низкому тепловому расширению, малому весу, радиочастотному экранированию, молниезащите, пригодности к вторичной переработке и широкому спектру отделок. Медь может быть встроена в кровлю, водосточные желоба, трубы, купола, шпили, хранилища, облицовку стен и элементы внутреннего дизайна [17].

Пластмассы

Материалы из пластмасс в значительной мере отвечают задачам промышленного строительства. Рациональное применение пластмасс в крупнопанельном домостроении позволяет значительно облегчить вес конструкций за счет их «тонкостенности» и уменьшения объемного веса использованных материалов. Значительно упрощаются транспортирование изделий, их монтаж и послеустановка отделка зданий. Кроме того, применение пластмасс в строительстве способствует повышению теплоизоляционных, звукоизоляционных и других эксплуатационных характеристик помещений [18].

Несомненными преимуществами пластмасс являются низкая плотность (от 50 до 1800 кг/м³), высокая прочность при сжатии и растяжении (до 400 МПа), хорошие теплоизоляционные свойства, устойчивость к коррозии и химическим реагентам, простота и технологичность производства готовых изделий. Недостатками, ограничивающими использование пластмасс в строительстве, считают их относительно малую

теплостойкость (в зависимости от типа пластмасс от +70 до +200°), низкую твердость, ползучесть, сильно проявляющуюся при повышенных температурах, и горючесть. Но основным недостатком, значительно сокращающим области применения пластмасс, является их недолговечность, вызванная протеканием реакций деструкции уже при комнатной температуре [19].

Отдельно стоит упомянуть о полимерных композиционных материалах в строительстве. Сейчас композиционные материалы развиваются невероятно быстрыми темпами, и неудивительно, что некоторые из них находят применение в строительстве. Преимущества композиционных материалов широко известны: низкая плотность, высокая механическая прочность, отличные теплоизоляционные характеристики. Из широко применяемых в строительстве полимерных композиционных материалов можно выделить древесно-стружечные и древесно-волоконные плиты, древесно-полимерные композиты, пенопласты, стеклопластики и сэндвич-панели, полимербетоны, синтактные пенопласты, а также композиционные материалы, армированные углеродными и арамидными волокнами [20, 21]. Перспективными для применения в строительстве являются полимерные композиционные материалы строительного назначения, получаемые с использованием отходов в качестве наполнителей и связующих [22, 23].

Теплоизоляционные материалы

Теплоизоляционные материалы представляют собой материалы с низкой теплопроводностью, используемые для теплоизоляции зданий и сооружений. Применение теплоизоляционных материалов позволяет значительно сократить затраты на отопление и создать комфортные условия в помещении. Все теплоизоляционные материалы характеризуются низкой плотностью, сравнительно низкой прочностью и хорошими звукопоглощающими свойствами. Рассмотрим наиболее распространенные в строительстве теплоизоляционные материалы:

Пеностекло представляет собой искусственный материал, подобный пемзе, и изготавливается в виде блоков и гранул. Пеностекло легко обрабатывается, может склеиваться, при этом воздухопроницаемо и негигроскопично. Данный материал активно используют в строительстве для тепло- и звукоизоляции. В гранулированном виде пеностекло играет роль лёгкого заполнителя при создании некоторых типов бетона и бетонных изделий [24].

Для тепло- и звукоизоляции применяют газонаполненные изделия из пластмасс – пенопласты, поропласты и сотопласты. Пенопласты имеют в своей структуре множество не сообщающихся друг с другом ячеек, заполненных воздухом или другим лёгким газом. В случае с поропластами ячейки внутри материала сообщаются друг с другом. В сотопластах ячейки представляют собой полости правильной геометрической формы, например в виде пчелиных сот, которые не сообщаются друг с другом [25].

Заключение

Сегодня в строительстве существует огромное количество разнообразных строительных материалов и изделий. Несмотря на разработки новых материалов с улучшенными свойствами, традиционные строительные материалы остаются лидерами рынка благодаря их низкой стоимости. Разработанные композиционные материалы, к сожалению, пока не так активно используются в строительстве именно из-за их высокой стоимости и сложности производства. Однако стремление уменьшать затраты на эксплуатацию зданий и сооружений, снизить энергопотребление, а также ускорение темпов строительства не позволяет останавливаться на традиционных строительных материалах из-за их низкой энергоэффективности и большой плотности. Использование инновационных композиционных материалов открывает новые возможности по строительству не только жилых зданий, но и специальных сооружений (аэропортов, бомбоубежищ, небоскрёбов). Следует заметить, что многие новые строительные материалы являются ни чем иным, как давно использовавшимися ранее, но воссозданными на основе инноваций в области производственных технологий материалами.

Список литературы

1. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник для инженерно-экономических специальностей строительных вузов, 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1988. 527 с.
2. Байер В.Е. Архитектурное материаловедение: учебник для студентов вузов. М.: Архитектура, 2012. 234 с.
3. Киреева Ю.И. Строительные материалы: учебное пособие. Минск: Новое знание, 2005. 399 с.
4. Шишакина О.А., Паламарчук А.А., Кочуров Д.В. Применение кислотоупорной керамики в современной промышленности // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=19251> (дата обращения: 11.09.2019).
5. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка энергоэффективной облицовочной керамики на основе местного сырья и стекольного боя // Экология промышленного производства. 2019. № 3. С. 22–26.
6. Перовская К.А., Петрина Д.Е., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Применение полимерных отходов для повышения

энергоэффективности стеновой керамики // Экология промышленного производства. 2019. № 1. С. 7–11.

7. Шахова В.Н., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Получение облицовочной керамики с использованием несортированного боя тарных стекол // Экология и промышленность России. 2019. № 2. С. 36–41.

8. Шахова В.Н., Березовская А.В., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г., Сысоев Э.П. Разработка облицовочного керамического материала с эффектом самоглазурования на основе малопластичной глины // Стекло и керамика. 2019. № 1. С. 13–18.

9. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Использование отходов, содержащих тяжелые металлы, для получения кислотоупорной керамики с эффектом самоглазурования // Экология промышленного производства. 2018. № 2. С. 2–6.

10. Рамачандран В.С. Добавки в бетон. Справочное пособие / Пер. с англ. Т.И. Розенберг и С.А. Болдырева. М.: Стройиздат, 1988. 286 с.

11. Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов: учебное пособие. М.: ЛКИ, 2014. 496 с.

12. Домокеев А.Г. Строительные материалы: учебник для строительных вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1989. 495 с.

13. Алимов Л.А., Воронин В.В. Строительные материалы: учебник для бакалавров. М.: Академия, 2012. 320 с.

14. Bedi R., Chandra R., Singh S.P. Reviewing some properties of polymer concrete. *Indian Concrete Journal*. 2014. № 8. P. 47–68.

15. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы: учебник для вузов. М.: Студент, 2012. 440 с.

16. Основин В.Н., Шуляков Л.В., Дубяго Д.С. Справочник по строительным материалам и изделиям. М.: Феникс, 2006. 448 с.

17. Москалев Н.С. Металлические конструкции: учебник. М.: АСВ, 2010. 555 с.

18. Миккульский В.Г. Строительные материалы и изделия. М.: АСВ, 2009. 520 с.

19. Bedi R., Chandra R., Singh S.P. Mechanical Properties of Polymer Concrete. *Journal of Composites*. 2013. № 11. С. 1–12.

20. Панибратов Ю.П., Тихонов Ю.М., Мещеряков Ю.Г. Архитектурное материаловедение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: Академия, 2012. 288 с.

21. Рыбьев И.А. Материаловедение в строительстве. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 528 с.

22. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Утилизация керамических и полимерных отходов в производстве облицовочных композиционных материалов // Экология и промышленность России. 2019. № 7. С. 36–41.

23. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Разработка способа получения облицовочного композиционного материала на основе полимерных и стекловых отходов // Экология промышленного производства. 2018. № 3. С. 2–6.

24. Сопегин Г.В. Перспективы применения пеностекла в строительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2017. С. 418–424.

25. Клемпнер Д.П. Полимерные пены и технологии вспенивания. СПб.: Профессия, 2009. 599 с.

СТАТЬИ

УДК 621.315.592

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ТИПЫ ПРОВОДИМОСТИ
И ТЕРМОЭЛЕКТРОДВИЖУЩИЕСЯ СИЛЫ
В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $Ce_xSn_{1-x}Se$**

¹Алиев И.И., ²Абдурахманова В.А., ³Исмаилов Ш.С., ²Садыхова А.А.

¹Институт катализа и неорганической химии имени М.Ф. Иагиева НАН Азербайджана,
Баку, e-mail: aliyevimir@rambler.ru;

²Институт физики НАН Азербайджана, Баку;

³Институт радиационных проблем НАН Азербайджана, Баку, e-mail: sherifismayilov43@gmail.com

Проведены исследования термоэлектродвижущей силы (термо-э.д.с.) S , проводимости в твердых растворах $Ce_xSn_{1-x}Se$ ($x = 0,00-0,035$) в области температур 80–400 К. Обнаружена смена знака S с p- на n-тип и уменьшение σ с ростом Ce . Оценены энергии активации примесных областей. Поведение $S(T)$ и $\sigma(T)$ обусловлено возрастанием дефектности кристаллической решетки. В составе $Ce_xSn_{1-x}Se$ ($x = 0,00-0,035$) величина термо э.д.с. S ($S > 0$) уменьшается и при $x = 0,025$ меняет знак на отрицательный. Аналогичное уменьшение электропроводности наблюдается до $x = 0,020$; затем с ростом содержания Ce возрастает. По-видимому, такие изменения S и σ обусловлены процессом заполнения вакансий олова и изменением антиструктурных дефектов селена. Это приводит к снижению концентрации носителей заряда. С дальнейшим увеличением содержания Ce образования антиструктурных дефектов почти не происходит, но, по-видимому, появляются носители заряда другого типа, что приводит к росту электропроводности. Такое поведение S с изменением содержания Ce в $Ce_xSn_{1-x}Se$ можно объяснить, так в $SnSe$ существует в основном два вида дефектов: вакансии Sn и антиструктурные дефекты селена причем часть нейтральных атомов Sn располагается в междоузлиях решетки $SnSe$.

Ключевые слова: проводимость, термо-э.д.с., подвижность, энергия активации, механизм рассеяния

**PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES, CONDUCTIVITY TYPE
AND THERMOELECTRIC FORCE IN SOLID SOLUTIONS $Ce_xSn_{1-x}Se$**

¹Aliev I.I., ²Abdurakhmanova V.A., ³Ismailov Sh.S., ²Sadykhova A.A.

¹Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after MFNagiyev of the National Academy
of Sciences of Azerbaijan, Baku, e-mail: aliyevimir@rambler.ru;

²Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku;

³Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku, e-mail: sherifismayilov43@gmail.com

The thermoelectrically moving force (thermo-emf) S , conductivity in $Ce_xSn_{1-x}Se$ solid solutions ($x = 0.00-0.035$) in the temperature range of 80–400 K were studied. A change in the sign of S from p- to n-type and a decrease in σ with increasing Ce were found. The activation energies of impurity regions are estimated. The behavior of $S(T)$ and $\sigma(T)$ is due to an increase in the defectiveness of the crystal lattice. In the composition of $Ce_xSn_{1-x}Se$ ($x = 0.00-0.035$), the value of thermoelectric power with ($S > 0$) decreases and at $x = 0.025$ it changes sign to negative. A similar decrease in electrical conductivity is observed up to $x = 0.020$; then, with an increase in the Ce content, it increases. Apparently, such changes in S and σ are due to the process of filling tin vacancies and a change in anti-structural defects of selenium. This leads to a decrease in the concentration of charge carriers. With a further increase in the Ce content, the formation of anti-structural defects almost does not occur, but charge carriers of a different type appear, which leads to an increase in electrical conductivity. This behavior of S with a change in the Ce content in $Ce_xSn_{1-x}Se$ can be explained, since in $SnSe$ there are mainly two types of defects: Sn vacancies and anti-structural defects of selenium, with some of the neutral Sn atoms located in the interstices of the $SnSe$ lattice.

Keywords: conductivity, thermo-emf, mobility, activation energy, scattering mechanism

Многие полупроводниковые твердые растворы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$ подробно исследованы и нашли применение при создании различных преобразователей энергии [1]. В последние годы интенсивно изучаются твердые растворы с участием редкоземельных элементов, в том числе $Ce_xSn_{1-x}Se$ [2–4]. Интерес к этим материалам в основном вызван тем, что, с одной стороны, $SnSe$ является термоэлектрическим материалом с вы-

соким содержанием вакансий ($\sim 10^{17}$ см⁻³) в обеих подрешетках, взаимодействие которых приводит к образованию антиструктурных дефектов [5, 6], с другой стороны, атом церия имеет своеобразную электронную структуру, что сильно влияет на физические параметры [6, 7]. Особый интерес к этим материалам обусловлен возможностью управления концентрацией свободных носителей заряда в широком интервале ($10^{15}-10^{19}$) см⁻³ изме-

нениям содержания Се без существенного изменения структуры.

Цель исследования: выяснить качественные изменения дефектности исходного кристалла SnSe с переходом к твердым растворам $Ce_xSn_{1-x}Se$ и их влияние на термо-э.д.с., электропроводность σ и подвижность носителей заряда.

Материалы и методы исследования

Синтез сплавов твердых растворов $Ce_xSn_{1-x}Se$ проводили сплавлением элементарных компонентов высокой степени чистоты в вакуумированных до 0,133 Па кварцевых ампулах при температуре 1173–1273 К. В качестве исходных элементарных веществ использовали висмут марки Се-99,98, олово марки –000 и селен-В4. Для гомогенизации сплавов проводили отжиг при 800 К в течение 360 ч.

Сплавы твердых растворов $Ce_xSn_{1-x}Se$ изучали методами дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового (РФА), микроструктурного (МСА) анализов, а также измерения микротвердости и определения плотности.

Температурные кривые регистрировали с использованием низкочастотного регистратора температуры «Термоскан-2» при скорости нагрева 283 К/мин. Температурные измерения фазовых превращений проводились комбинированными хромель-алюмель термопарами. Нагрев и охлаждение сплавов проводили в трубчатых электропечах сопротивления. В качестве эталона использовался Al_2O_3 .

Рентгеновские порошковые дифрактограммы регистрировали на дифрактометре D2 PHASER (CuK α -излучение). МСА сплавов системы исследовали с помощью металлографического микроскопа МИМ-8 предварительно протравленных шлифах, полированных пастой ГОИ. При исследовании микроструктуры сплавов использовали травитель состава конц. HNO_3 : H_2O_2 = 1:1 время травления 20 с.

Микротвердость сплавов системы измеряли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузках 0,10 и 0,20 Н. Плотность сплавов системы определяли пикнометрическим методом, в качестве рабочей жидкости использовали толуол.

Монокристалличность образцов подтверждена рентгеноструктурным анализом. Образцы имели размеры 3х6х18 мм³. Исследования проводимости σ , термо-э.д.с S проводились 4-х зондовым методом на постоянном токе в интервале температур 77–400 К, омические контакты наносились с помощью сплава In (99%) + Zn (1%). Содержание Се варьировалось от $x = 0,0001$ до 0,035.

Результаты исследования и их обсуждение

Сплавы твердых растворов $Ce_xSn_{1-x}Se$ получали в виде компактных слитков темно-серого цвета. Сплавы устойчивы по отношению к воздуху и воде. Концентрированные минеральные кислоты (HCl, HNO₃) разлагают их, тогда как органические растворители не действуют на них.

Методом Бриджмена – Стокбаргера, или методом направленной кристаллизации, выращены монокристаллы твердых растворов $Ce_xSn_{1-x}Se$ ($X = 0,02; 0,025; 0,03$).

Получение монокристаллов с параметрами, необходимыми для практического применения, является трудной научно-технической задачей. К настоящему времени использование метода Бриджмена, реализуемого в многозонных термических установках, показывает хорошие результаты для многих технически сложных веществ. Одним из основных требований, выдвигаемых технологическим процессом выращивания кристаллов к термическому оборудованию, является стабильность поддержания температурного поля в рабочем объеме установки. Изменения температурного поля вызывают отклонения осевой скорости роста кристалла от номинальной скорости перемещения ростового контейнера, которые могут негативно повлиять на совершенство растущего кристалла.

На рис. 1 представлены зависимости S и σ от содержания церия в $Ce_xSn_{1-x}Se$. Из рис. 1 видно что с ростом содержания церия (x) в составе, величина значения S уменьшается и, проходя пологий экстремум около $x = 0,025$, меняет знак на отрицательный.

В составе величина термо-э.д.с S ($S > 0$) уменьшается и при $x = 0,025$ меняет знак на отрицательный. Аналогичное уменьшение электропроводности наблюдается до $x = 0,020$; затем с ростом содержание Се возрастает. Предполагается что такие изменения S и σ обусловлены процессом заполнения вакансий олова и изменением антиструктурных дефектов селена. Это приводит к снижению концентрации носителей заряда. С дальнейшим увеличением содержания Се образования антиструктурных дефектов почти не происходит, но, по-видимому, появляются носители заряда другого типа, что приводит к росту электропроводности. Такое поведение S с изменением содержания Се в $Ce_xSn_{1-x}Se$ можно интерпретировать, по-видимому, следующим образом.

Как отмечалось выше, в SnSe существует в основном два вида дефектов:

вакансии Sn и антиструктурные дефекты селена причем часть нейтральных атомов Sn располагается в междуузлиях решетки SnSe. В исходном SnSe указанные дефекты приводят к п-типу проводимости, и уменьшение значения S в твердых растворах $Ce_xSn_{1-x}Se$ ($0,000 \leq x \leq 0,030$) можно объяснить перераспределением дырок в подзонах валентной зоны [7]. Уменьшение числа дефектов кристаллической решетки вызывает в первую очередь уменьшение концентрации дырок в одной из подзон, что в целом уменьшает общую концентрацию носителей заряда. На следующих рисунках представлены зависимости термо-э.д.с $S(T)$.

Как видно на рис. 2, в интервале 77–200 К увеличение содержания Ce приводит к росту термо-э.д.с по величине в составах с $x = 0,010$ и $0,015$, начиная с $T = 260$ К, величина S с температурой

падает и происходит инверсия знака S с п типа. Дальнейший рост температуры вызывает активацию вакансий донорного типа, что приводит к появлению электронов (по сравнению с подвижностью дырок) обуславливает смену типа проводимости с р на п-тип.

На рис. 3 представлены данные электропроводности $\sigma(T)$. Как видно, при переходе растворам σ заметно уменьшается.

При $T = 90$ К $\frac{\sigma_1}{\sigma_0}$ ($x = 0,005$) – 6%; $\frac{\sigma_2}{\sigma_0}$ – 24%; $\frac{\sigma_3}{\sigma_0}$ ($x = 0,015$) – 44%. Была оценена энергия активации примесной области в $Ce_xSn_{1-x}Se$: $x_0 = \Delta E \approx 0,67$ эВ, $x = 0,005^{-2} \approx 0,53$ эВ; $x = 0,010^{-3} \approx 0,37$ и $x = 0,015^{-4} \approx 0,12$ эВ. Как видно, энергия активации примесной области уменьшается с ростом содержания Ce.

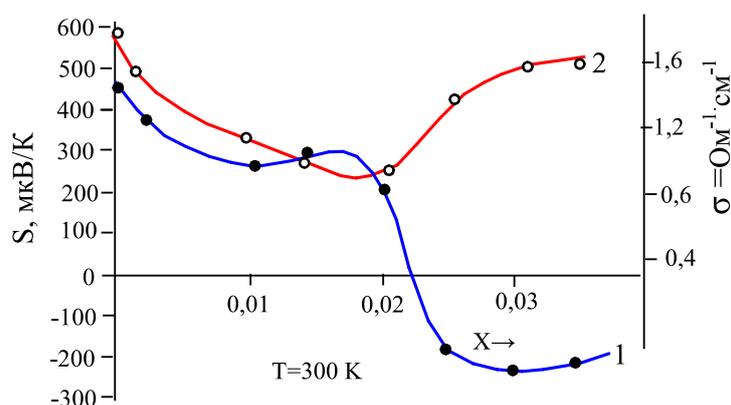


Рис. 1. Зависимости термо-э.д.с. (S) и электропроводности от состава в твердых растворах $Ce_xSn_{1-x}Se$ $T = 300$ К. 1 – термо-э.д.с. (S); 2 – электропроводность (σ)

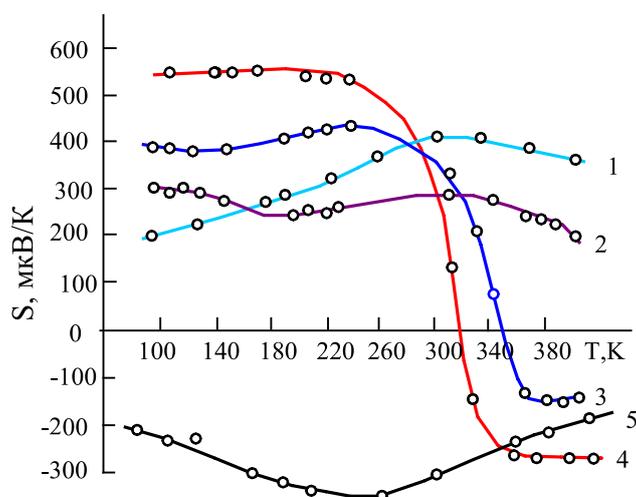


Рис. 2. Температурные зависимости термо-э.д.с (S) в твердых растворах $Ce_xSn_{1-x}Se$. 1 – $x = 0$; 2 – $x = 0,005$; 3 – $x = 0,010$; 4 – $x = 0,015$; 5 – $x = 0,020$

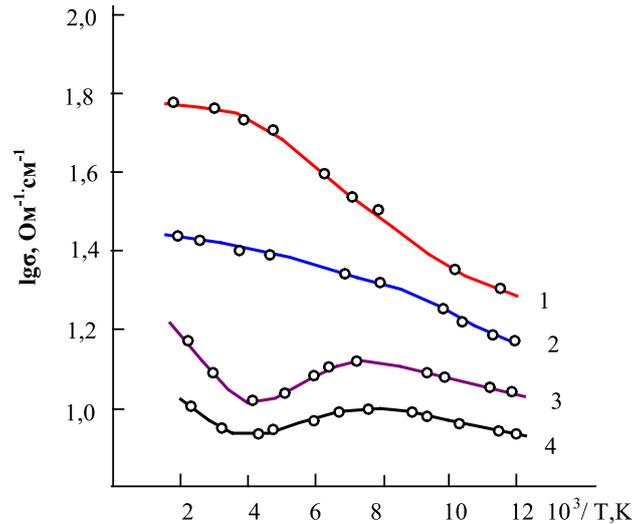


Рис. 3. Температурные зависимости электропроводности (σ) в твердых растворах $Ce_xSn_{1-x}Se$.
 1 – $x = 0$; 2 – $x = 0,005$; 3 – $x = 0,01$; 4 – $x = 0,015$

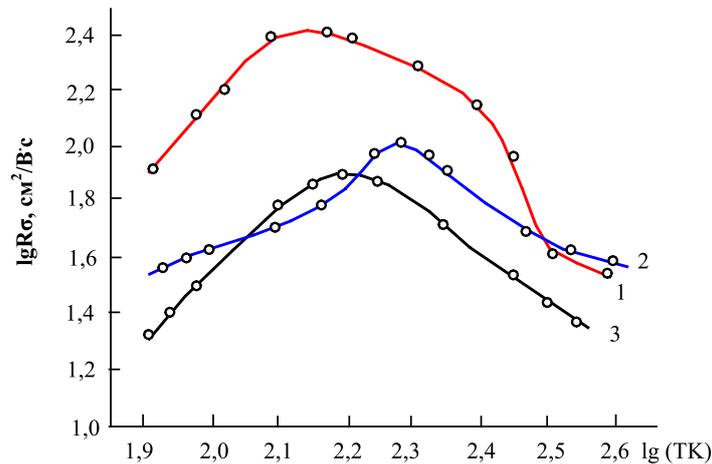


Рис. 4. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в твердых растворах $Ce_xSn_{1-x}Se$.
 1 – $x = 0,005$; 2 – $x = 0,010$; 3 – $x = 0,015$

В области $T = 200\text{--}340$ К в составах с $x = 0,01$ и $0,015$ наблюдается заметное уменьшение $\sigma \sim (T)$, что, по-видимому, обусловлено уменьшением концентрации носителей заряда. При $T > 340$ К значение $\sigma \sim (T)$ начинает возрастать за счет термической активации электронов глубоко лежащих примесных уровней.

На рис. 4. представлены температурные зависимости Холловской подвижности $\mu = R\sigma$ носителей заряда.

Как видно, в зависимости от содержания Се характер изменения $\mu_n(T)$ заметно отличается: при $x = 0,005$ в области $T = 77\text{--}100$ К подвижность меняется по закону $\mu_n^{1,5}$ (кривая 2), а в области $180\text{--}310$ К $\mu_n \sim T^{-1,x}$, выше 320 К, $\mu_n \sim T^{1,6}$, то есть в разных температурных интер-

валах механизм рассеяния носителей меняется от рассеяния на ионизированных примесях, до рассеяния на оптических фонах. Из рис. 4 также видно кривую [3, 4], что максимальное значение подвижности носителей заряда в зависимости от содержания Се смещается в сторону высоких температур. В образцах с $x = 0,010$ и $0,015$ подвижность меняется по закону $\mu^{1,33}$ и $\mu \sim T^2$ соответственно, то есть в области $77\text{--}180$ К носители заряда рассеиваются на ионизированных примесях и частично на нейтральных атомных центрах. С ростом T в рассеянии также участвуют акустических и оптических фононы (кривые 3 и 4). С увеличением T интенсивность рассеяния на оптических фонах возрастает.

Анализируя эти результаты, можно сделать выводы: В твердых растворах $\text{Ce}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ валентность церия может принимать значения 3^+ и 4^+ . В данном случае, если принимать валентность Ce как 3^+ то при частичном замещения олова на церий получается металлический характер проводимости. С увеличением содержания церия, подвижности носителей заряда в твердых растворах $\text{Ce}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ возрастает. Дефектность кристаллической решетки обусловленная различием ионных радиусов Sn и Ce, за счет этого проводимость и подвижность носителей заряда уменьшаются.

Список литературы

1. Дмитриев А.В., Звягин И.П. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов // УФН. 2010. Т. 180. № 8. С. 821–837.
2. Казакан М.М., Каминский В.В., Соловев С.М. Аномальная термо-э.д.с. в моносulfиде самария // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 70. № 5. С. 136–138.
3. Каминский В.В., Соловев С.М. Тепловые эффекты, возникающие в монокристаллах сульфида самария под действием равномерного нагрева // Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31. № 14. С. 45–49.
4. Мустафаев М.Г., Мустафаева Д.Г., Мустафаев Г.А. Получение, свойства и применение халькогенидов металлов // Микро- и нанотехнологии в электронике: материалы XI Международной научно-технической конференции (3–8 июля 2019). Нальчик, 2019. С. 317–319.
5. Simon Jonnsen and Steven N. Girard Investigation of the Thermoelectric Properties of metal chalcogenides with SnSe. Nanoscale. V. 7. Issue, I. Summer 2010. P. 246.
6. Nassary M.M. The electrical conduction mechanisms and thermoelectric power of SnSe single crystals. Turk J. Phys. 2009. V. 33. P. 201–208.
7. Исмаилов Ш.С., Селим-заде Р.И., Абдурахманова В.А., Садыгова А.А. Инверсия типа проводимости и термоэлектродвижущий сила в твердых растворах $\text{Ce}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Se}$ // Микро- и нанотехнологии в электронике: материалы XI Международной научно-технической конференции (3–8 июля 2019). Нальчик, 2019. С. 94–98.

УДК 538.915

ПЕРВОПРИНЦИПНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ И МАГНИТНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ PuFe₂ И PuNi₂^{1,2}Лукоянов А.В., ¹Грамматеева Л.Н.¹ФГБУН «Институт физики металлов имени М.Н. Михеева» Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, e-mail: lukoyanov@imp.uran.ru;²Уральский федеральный университет, Екатеринбург

В работе теоретически исследованы электронная структура и магнитное упорядочение интерметаллидов PuFe₂ и PuNi₂. С этой целью проведены расчеты электронной структуры данных интерметаллидов, кристаллизующихся в кубической структуре фазы Лавеса, в подходе *ab initio*, т.е. из первых принципов, метода, учитывающего электронные корреляции, а также спин-орбитальную связь электронов в Pu-5f оболочке. В обоих соединениях было обнаружено ферромагнитное упорядочение магнитных моментов ионов с правильным направлением неколлинеарных магнитных моментов ионов Pu. Проведенный анализ матриц заселенности 5f оболочки ионов Pu в PuFe₂ и PuNi₂ показал, что присутствует смешанная электронная конфигурация для всех исследованных соединений, а тип связи близок к промежуточному с более доминирующим вкладом LS-типа связи. Эффективный момент ионов Pu в интерметаллидах был получен в хорошем согласии с предыдущими исследованиями. Также магнитные моменты обнаружены на ионах железа в интерметаллиде PuFe₂ со средним значением 1.2 магнетона Бора, тогда как на ионах никеля в соединении PuNi₂ магнитные моменты не обнаружены. Проведенный анализ электронной структуры показал металлический характер плотностей состояний со специфическими особенностями, характерными для плотностей состояний ионов переходных и актиноидных металлов.

Ключевые слова: зонные методы, электронная структура, расчеты из первых принципов**STUDY FROM FIRST PRINCIPLES OF ELECTRONIC STRUCTURE AND MAGNETIC ORDERING IN PuFe₂ AND PuNi₂**^{1,2}Lukoyanov A.V., ¹Gramateeva L.N.¹M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: lukoyanov@imp.uran.ru;²Ural Federal University, Ekaterinburg

In this work, the electronic structure and magnetic ordering of PuFe₂ and PuNi₂ intermetallics are theoretically investigated. To this end, the electronic structure of these intermetallic compounds crystallizing in the cubic structure of the Laves phase was calculated using the *ab initio*, i.e. from first principles, method accounting for electronic correlations, as well as spin-orbit coupling of electrons in the Pu-5f shell. In both compounds, ferromagnetic ordering of the magnetic moments of ions with the correct direction of noncollinear magnetic moments of Pu ions was found. The analysis of the occupation matrices of the 5f shell of Pu ions in PuFe₂ and PuNi₂ showed that there is a mixed electronic configuration for all the compounds studied, and the type of coupling is close to the intermediate one with a more dominant LS-type contribution. The effective moment of Pu ions in the intermetallic compounds was obtained in good agreement with previous studies. Also, magnetic moments were obtained on the iron ions in PuFe₂ intermetallics with an average value of 1.2 Bohr magneton, while no magnetic moments were obtained on the nickel ions in PuNi₂. The analysis of the electronic structure showed the metallic character of the densities of states with specific features characteristic of the densities of states of transition and actinide ions.

Keywords: band methods, electronic structure, calculations from first principles

Интенсивные исследования интерметаллидов серии 1–2 на базе f элементов вызваны необычными физическими и магнитными, в частности, свойствами соединений этой группы. Огромный интерес к интерметаллическим соединениям Pu был вызван открытием в интерметаллиде PuCoGa₅ базовом соединении данной серии 115, эффекта сверхпроводимости с достаточно высокой для соединений Pu и f элементов температурой сверхпроводящего перехода 18,5 K [1]. Такое высокое значение на порядок величины превосходит критические температуры изоструктурных Ce аналогов серии 115 [2] и предполагает необычный

механизм сверхпроводимости [3]. Обнаружено, что физические свойства интерметаллических соединений Pu определяются их необычной электронной структурой [4]. В предыдущих работах нами изучены особенности электронной структуры и магнитного упорядочения соединений серии 115 в рамках зонного метода LDA + U + SO, учитывающего сильные межэлектронные корреляции, также как и спин-орбитальное взаимодействие [5], сформулирован подход выявления оптимального значения электронного легирования, при котором может возникать сверхпроводящее состояние. В нашей недавней работе [6] пока-

зано, что при уменьшении объема ячейки интерметаллида PuNiGa_5 при всестороннем сжатии приводит к уширению электронных зон. Магнитный момент ионов в PuNiGa_5 при всестороннем сжатии элементарной ячейки в PuNiGa_5 значительно уменьшается. Для большого числа величин кулоновского взаимодействия в Pu-5f проведены расчеты электронной структуры, в них выявлен постепенный рост расстояния между заполненными и незаполненными Pu-5f состояниями. Это разделение задается суммой спин-орбитального и обменного расщеплений в состояниях Pu-5f симметрии, что согласуется с известными заключениями о нетипичных физических свойствах интерметаллических соединений на основе Pu . Оба соединения упорядочены ферромагнитно. Соединение PuFe_2 характеризуется высокими значениями температуры Кюри ферромагнитного упорядочения 564 К [7] с направлением магнитных моментов $\langle 100 \rangle$, величина магнитного момента составляет 0,39 магнетона Бора на Pu , 1,73 магнетона Бора на ион Fe [7]. Несмотря на проведенные ранее экспериментальные [7] и теоретические исследования [8], в научной литературе отсутствует корректное описание электронной структуры интерметаллидов PuFe_2 и PuNi_2 с учетом не только электронных корреляций, но и спин-орбитального взаимодействия (COB).

Данная статья содержит результаты расчетов из первых принципов электронной структуры и типа магнитного упорядочения интерметаллидов PuFe_2 и PuNi_2 с целью получения более глубокого понимания поведения их электронной структуры и магнитных свойств, а также исследуем влияние электронных корреляций на электронную структуру данных интерметаллидов при нормальных условиях.

Материалы и методы исследования

Интерметаллиды Pu и $3d$ переходных металлов PuFe_2 и PuNi_2 обладают кристаллической структурой кубического типа $C15$ (фазы Лавеса с группой пространственной симметрии номер 227, $Fd-3m$). Для обоих интерметаллидов элементарная ячейка содержит две формульные единицы. В кристаллографической позиции типа $8b$ ($3/8, 3/8, 3/8$) располагаются два атома типа Pu , в позиции с точечной симметрией типа $16c$ ($0, 0, 0$) обнаружены атом железа или никеля для PuFe_2 и PuNi_2 соответственно. В проведенных нами первопринципных расчетах мы брали значения параметров для экспериментальной кристаллической решетки из статьи [7].

Первопринципный метод $\text{LDA} + \text{U} + \text{SO}$ [5, 6], применявшийся в данной работе, основан на приближении локальной электронной плотности, которое дополнительно перенормирует величину кулоновских межэлектронных корреляций, а также содержит спин-орбитальное взаимодействие выбранных состояний переходных или f ионов. В нашей работе использовался пакет программ TB-LMTO-ASA , в котором присутствуют: приближение атомных сфер и метод линейных маффин-тин орбиталей. В научной литературе на сегодня можно найти много тысяч статей, основанных на результатах метода $\text{LDA} + \text{U}$, поэтому он доказал свою исключительную надежность и полезность для разнообразных материалов, в том числе соединений с разными типами дальнего магнитного упорядочения. Орбитальный базис содержал маффин-тин орбитали для $7s, 6p, 6d$ и $5f$ состояний Pu , а также для $4s, 4p$ и $3d$ электронных состояний Ni и Fe . Параметры прямого кулоновского 4 эВ и обменного $0,48$ эВ взаимодействий были взяты из нашей работы [5]. Дополнительно для ионов железа использовались рассчитанные методом сверхъядерной величины параметров прямого кулоновского $3,3$ эВ и обменного $0,7$ эВ взаимодействий. В представляемой работе интегрирование методом тетраэдров для обоих рассчитываемых интерметаллидов производилось по сетке из 216 k -точек в обратном пространстве.

Результаты исследования и их обсуждение

Для интерметаллических соединений $5f$ элементов особенности электронной структуры связаны с присутствием сильных кулоновских корреляций, сопоставимых по величине с шириной $5f$ зоны. Также спин-орбитальное взаимодействие имеет значительную величину порядка обменного взаимодействия, в результате чего магнитное состояние ионов Pu и других $5f$ -элементов определяется конкуренцией этих двух взаимодействий. Корректный учет перечисленных взаимодействий реализован в зонном методе $\text{LDA} + \text{U} + \text{SO}$ с одновременным учетом кулоновского взаимодействия, обменной его части и COB [5, 6]. Далее представлены полученные нами данные электронной структуры, типа магнитного упорядочения и величин магнитных Pu , Fe , Ni моментов в интерметаллических соединениях PuFe_2 и PuNi_2 , вычисленные нами в рамках $\text{LDA} + \text{U} + \text{SO}$. В обоих соединениях было обнаружено ферромагнитное упорядочение магнитных моментов ионов в согласии с экспериментальными данными

работы [7]. В PuFe_2 обнаружено правильное направление неколлинеарных магнитных моментов ионов $\text{Pu} \langle 100 \rangle$, а в PuNi_2 моменты направлены вдоль направления $\langle 111 \rangle$. В наших расчетах заселенность 5f-состояний Pu составила 5,47 электронов, спин для ионов Pu в PuNi_2 составил 1,6, орбитальный момент составил 3,7, что дает полный момент 2,1, характеризующий электронную конфигурацию иона плутония как f^5 на 84%, а f^6 на 16%, тип связи на 59% составляет LS, а на 41% jj-тип. Эффективный момент ионов Pu в PuNi_2 , можно оценить, предполагая промежуточный тип CO связи как 0,8 магнетона Бора. На ионах никеля магнитный момент не индуцируется. В расчетах заселенность 5f-состояний Pu составила 5,47 электронов, спин для ионов Pu в PuFe_2 составил 1,6, орбитальный момент составил 3,5, что дает полный момент 1,9, характеризующий электронную конфигурацию иона плутония как f^5 на 76%, а f^6 на 24%, тип связи на 60% составляет LS, а на 40% jj-тип. Эффективный момент ионов Pu в PuFe_2 , вычисленный из закона Кюри – Вейсса, можно оценить, исходя из промежуточного типа связи как 0,6 магнетона Бора в согласии с экспериментальной величиной [7]. Также магнитные моменты обнаружены на ионах железа с двумя ионами с величиной 0,7 магнетона Бора, а одним ионом с величиной 2,3 магнетона Бора, то есть средним значением 1,2 магнетона Бора на ион железа в хорошем согласии с экспериментальными данными [7]. Выполненный анализ матриц заселенности Pu-5f состояний показал, что в интерметаллидах Pu и 3d переходных металлов PuFe_2 и PuNi_2 электронная конфигурация Pu близка к f^5 , при этом тип связи близок к промежуточному с более доминирующим вкладом LS-типа связи.

Полная и парциальные плотности состояний N для соединения PuFe_2 приведены на рис. 1. Рассчитанные для соединения PuFe_2 в рамках метода LDA + U + SO кривые приведены для полной (верхний рисунок), Pu-5f (центральный рисунок) и Fe-3d (нижний рисунок) парциальных плотностей состояний. Уровень Ферми располагается в нуле шкалы энергии E (эВ). По данному рисунку можно заключить, что электронная структура Pu-5f состояний разделена на две подзоны – ниже уровня Ферми, заполненную электронами с полным моментом $5/2$, а также почти незаполненную подзону, с моментом полным $7/2$.

На верхнем рисунке приведена полная плотность состояний, состоящая из широкой полосы в заполненной части и двупиковой структуры выше уровня Ферми с про-

валом непосредственно около нуля энергий. Парциальные Pu-5f плотности состояний приведены на центральном рисунке, они располагаются в области от -5 до 0 эВ с провалом на -4 эВ и низкой плотностью от $-2,5$ до 0 эВ. В районе $3,5$ эВ выше уровня Ферми можно также обнаружить широкий пик данного типа состояний, а также небольшой пик на $0,5$ эВ, все вместе они дают самый большой вклад на этих энергиях в полную плотность состояний на верхнем рисунке. Кривая на нижнем рисунке с плотностью электронных состояний, главным образом располагающейся от -1 до -4 эВ ниже Ферми, соответствует электронным Fe-3d состояниям, которые значительно поляризованы и тоже имеют провал на уровне Ферми, а максимальная плотность достигается в районе -2 эВ, а пустых – с центром на 1 эВ.

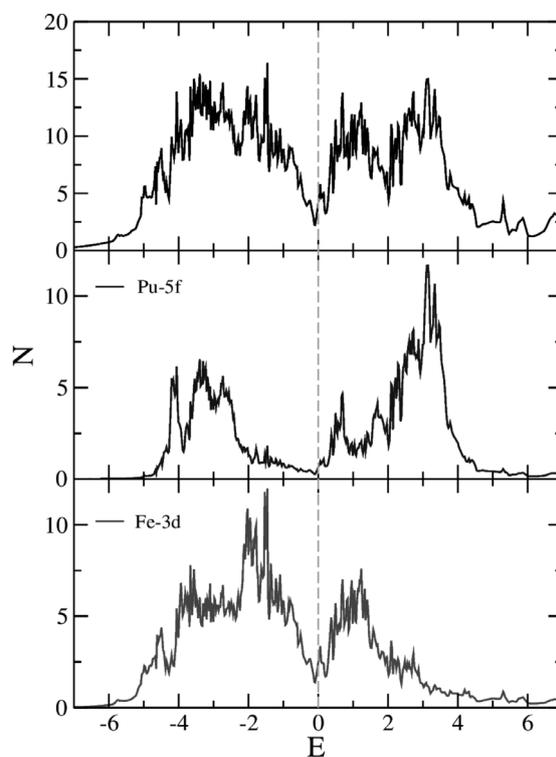


Рис. 1. Полная (верхний рисунок) и парциальные Pu-5f (средний рисунок), Fe-3d (нижний рисунок) плотности N (электронных состояний/эВ в расчете на одну формульную единицу), для соединения PuFe_2 в рамках метода LDA + U + SO. Уровень Ферми располагается в нуле энергий E (в эВ)

На следующем рис. 2 показаны полученные данные для второго интерметаллического соединения PuNi_2 . Показаны данные для проведенного расчета для ве-

личины U кулоновского параметра 4 эВ в Pu-5f оболочке. Показанные N полная (на верхнем рисунке), парциальные Pu-5f состояния (на среднем рисунке), они присутствуют в области энергий от -2 до уровня Ферми и до 4 эВ выше этого уровня), а на нижнем рисунке приведены плотности Ni-3d электронных состояний. Состояния с симметрией 5f выглядят очень похоже в обоих интерметаллидах, поскольку разделение заполненных и пустых подзон 5f обеспечивается значениями кулоновского параметра и спин-орбитального расщепления. Эта величина включает спин-орбитальное расщепление между уровнями и обменное взаимодействие. Уровень Ферми соответствует нулю на шкале энергий E (эВ). При этом 3d состояния никеля практически заполнены, располагаясь преимущественно от -5 до 2 эВ. А состояния никеля имеют более острые неполяризованные пики на $-1,3$ и $2,2$ эВ из-за отсутствия поляризации.

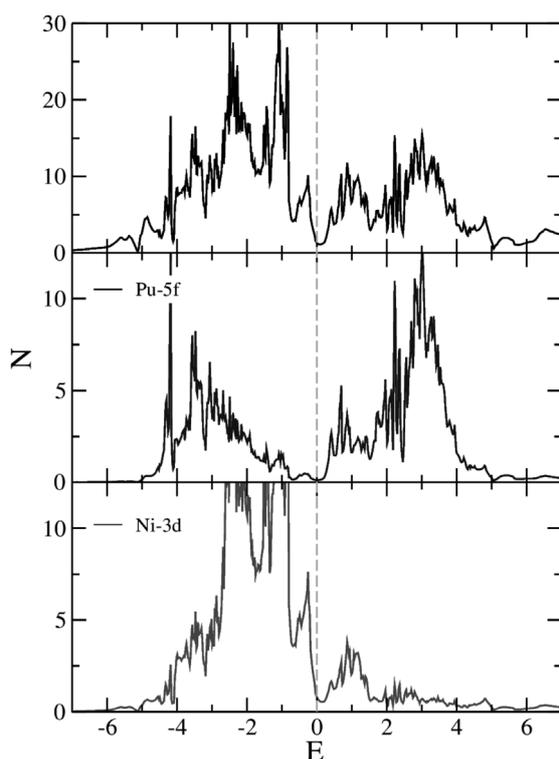


Рис. 2. Полная (верхний рисунок) и парциальные Pu-5f (средний рисунок), Ni-3d (нижний рисунок) плотности N (электронных состояний/эВ в расчете на одну формульную единицу), для соединения PuNi₂, в рамках метода LDA + U + SO. Уровень Ферми располагается в нуле энергий E (в эВ)

Заключение

Электронная структура, тип магнитного упорядочения и величины моментов ионов интерметаллидов PuFe₂ и PuNi₂ исследованы в данной работе при помощи метода LDA + U + SO из первых принципов, базирующегося на приближениях функционала плотности, но дополненного учетом сильных межэлектронных корреляций и спин-орбитального взаимодействия электронов в Pu-5f оболочке. Эффективный момент ионов Pu в интерметаллидах и направления моментов при ферромагнитном упорядочении был получен в хорошем согласии с предыдущими исследованиями. Также магнитные моменты обнаружены на ионах железа в интерметаллиде PuFe₂ со средним значением 1,2 магнетона Бора, тогда как на ионах никеля в соединении PuNi₂ магнитные моменты не обнаружены. Проведенный анализ электронной структуры показал металлический характер плотностей состояний со специфическими особенностями, характерными для плотностей состояний ионов Pu и переходных металлов Fe и Ni в PuFe₂ и PuNi₂ соответственно.

Работа выполнена по проекту № 18-10-2-6 комплексной программы УрО РАН.

Список литературы

1. Sarrao J.L., Morales L.A., Thompson J.D., Scott B.L., Stewart G.R., Wastin F., Rebizant J., Boulet P., Colineau E., Lander G.H. Plutonium-based superconductivity with a transition temperature above 18K. *Nature*. 2002. Vol. 420. P. 297–299.
2. Stewart G.R. Unconventional superconductivity. *Adv. Phys.* 2017. Vol. 66. P. 75–196.
3. Mayer F.J. Superconductivity and low-energy nuclear reactions. *Results Phys.* 2019. Vol. 12. P. 2075–2077.
4. Brito W.H., Choi S., Yao Y.X., Kotliar G. Orbital-dependent correlations in PuCoGa₅. *Phys. Rev. B*. 2018. Vol. 98. P. 0351431–0351435.
5. Lukoyanov A.V., Shorikov A.O., Bystrushkin V.B., Dyachenko A.A., Kabirova L.R., Tsioukin Yu.Yu., Povzner A.A., Dremov V.V., Korotin M.A., Anisimov V.I. Electronic structure and magnetic state of transuranium metals under pressure. *J. Phys.: Condens. Mater.* 2010. Vol. 22. № 49. P. 4955011–49550115.
6. Лукоянов А.В., Багласов Е.Д. Первопринципное исследование электронной структуры соединения PuNiGa₅ при всестороннем сжатии // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. Т. 11. № 2. С. 240–243.
7. Wilhelm F., Eloirdi R., Ruzs J., Springell R., Colineau E., Griveau J.-C., Oppeneer P.M., Caciuffo R., Rogalev A., Lander G.H. X-ray magnetic circular dichroism experiments and theory of transuranium Laves phase compounds. *Phys. Rev. B*. 2013. Vol. 88. P. 02442401–02442414.
8. Nourbakhsh Z., Vaez A. First-Principles Study on the Structural, Electronic, Magnetic and Optical Properties of UFe₂ and PuFe₂ Compounds. *J. Supercond. Nov. Magn.* 2011. Vol. 24. P. 603–609.

СТАТЬИ

УДК 544.773.33:622.279.72:544.77.052

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ
ВТОРИЧНЫХ ГИДРАТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА
В ЭМУЛЬСИЯХ НЕФТИ ОБРАТНОГО ТИПА**

¹Корякина В.В., ¹Семенов М.Е., ²Горохова Н.С.

¹*ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН»,
обособленное подразделение «Институт проблем нефти и газа СО РАН»,*

Якутск, e-mail: KoryakinaVV@ipng.ysn.ru;

²*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,*

Якутск, e-mail: NaryyaGorokhova@mail.ru

В работе представлены результаты исследований методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) процессов образования и разложения гидратов природного газа в эмульсиях нефти обратного типа, полученных ультразвуковым диспергированием, при их циклическом охлаждении/нагревании. Приведены значения температур фазовых переходов в эмульсиях нефти в первом и во втором циклах охлаждения/нагревания, получены кинетические показатели процессов образования и разложения первичных и вторичных гидратов природного газа в эмульсионной среде. Показано, что в первом цикле ДСК-эксперимента происходит кристаллизация водных капель эмульсии с образованием гидратов природного газа, а во втором цикле наблюдается образование как гидратов, так и льда. Установлено, что в первом цикле охлаждения эмульсии кристаллизация протекает в каждой капле эмульсии независимо друг от друга, и приводит к образованию гидратных частиц с их частичным слипанием (агломерацией). Последующее нагревание приводит к слиянию капель водной фазы при разложении первичных гидратов с укрупнением их исходного размера (коалесценции). Установлено, что образование первичных гидратов в первом цикле охлаждения протекает по микрореакторному пути, а во втором цикле частично коагулированные капли воды эмульсии кристаллизуются по эстафетному механизму. Показано, что скорость образования первичных гидратов природного газа в эмульсии нефти в 3,8 раза ниже по сравнению со скоростью образования вторичных гидратов, что, вероятно, связано с «эффектом памяти». Установлено, что циклическое охлаждение/нагревание эмульсии нефти в присутствии природного газа приводит к частичному разрушению эмульсии с образованием непрерывных фаз.

Ключевые слова: эмульсия нефти, гидрат природного газа, вторичные гидраты, гидратообразование, кинетика гидратообразования, разрушение эмульсии

**STUDY OF FORMATION AND DECOMPOSITION OF SECONDARY NATURAL
GAS HYDRATES IN INVERTED OIL EMULSIONS**

¹Koryakina V.V., ¹Semenov M.E., ²Gorokhova N.S.

¹*Federal Research Centre, Yakut Scientific Centre SB RAS, Institute of Oil and Gas Problems SB RAS,*

Yakutsk, e-mail: KoryakinaVV@ipng.ysn.ru;

²*M.K. Ammosov's North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: NaryyaGorokhova@mail.ru*

The paper presents the results of differential scanning calorimetry (DSC) studies of formation and decomposition of natural gas hydrates under cyclic cooling / heating conditions in inverted oil emulsions dispersed by ultrasound. The values of phase transitions temperatures in oil emulsions in the first and second cooling / heating cycles are given, kinetic parameters of formation and decomposition of primary and secondary natural gas hydrates in oil emulsions are obtained. In the first cycle of the DSC experiment, crystallization of emulsion water droplets goes with the formation of natural gas hydrates, and in the second cycle, the formation of both hydrates and ice is observed. In the first cycle of cooling, crystallization occurs in each water drop independently and leads to the formation of hydrated particles with their subsequent partial adhesion (agglomeration). Subsequent heating leads to the fusion of droplets of the aqueous phase upon decomposition of the primary hydrates with the enlargement of their initial size (coalescence). Primary hydrate formation in the first cooling cycle proceeds along the path of micro-reactor type, and in the second cycle, partially coagulated water droplets of the emulsion crystallize by the relay type mechanism. The rate of primary natural gas hydrate formation in an oil emulsion is 3.8 times lower compared to the formation rate of secondary hydrates and is probably associated with the «memory effect». Cyclic cooling / heating of the oil emulsion in the presence of natural gas leads to partial destruction of the emulsion with the formation of continuous phases.

Keywords: oil emulsion, natural gas hydrate, secondary hydrates, hydrate formation, hydrate formation kinetics, emulsion destruction

Гидраты газов – соединения газов и воды клатратного типа, образующиеся и стабильно существующие при высоких давлениях и низких температурах [1]. Гидраты газов имеют интерес как перспек-

тивные источники углеводородного сырья и как потенциальные вещества-секвесторы парниковых газов [2], а с другой стороны, могут являться участниками процессов глобального потепления как составное звено

в цикле углерода [3] или образовываться техногенно, вызывая проблемы при эксплуатации технологических систем добычи, транспортировки и хранения углеводородов – нефти и природного газа [1, 4].

Исследования процессов образования гидратов метана в эмульсиях нефти приводятся в работах [5–6]. Одним из наиболее информативных методов исследований гидратообразования в эмульсиях нефти является метод дифференциально-сканирующей калориметрии высокого давления (ДСКВД). Так, например, метод ДСК позволяет изучать такие характеристики процессов образования и разложения гидратов газов в эмульсионных средах, как механизмы зарождения гидратных частиц [7], кинетические параметры гидратообразования [8], устойчивость гидратов и процессы разделения эмульсий нефти [9].

Одной из наименее изученных областей проблемы гидратообразования является образование вторичных газогидратов при циклическом охлаждении/нагревании различных систем, в том числе и водонефтяных эмульсий в процессе совместной добычи газа и обводненной нефти.

Материалы и методы исследования

Эмульсии нефти были приготовлены путем диспергирования дистиллированной воды в нефти Иреляхского газонефтяного месторождения (Россия) с плотностью 0,869 г/см³, содержащей в своем составе 0,3 мас.% асфальтенов, 10,4 мас.% смол, 1,47 мас.% парафинов.

Образцы эмульсий нефти получали путем ультразвукового диспергирования в ультразвуковой ванне с частотой 35 кГц и мощностью 280 Вт в течение 30, 60, 90 и 120 мин. Исходное соотношение масс нефти и воды составляло 1:1. В результате диспергирования получали эмульсии обратного и прямого типов.

В табл. 1 показаны значения плотности полученных образцов обратных эмульсий, их водосодержание, а также средний диаметр капель воды. Видно, что во всех полученных эмульсиях содержание водной фазы в нефти составляет в среднем 25 мас.%. Показано, что средний линейный размер капель воды в эмульсиях нефти также практически не зависит от продолжительности УЗ-обработки и составляет в среднем 9 мкм.

Таблица 1

Значения плотности, содержания водной фазы и средних диаметров капель воды в эмульсиях нефти, полученных УЗ-обработкой различной продолжительности

Продолжительность УЗ-обработки, мин	Плотность, г/см ³	Содержание воды, мас.%	Средний диаметр капель воды, мкм
30	0,899	23	10,2
60	0,900	24	9,0
90	0,901	24	8,9
120	0,903	26	8,1

В работе [10] показано, что проблема образования вторичных газогидратов в скважинных флюидах при их добыче в условиях высокого давления и низких температур является пока еще малоизученной, тем не менее важной и требующей всестороннего изучения как фундаментальных особенностей процесса вторичного гидратообразования, так и методов его предотвращения. Так, например, в работе [11] показано, что времена индукции процесса нуклеации вторичных гидратов метана в эмульсиях нефти сокращаются, вероятно, за счет так называемого «эффекта памяти».

Таким образом, целью работы являлось изучение процессов кристаллизации и диссоциации гидратов в эмульсии нефти при циклическом охлаждении и нагреве системы «обратная эмульсия – природный газ» методом ДСК.

Таким образом, продолжительность УЗ-обработки смеси нефти и воды не оказывает существенного влияния на конечный размер и количество диспергированных в нефти капель воды в образуемой эмульсии. Поэтому дальнейшие исследования процессов образования и разложения гидратов природного газа проводили в образцах обратной эмульсии нефти, полученных путем УЗ-обработки в течение 90 мин.

Температуры фазовых переходов, обусловленные образованием и разложением в эмульсиях нефти гидратов природного газа, а также кинетические особенности этих процессов были изучены методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Весь эксперимент состоял из двух последовательных циклов, каждый из которых состоял из двух сегментов – охлаждения и нагревания. Начальная и конечная температура каждого цикла +20 °С, минимальная

температура в сегменте охлаждения -20°C , скорость нагревания и охлаждения на всех сегментах составляла $1^{\circ}/\text{мин}$. Давление внутри ДСК-ячейки в течение всего эксперимента составляло $5,0\text{ МПа}$, атмосферой при этом служил газ-гидратообразователь – природный газ следующего состава (Средневилюйское ГКМ, Россия): $92,87\text{ об.}\%$ метана, $5,25\text{ об.}\%$ этана, $1,21\text{ об.}\%$ пропана, $0,12\text{ об.}\%$ н-бутана, $0,12\text{ об.}\%$ изобутана, $0,38\text{ об.}\%$ азота и $0,05\text{ об.}\%$ углекислого газа. Перед первым циклом охлаждения образец эмульсии выдерживали в атмосфере газа-гидратообразователя в течение 1 ч для его газонасыщения.

Были получены значения температур фазовых переходов, обусловленных кристаллизацией водной фазы эмульсий нефти, плавлением льда и разложением гидрата природного газа. На основании значений теплот фазовых переходов были подсчитаны степени превращения: в процессах кристаллизации водной фазы эмульсий в гидратсодержащую фазу α , и плавления гидрата природного газа β , согласно следующему соотношению:

$$\alpha(\beta) = \frac{\int_{t_0}^t \left(\frac{dH}{dt} \right) dt}{\int_{t_0}^{t_{\infty}} \left(\frac{dH}{dt} \right) dt},$$

где H – теплота, выделившаяся в процессе кристаллизации (плавления) к моменту времени t ,

t_0 – момент времени начала кристаллизации (плавления),

t_{∞} – длительность фазового перехода.

Кривые степеней превращений (α и β) были обработаны согласно уравнению Мела – Аврамы – Ерофеева – Колмогорова:

$$-\ln(1 - \alpha(\beta)) = kt^N.$$

где k – показатель, пропорциональный константе скорости фазового перехода,

N – параметр Аврамы, характеризующий преобладающий механизм процесса кристаллизации. Более подробная методика расчета показателя Аврамы и констант скорости фазовых превращений приведена в [9].

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены ДСК-термограммы сегментов охлаждения образца эмульсии нефти в присутствии природного газа в первом и во втором циклах эксперимента.

Видно, что кривые кристаллизации водной фазы в первом и во втором циклах имеют различную форму. Так, в первом

цикле пик кристаллизации более широкий и протяженный, чем во втором, и имеет низкую интенсивность – что характерно для кристаллизации гомогенной эмульсии. Во втором цикле охлаждения эмульсии пик кристаллизации имеет узкую форму с резким началом и с высокой интенсивностью.

В работе [7] показано, что различия формы пиков кристаллизации водной фазы эмульсий нефти обусловлены особенностями механизмов замерзания капель: уширение пика обуславливается так называемой «микрореакторной» кристаллизацией водной фазы эмульсий, которая затрагивает и происходит в обособленных каплях воды независимо друг от друга, а узкие пики характерны для кристаллизации либо непрерывной водной фазы в растворах и нестабильных эмульсиях, либо для «эстафетного» механизма зарождения кристаллогидратных частиц в эмульсиях нефти.

Таким образом, показано, что в первом цикле охлаждения эмульсии в присутствии природного газа кристаллизация протекает в каждой капле эмульсии независимо друг от друга и приводит к частичному слипанию гидратных частиц (агломерации) с укрупнением капель водной фазы при разложении первичных гидратов на первом этапе нагревания (коалесценции). Во втором цикле укрупненные и частично коагулированные капли воды эмульсии кристаллизуются по эстафетному механизму, при котором замерзание одной капли приводит к замерзанию соседней капли.

При нагревании эмульсии, закристаллизованной в первом цикле, на ДСК-термограмме зафиксирован единственный пик разложения гидрата природного газа, а во втором цикле – два эндотермических сигнала: плавления фазы льда и разложения гидрата (рис. 2), причем площадь сигнала разложения гидратов в первом цикле больше, чем во втором.

Таким образом, установлено, что в первом цикле охлаждения водная фаза эмульсий полностью превращается в гидрат природного газа, а в последующем цикле образуется меньшее количество вторичных гидратов природного газа и лед.

В табл. 2 приведены температуры и энтальпии фазовых переходов в эмульсиях нефти в первом и во втором циклах гидратообразования.

Учитывая, что значения энтальпий плавления пропорциональны количеству гидрата в эмульсии, установлено, что вторичных гидратов образуется в $3,8$ раза меньше количество, чем первичных.

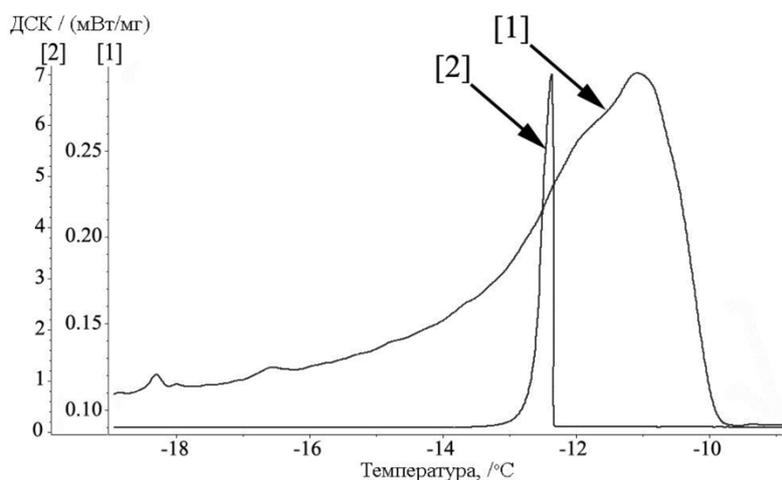


Рис. 1. ДСК-термограммы охлаждения образца эмульсии нефти в присутствии природного газа:
1 – в первом цикле, 2 – во втором цикле

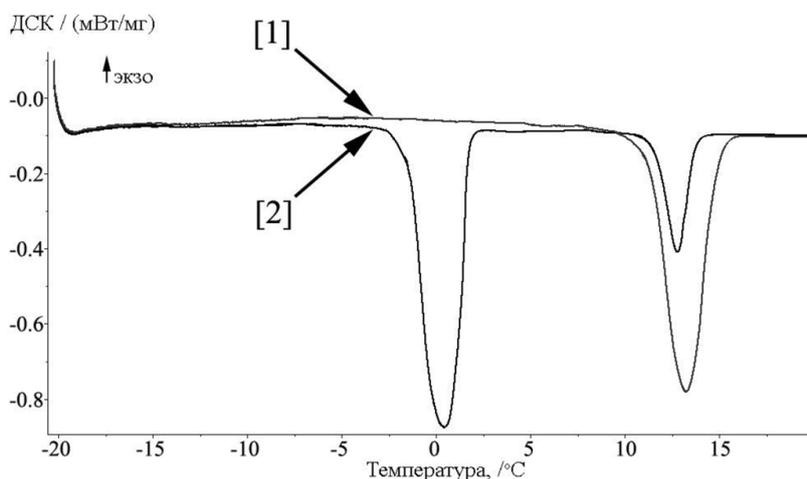


Рис. 2. ДСК-термограммы нагревания образца эмульсии нефти в присутствии природного газа:
1 – в первом цикле, 2 – во втором цикле

Таблица 2

Температуры и энтальпии фазовых переходов на ДСК-термограммах в образцах эмульсий в первом и во втором циклах

Пик	$T, ^\circ\text{C}$	$\Delta H, \text{Дж/г}$
Цикл 1		
Кристаллизация	-9,1	33,6
Плавление гидрата	11,6	-97,3
Цикл 2		
Кристаллизация	-12,4	90,7
Плавление льда	-1,5	-105,1
Плавление гидрата	11,4	-25,2

Установлено, что температуры плавления гидратов в первом и во втором циклах нагревания имеют близкие значения,

и, таким образом, первичные и вторичные гидраты природного газа, образуемые в эмульсии нефти, имеют практически одинаковый состав.

На основании ДСК-сигналов фазовых переходов в первом и во втором циклах нагревания и охлаждения были получены кривые степеней кристаллизации водной фазы эмульсий и плавления гидратов природного газа (рис. 3).

Видно, что кристаллизация водной фазы эмульсии с образованием гидратов природного газа в первом цикле охлаждения в 10 раз длиннее, чем во втором (рис. 3, а). Показано, что первичные гидраты природного газа плавятся в 2 раза медленнее, чем вторичные (рис. 3, б).

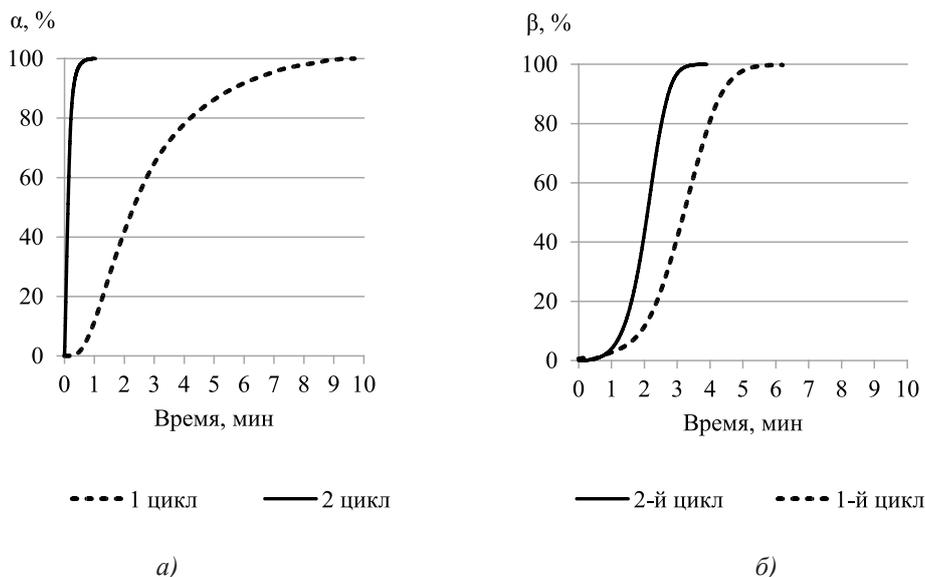


Рис. 3. Кривые степеней превращения в первом (1-й цикл) и во втором (2-й цикл) циклах процессов: а) кристаллизации водной фазы эмульсий в присутствии природного газа (α); б) плавления гидратов природного газа в эмульсии нефти (β)

В табл. 3 приведены значения кинетических параметров процессов образования и разложения гидратов природного газа в эмульсиях нефти. Установлено, что процесс кристаллизации водной фазы эмульсий нефти с образованием гидратов протекает в кинетической области ($N > 1$), причем низкое значение показателя Аврами во втором цикле охлаждения обусловлено, вероятно, влиянием фактора диффузии газа-гидратообразователя к местам роста гидрата на поверхности капель водной фазы, вклад которого в N отсутствовал в первом цикле охлаждения эмульсии, насыщенной газом.

Таблица 3

Кинетические данные процесса кристаллизации водной фазы эмульсии нефти в присутствии природного газа и процесса плавления полученных гидратов природного газа в первом и во втором циклах

Цикл	N	K, мин ⁻¹	R ²
Кристаллизация			
1	1,9	1,6	0,992
2	1,3	5,5	0,999
Плавление			
1	3,0	0,75	0,993
2	3,5	1,50	0,986

Установлено, что скорость кристаллизации гидратов природного газа в первом цикле охлаждения эмульсии в 3,8 раза ниже

по сравнению со скоростью образования вторичных гидратов, что может быть следствием «эффекта памяти» водной фазы эмульсии и/или влиянием наноразмерных пузырьков газа-гидратообразователя [12], остающихся после разложения гидратов в первом цикле нагревания эмульсии.

Видно, что плавление гидратов как первичных, так и вторичных происходит также в кинетической области, однако разложение первичных гидратов происходит со скоростью в 2 раза медленнее, чем вторичных гидратов. Таким образом, устойчивость первичных гидратов природного газа, полученных в эмульсии нефти, выше, чем вторичных.

Установлено, что в результате образования/разложения вторичных гидратов природного газа эмульсия нефти частично разрушается и образуется непрерывная водная фаза (рис. 4).

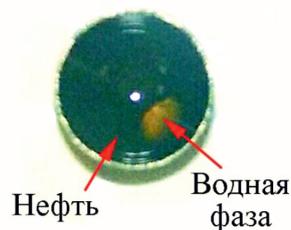


Рис. 4. Фотография образца эмульсии нефти в ДСК-тигле после второго цикла образования/разложения гидратов природного газа

Заключение

Таким образом, проведены исследования процессов образования и разложения гидратов природного газа при циклическом охлаждении/нагревании обратной эмульсии нефти. Установлено, что образование первичных гидратов в эмульсиях нефти происходит по «микрореакторному» пути, а вторичных гидратов – по «эстафетному» механизму. Установлено, что образование и разложение гидратов природного газа в эмульсионной среде происходят в кинетической области. Показано, что первичные гидраты, образованные в обратных эмульсиях нефти, в два раза устойчивее вторичных. Показано, что при циклическом охлаждении/нагревании в присутствии природного газа происходит разрушение эмульсий нефти.

Работа выполнена в рамках Госзаказа № 0377-2016-003.

Список литературы

1. Sloan E.D. Clathrate Hydrates of Natural Gases: 2nd Ed. N.Y.: CRC Press, 1998. 705 p.
2. White M., McGrail P. Designing a Pilot-Scale Experiment for the Production of Natural Gas Hydrates and Sequestration of CO₂ in Class 1 Hydrate Accumulations. *Energy Procedia*. 2009. Vol. 1. No. 1. P. 3099–3106. DOI: 10.1016/j.egypro.2009.02.090.
3. Zhen-guo Zhang, Yu Wang, Lian-feng Gao, Ying Zhang, Chang-shui Liu. Marine Gas Hydrates: Future Energy or Environmental Killer? *Energy Procedia*. 2012. Vol. 16. P. 933–938. DOI: 10.1016/j.egypro.2012.01.149.
4. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах сбора и промысловой обработки газа и нефти. М.: ВНИИГаз, 1990. 236 с.
5. Stoporev A.S., Manakov A.Yu., Kosyakov V.I., Shestakov V.A., Altunina L.K., Strelets L.A. Nucleation of Methane Hydrate in Water-in-Oil Emulsions: Role of the Phase Boundary. *Energy Fuels*. 2016. Vol. 30. No. 5. P. 3735–3741. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.5b02279.
6. Stoporev A.S., Manakov A.Y. Effective Self-Preservation of Methane Hydrate Particles in Crude Oils. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*. 2013. Vol. 7. No. 6. P. 371–374. DOI: 10.5281/zenodo.1080934.
7. Dalmazzone D., Hamed N., Dalmazzone C. DSC Measurements and Modelling of the Kinetics of Methane Hydrate Formation in Water-in-Oil Emulsion. *Chemical Engineering Science*, 2009. Vol. 64. No. 9. P. 2020–2026. DOI: 10.1016/j.ces.2009.01.028.
8. Шиц Е.Ю., Корякина В.В., Иванова И.К., Семенов М.Е. Исследования кинетики и механизма роста гидратов природного газа в эмульсиях «вода-в-асфальтосмолопарафиновых отложениях (АСПО)» и «вода-в-нефти» // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2018. Т. 26. № 3. С. 295–304. DOI: 10.15372/KhUR20180305.
9. Lachance J.W., Sloan E.D., Koh C.A. Effect of Hydrate Formation/Dissociation on Emulsion Stability using DSC and Visual Techniques. *Chemical Engineering Science*. 2008. Vol. 63. P. 3942–3947. DOI: 10.1016/j.ces.2008.04.049.
10. Ajayi T. Advanced Reservoir Modeling and Fluid Flow Studies of Natural Gas Production from the Hydrate Reservoirs of the Alaska North Slope. 2016. Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports. 5038. 178 p. DOI: 10.33915/etd.5038.
11. Zheng H., Huang Q., Wang W., Long Z., Kusalik P. G. Induction Time of Hydrate Formation in Water-in-Oil Emulsions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2017. Vol. 56. No. 29. P. 8330–8339. DOI: 10.1021/acs.iecr.7b01332.
12. Uchida T., Yamazaki K., Gohara K. Gas nanobubbles as nucleation acceleration in the gas-hydrate memory effect. *Journal of Physical Chemistry C*. 2016. Vol. 120. No. 47. P. 26620–26629. DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07995.

УДК 552.574.6:662.74

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ (МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА) УГОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ТУВИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Монгуш Г.Р.

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» СО РАН, Кызыл, e-mail: mongush983@mail.ru

Целью данной работы является выявление закономерностей изменения технических показателей и химического состава органической массы угля, методом ИК-спектрального анализа, при смешивании углей тувинских месторождений. В результате анализа технических показателей было выявлено, что все тувинские угли малозольные (6–11%) и малосернистые (0,32–0,7%). Наибольший выход летучих веществ был обнаружен в угле месторождения Каа-Хемское (46,6%). По низкой теплоте сгорания наименьшим показателем обладает уголь Межегейского месторождения (5613 ккал/кг), средний показатель у угля Элегестского месторождения (6489 ккал/кг), а высокие показатели обнаружены в углях Чаданского (7423 ккал/кг) и Каа-Хемского месторождения (7152 ккал/кг). Структурный параметр $CH_{аром.}/CH_{алиф.}$ угля Каа-Хемского месторождения значительно снижается по сравнению с другими углями, что свидетельствует о низкой ароматичности и характеризует степень ненасыщенности в угле. Согласно параметру $CH_{алиф.}/C_{аром.}$ наиболее спекаемой способностью обладают угли Межегейского и Каа-Хемского месторождения, по сравнению с углем Элегестского месторождения, также последний оказался наиболее окисленным. При смешивании тувинских углей различных месторождений все технические показатели естественным образом усредняются, в результате чего можно получить топливо требуемого качества по основным проблемным показателям (при слоевом сжигании): $A_{д}, \% V_{дат}, \% Q_{п},$ ккал/кг. А также результаты исследований углей методом ИК-спектрального анализа показали перспективность в экспресс-анализе требуемых характеристик (спекаемость и т.д.) шихты, для получения прочного кокса, что требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: каменный уголь, угольные смеси, ИК-спектры, структурные параметры, технические показатели, тувинские месторождения

RESEARCH OF CHANGE OF TECHNICAL INDICATORS AND CHEMICAL PROPERTIES (METHOD OF IR SPECTRAL ANALYSIS) OF COAL MIXTURES OF TUVIN DEPOSITS

Mongush G.R.

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS, Kyzyl, e-mail: mongush983@mail.ru

The aim of this work is to identify patterns of changes in technical indicators and the chemical composition of the organic mass of coal, by the method of IR spectral analysis, when mixing the coals of Tuva deposits. The analyses of technical indicators show that all Tuva coals are low-ash (6-11%) and low-sulfur (0.32-0.7%). The highest yield of volatile content was fixed in the coals of the Kaa-Khemsy deposit (46.6%). Coals of the Mezhegeysky deposit (5613 kcal/kg) have the lowest index of combustion, the average value is fixed in the coals of the Elegestsy deposit (6489 kcal/kg), and high value are in the coals of the Chadansky (7423 kcal/kg) and the Kaa-Khemsy deposit (7152 kcal/kg). The structural parameter $CH_{аром.}/CH_{алиф.}$ of the Kaa-Khemsy deposit coals significantly decreases compared to other coals indicating a low aromaticity and characterizing the degree of unsaturation in the sample. Coals of the Mezhegeysky and the Kaa-Khemsy deposits have the most caking index according to the parameter $CH_{алиф.}/C_{аром.}$ in comparison with the coal of the Elegestsy deposit, the latter is the most oxidized. All technical indicators are averaged out when the coals of several various deposits are mixed, as follows from the analysis it is possible to achieve fuel of the required quality according to the main problem indicators (with layer burning): $A_{д}, \% V_{дат}, \% Q_{п},$ kcal/kg. Calculations showed that the formation of prices (fuel costs) is possible by mixing oxidized ballast coals with more reactive coals. The results of coal study by IR spectrometry showed future effectiveness in the short-time test of the required characteristics (caking index etc.) of the blend for obtaining coke that requires further detailed study.

Keywords: coal, coal blends, IR spectra, structural parameters, technical indicators, Tuva deposits

Тарифная служба Республики Тыва на многочисленные запросы граждан Республики Тыва о завышенных ценах на уголь, реализуемый населению в Республике Тыва, разъяснила, что цена на уголь не регулируется государством и что угледобывающие предприятия устанавливают свои собственные цены, ссылаясь на Указ Президента Российской Федерации от 21 июня 1993 г. № 934 «О мерах по стабилизации положения в угольной промышленности»

и с 1 июля 1993 г. был осуществлен переход к использованию свободных (рыночных) цен на уголь и его продукцию.

Правительство Республики принимает ряд мер по снижению себестоимости угля, например Постановлением Правительства Республики Тыва от 21 мая 2010 г. № 212 с учетом марки угля и расстояний от угледобывающих предприятий до населенных пунктов установлены максимальные розничные цены на твердое топливо.

В работе [1], для повышения инвестиционной привлекательности угольной продукции, увеличения объемов продаж, повышения качества и снижения себестоимости, финансово-промышленными группами предложено создание межотраслевого комплекса (МПК), а одним из реализуемых проектов МПК является использование бурого угольной смеси (КБУС) при сжигании на тепловых электростанциях. Производство этой смеси планируется осуществлять в усреднительно-подготовительных комплексах. Сделан предварительный вывод о возможности использования КБУС в соотношении 70% каменного угля и 30% бурого угля.

В Институте угольных технологий Национальной академии наук Украины [2] были проведены исследования по сжиганию смесей антрацита с тощим углем (*с добавлением 16%, 27,5%, 44% антрацита*) и влиянию газового угля (*с добавлением 10%, 20%, 30% к антрациту*) на выгорание его смеси с антрацитом. Доказано, что добавление более реакционного угля к антрациту улучшает стабильность факела и выгорания углерода смеси, что подтверждает наличие синергетического эффекта в процессах горения угольных смесей различной степени метаморфизма.

В работе [3] установлено, что наиболее реакционной способностью из тувинских углей обладают угли 1 ГЖ Каа-Хемского месторождения, менее реакционноспособными угли являются месторождения: Чаданский (марка угля 2Г), Межегейский (марка угля Ж) и Элегестский (марка угля Ж). В настоящее время в энергетических целях используются в Туве только два месторождения: Каа-Хемский и Чаданский. При сжигании углей влияют их технические показатели (выход летучих веществ, зольность и низшая теплота сгорания), которые для всех месторождений отличаются, поэтому получение топлива с требуемыми свойствами путем их смешивания весьма перспективно.

Также использование коксующихся углей тувинских месторождений в производстве кокса тоже является весьма перспективным направлением [4]. Прогнозирование выхода основных продуктов этого производства играет важную роль. Существует большое количество публикаций [5, 6], но до сих пор не существует научно обоснованных методов планирования выхода кокса и сопутствующих продуктов. Выход кокса на предприятиях в основном основывалось на показателе выхода летучих веществ шихты [7]. Процесс отбора угля при шихтовании очень сложен и имеет ряд предварительных технических и химических анализов [8, 9].

Авторы работ [10,11] исследовали оценку качества шихты коксования методом ИК-спектрального анализа, которая является одним из перспективных экспресс-анализов углей при коксовании.

Цель работы: выявить закономерности изменения технических показателей и химического состава ОМУ, методом ИК-спектрального анализа, при смешивании углей тувинских месторождений.

Материалы и методы исследования

Автором были подготовлены угольные смеси (*крупность фракций менее 1 мм*) в нескольких массовых соотношениях (20:80; 40:60; 60:40; 80:20) из углей тувинских месторождений (Элегестского (ЭУ), Межегейского (МУ), Чаданского (ЧУ), Каа-Хемского (КУ)). Перед определением технических параметров аналитические пробы были доведены до воздушно-сухого состояния и подвергались тщательному перемешиванию.

Технические показатели углей и их смесей проводили стандартными методами, согласно ГОСТам: ГОСТ 11022-95 – Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности; ГОСТ Р 52911-2013 Топливо твердое минеральное. Определение общей влаги (с Поправкой); ГОСТ 33503-2015 (ISO 11722:2013, ISO 5068-2:2007) Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги в аналитической пробе; ГОСТ Р 55660-2013 Топливо твердое минеральное. Определение выхода летучих веществ; ГОСТ 30404-2013 (ISO 157:1996) Топливо твердое минеральное. Определение форм серы; ГОСТ 147-2013 (ISO 1928-2009) Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания (с Поправкой).

ИК спектры образцов углей регистрировали на Фурье-спектрометре «Tensor S2» в области 400–4000 см⁻¹. Обработку ИК спектров осуществляли с помощью программного обеспечения OPUS, прилагаемого к спектрометру.

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе таблицы было выявлено, что все тувинские угли малозольные (6–11%), малосернистые (0,32–0,7%). Выход летучих веществ в углях возрастает по месторождениям в ряду ЭУ (35,9%), ЧУ (36,4%), МУ (39,2%) и наиболее высокий показатель у КУ (46,6%). По низшей теплоте сгорания наименьший показатель имеет МУ (5613 ккал/кг), средний показатель у ЭУ (6489 ккал/кг), высокие показатели были выявлены у ЧУ (7423 ккал/кг) и КУ (7152 ккал/кг).

Технические показатели и средняя цена исходных углей некоторых месторождений (Межегейское, Элегестское, Каа-Хемское, Чаданское) и их смесей

№	Наименование	Зольность, A ^d	Влага рабочая, W _t ^r	Аналитическая влага	Выход летучих веществ V ^{daf} , %	Содержание серы, S ^d , %	Низшая теплота сгорания, ккал/кг
				W ^a			
1	ЭУ исх	10,2	2	0,8	35,9	0,51	6489
2	ЧУ исх	6,9	1,9	0,7	36,4	0,7	7423
3	МУ исх	8,7	1,9	0,8	39,2	0,6	5613
4	КУ исх	6,8	1,8	1,6	46,6	0,32	7152
Угольная смесь месторождений Элегестское – Чаданское							
5	ЭУ20-ЧУ80	7,4	1,8	0,8	36,3	0,67	7264
6	ЭУ40-ЧУ60	7,9	1,8	0,8	36,1	0,64	6978
7	ЭУ50-ЧУ50	8,6	1,9	0,7	36	0,54	6970
8	ЭУ60-ЧУ40	8,6	2	0,7	36	0,53	6944
9	ЭУ80-ЧУ20	8,9	1,9	0,7	35,9	0,52	6806
Угольная смесь месторождений Межегейское – Чаданское							
10	МУ20-ЧУ80	6,8	1,7	0,8	36,2	0,69	7116
11	МУ40-ЧУ60	7,8	1,9	0,8	36,4	0,68	6755
12	МУ50-ЧУ50	8,2	2	0,8	36,7	0,66	6596
13	МУ60-ЧУ40	8,8	1,8	0,7	36,9	0,64	6418
14	МУ80-ЧУ20	8,7	2	0,7	38,2	0,61	5954
Угольная смесь месторождений Элегестское – Каа-Хемское							
15	ЭУ20-КУ80	6,6	1,9	1,5	44,2	0,35	6993
16	ЭУ40-КУ60	8,5	1,7	1,4	44,1	0,4	6926
17	ЭУ50-КУ50	7,9	1,8	1,4	44	0,43	6904
18	ЭУ60-КУ40	8,5	1,9	1,3	43,7	0,45	6876
19	ЭУ80-КУ20	8,8	2	1	36,1	0,5	6731
Угольная смесь месторождений Межегейское – Каа-Хемское							
20	МУ20-КУ80	6,7	1,9	1,6	44,7	0,33	6982
21	МУ40-КУ60	6,9	1,7	1,4	44,6	0,35	6649
22	МУ50-КУ50	7,2	1,9	1,3	43,7	0,51	6406
23	МУ60-КУ40	7,6	1,8	1	42,6	0,56	6273
24	МУ80-КУ20	8	1,7	1	42,1	0,59	5905

Среди физико-химических методов исследования состава и структуры поверхностных слоев угольных частиц инфракрасная спектроскопия (ИКС) дает наиболее существенную информацию о молекулярном строении органического вещества угля. Из рис. 1 видно, что для всех углей характерными оказались следующие группы соединений в частотных областях поглощения, см⁻¹: 3450 – валентные колебания О-Н групп, связанных водородными связями; 3030–3050 – валентные колебания С-Н связей в ароматических и непредельных соединениях; 2800–2950 – валентные колебания алифатических СН₂, СН₃-групп; 1600–1650 – скелетные колебания С=C ароматических колец, связей С=О в кетонах, альдегидах, хинонах; 1350–1470 – деформационные колебания метильных и метиленовых групп; 1000–1300 – колебания

в различных кислородсодержащих группах; 700–900 – внеплоскостные деформационные колебания ароматических связей С-Н.

ИК-спектры всех исследуемых углей и их смесей приблизительно сходны. Однако по ИК-спектру угля Межегейского месторождения видно, что в его структуре ярко выражена ароматическая составляющая. Об этом свидетельствуют более интенсивные пики в области 3040 см⁻¹ и 700–900 см⁻¹, характерные для СН связей ароматического кольца. В угле Каа-Хемского месторождения присутствует пик в области ≈3350 см⁻¹, который отсутствует в спектрах других углей и относится к валентным колебаниям N-H связей. В угле Элегестского месторождения наблюдается плечо в области ≈1730 см⁻¹, которое относится к С=О валентным колебаниям, что может свидетельствовать о некоторой окисленности данного угля.

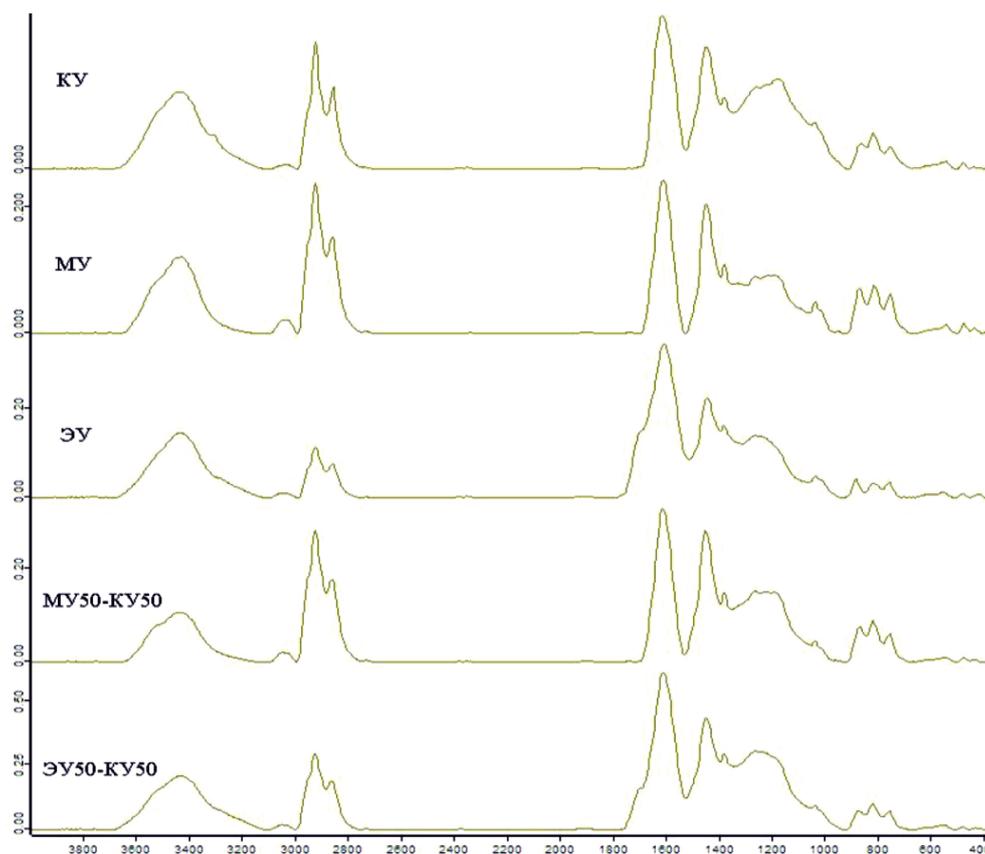


Рис. 1. ИК-спектры углей Каа-Хемского (КУ), Межегейского (МУ), Элегестского (ЭУ) месторождений и их смеси в пропорциях 50% на 50% (МУ50-КУ50, ЭУ50-КУ50)

Для сравнения в качестве структурных параметров, были выбраны следующие отношения интенсивностей характеристических полос поглощения: $\text{CH}_{\text{аром.}}/\text{CH}_{\text{алиф.}}$ (D_{3040}/D_{2920}) – этот параметр давно используется как характеристика степени ароматичности углей, однако более корректным представляется рассматривать как соотношение CH связей системы полисопряжения и алифатических структур, а также параметр $\text{C}=\text{C}_{\text{аром.}}/\text{CH}_{\text{метил.}}$ (D_{1600}/D_{1440}), который характеризует долю деформационных колебаний $\text{C}-\text{H}$ связей в ароматических фрагментах ОМУ [5]. А также взяты параметры $\text{CH}_{\text{алиф.}}/\text{C}=\text{C}_{\text{аром.}}$ (D_{2920}/D_{1600}) и $\text{CH}_{\text{аром.}}/\text{C}=\text{C}_{\text{аром.}}$ (D_{3040}/D_{1600}), характеризующие количественные показатели алифатических и ароматических CH связей по отношению внутреннего стандарта полос поглощения скелетных колебаний ароматических колец при 1600 см^{-1} [12].

Из рис. 2 видно, что все структурные показатели ($\text{CH}_{\text{аром.}}/\text{CH}_{\text{алиф.}}$, $\text{CH}_{\text{аром.}}/\text{C}=\text{C}_{\text{аром.}}$; $\text{CH}_{\text{алиф.}}/\text{C}=\text{C}_{\text{аром.}}$; $\text{C}=\text{C}_{\text{аром.}}/\text{CH}_{\text{метил.}}$) отличаются для углей и усредняются при смешивании их.

В работе [13] были исследованы угли различной стадии метаморфизма методом ИК-спектрального анализа, в сочетании с данными химического и элементного анализа. Было установлено, что количество ароматического углерода возрастает с уменьшением выхода летучих веществ, что согласуется с данными наших образцов: структурный параметр $\text{CH}_{\text{аром.}}/\text{CH}_{\text{алиф.}}$ угля Каа-Хемского месторождения (КУ) существенно снижается, что говорит нам о низкой ароматичности и характеризует степень ненасыщенности в углях, с высоким выходом летучих веществ (46,6%) и далее степень ароматичности углей и их смесей Межегейского и Элегестского месторождения возрастает в ряду – ЭУ50-КУ50 ($V_{\text{daf}} - 44\%$); МУ50-КУ50 ($V_{\text{daf}} - 43,7\%$); МУ ($V_{\text{daf}} - 39,2\%$); ЭУ ($V_{\text{daf}} - 35,9\%$), соответственно с уменьшением выхода летучих веществ образцов. Увеличение количества ароматического водорода происходит за счет уменьшения углерода в алифатических CH_2 и CH группах.

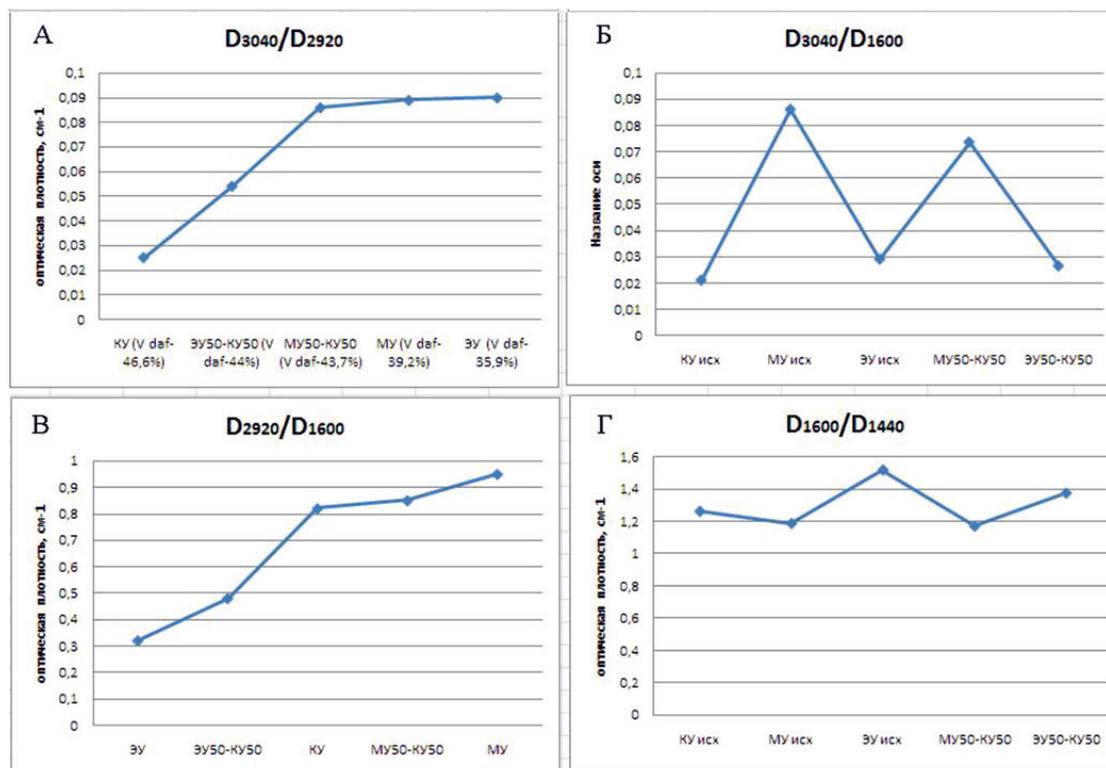


Рис. 2. Структурные показатели: А – $CH_{аром.}/CH_{алиф.}$ (D_{3040}/D_{2920}); Б – $CH_{аром.}/C=C_{аром.}$ (D_{3040}/D_{1600}); В – $CH_{алиф.}/C=C_{аром.}$ (D_{2920}/D_{1600}); Г – $C=C_{аром.}/CH_{метил.}$ (D_{1600}/D_{1440})

Параметр $CH_{алиф.}/C=C_{аром.}$ (D_{2920}/D_{1600}) позволяет выявить отличия в спекаемости равнометаморфизованных углей различных бассейнов: он всегда выше и лучше у спекающихся углей, а при окислении симметрично снижается со спекаемостью. Согласно данному параметру спекаемость углей и их смесей в наших образцах снижается в рядах: МУ, МУ50-КУ50, КУ, ЭУ50-КУ50, ЭУ. Наиболее спекаемой способностью обладают угли Межегейского и Каа-Хемского месторождения, по сравнению с углем Элегестского месторождения, что согласуется с пластометрическими показателями Y: МУ-33; КУ-20; ЭУ-14, определенными в отделе технического контроля Тувинской горнорудной компании (ТГРК).

Заключение

1. При смешивании тувинских углей различных месторождений все технические показатели естественным образом усредняются, в результате чего можно получить доступное топливо (путем смешивания окисленных углей с более реакционноспособными углями) и требуемого качества по основным проблемным показателям (при сло-

вом сжигании): зольность ($A_d, \%$), выход летучих веществ ($V_{daf}, \%$) и низшая теплота сгорания ($Q_p, \text{ккал/кг}$). Например: в смеси МУ50-КУ50 по сравнению с КУ видно, что зольность и выход летучих веществ снижается, а низшая теплота сгорания по сравнению с МУ повышается. Для сжигания смесей в печах частного сектора рекомендуется топливо подвергнуть брикетированию.

2. В будущем (после строительства ж/д Кызыл – Курагино) тувинские угли могут стать основой для приготовления шихты с получением высококачественного кокса, и метод ИК-спектроскопии, является одним из перспективных экспресс-анализов, которые позволяют значительно сократить время анализа углей для оперативно-оптимального шихтования и получения кокса максимальной прочности. Методом ИК-спектрального анализа углей было подтверждено, что по структурным параметрам можно сравнивать образцы по степени ароматичности, окисленности и спекаемости.

Автор работы выражает благодарность за помощь в выполнении технических методов анализа начальнику ОТК ТГРК Ч.М. Иргит.

Список литературы

1. Овинников В.А., Федоров Н.В., Осипов В.В., Устинович О.В. Экономическая эффективность использования каменно-бурой угольной смеси в топливно-дефицитных регионах России // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 4. С. 381–386.
2. Бесценный И.В., Бондзик Д.Л., Щудло Т.С., Дунавская Н.И. Исследование синергетических эффектов при факельном сжигании угольных смесей // Сборник научных статей «Современная наука». 2011. № 3 (8). С. 119–124.
3. Монгуш Г.Р., Самойло А.С. Исследование реакционной способности углей и их газовых продуктов в процессах термоокислительной деструкции. // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–2. С. 318–325.
4. Золотухин Ю.А. О свойствах углей Улуг-Хемского бассейна. Закономерности формирования качества кокса из шихт с участием Элегестского месторождения // Кокс и химия. 2016. № 5. С. 2–10.
5. Аксенин А.П., Крюков А.Н., Семисалов Л.П. Об определении выхода кокса // Кокс и химия. 1984. № 7. С. 23–25.
6. Улановский М.Л. Влияние выхода летучих веществ и зольности шихты на выходе кокса // Кокс и химия. 1990. № 10. С. 51–52.
7. Рубчевский В.Н. Выход кокса в зависимости о свойств шихты и конечной температуры коксования // Кокс и химия. 2014. № 4. С. 29–32.
8. Головки М.Б., Дроздик И.Д., Мирошниченко Д.В., Кафтан Ю.С. Использование данных элементного и петрографического анализов углей для прогнозирования выхода химических продуктов коксования // Кокс и химия. 2012. № 4. С. 09–18.
9. Черкасова Т.Г., Субботин С.П., Неведров А.В., Папин А.В., Колмаков Н.Г., Васильева Е.В. Оценка показателя коксуюмости угольных концентратов на основе исследования прочности нелетучего остатка от определения выход химических продуктов коксования // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 6 (118). С. 178–185.
10. Посохов Ю.М. Разработка и промышленное осуществление экспресс-анализа углей на основе ИК-спектроскопии: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.07. Екатеринбург, 2055.
11. Антонова В.А., Котельникова Н.Ю., Бурков В.В. Оценка качества углей и шихты для коксования на основе ИК-спектрального анализа // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. № 9. С. 4–8.
12. Левданский А.В., Кондрасенко А.А., Маляр Ю.Н., Левданский В.А., Кузнецов Б.Н. Изучение органосольвентных лигнинов методами ИК-ЯМР-спектроскопии // Журнал Сибирского федерального университета. серия: химия. 2019. № 12 (2). С. 201–220.
13. Русьянова Н.Д. Углекислота / Отв.ред. Е.И. Андрейков. М.: Наука, 2003. 316 с.

УДК 547.831:615.012.1

**СИНТЕЗ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВИНИЛСУЛЬФИДОВ,
СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНОЭФИРНЫЕ ФУНКЦИИ**

**¹Мусалов М.В., ^{1,2}Шкурченко И.В., ¹Ишигеев Р.С., ¹Мусалова М.В.,
¹Зинченко С.В., ¹Амосова С.В., ¹Потапов В.А.**

¹*Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского Сибирского отделения
Российской академии наук, Иркутск, e-mail: musalov_maxim@irioch.irk.ru;*

²*ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск*

На основе реакций нуклеофильного присоединения 2-меркаптохинолина к диалкиловым эфирам ацетилендикарбоновой кислоты разработаны эффективные методы синтеза Z- и E-изомеров диметилового и диэтилового эфиров 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты с количественными выходами. Реакции осуществляются без применения каких-либо катализаторов при пониженной температуре (0 °С) при использовании в качестве растворителя хлористого метилена или ацетонитрила. Реакции протекают стереоселективно и приводят к смеси Z- и E-аддуктов с преобладанием в смеси Z-изомера. Так, для диметилового эфира 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты соотношение двух изомеров Z- и E-строения равно 5 : 3 (CH₂Cl₂). При проведении аналогичной реакции в ацетонитриле доля E-изомера снижается до соотношения 5 : 2. Аналогичная картина наблюдается в случае реакции с этильным производным: соотношение Z- и E-изомеров диэтилового эфира 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты в хлористом метиле составляет 10 : 5, в ацетонитриле 10 : 4. Таким образом, увеличение полярности растворителя увеличивает долю Z-изомера в смеси продуктов. Диметилвый и диэтиловый эфиры 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты – новые винилсульфиды, которые могут быть использованы для органического синтеза и получения новых биологически активных соединений. Наличие хинолиновой фармакофорной группы, винилсульфанильной и сложноэфирной функции делает эти соединения перспективными для использования их в фармакологии, медицинской и органической химии.

Ключевые слова: фармакофорная группа, нуклеофильное присоединение, 2-меркаптохинолин, диалкиловые эфиры 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты, сложноэфирные функции

**SYNTHESIS OF NEW FUNCTIONAL VINYL SULFIDES
CONTAINING ESTER FUNCTIONS**

**¹Musalov M.V., ^{1,2}Shkurchenko I.V., ¹Ishigeev R.S., ¹Musalova M.V.,
¹Zinchenko S.V., ¹Amosova S.V., ¹Potapov V.A.**

¹*A.E. Favorskiy Irkutsk Institute of Chemistry, SD RAS, Irkutsk, e-mail: musalov_maxim@irioch.irk.ru;*

²*Irkutsk State University, Irkutsk*

Based on the 2-mercaptoquinoline addition to dialkyl esters of acetylenedicarboxylic acid, effective methods for the synthesis of Z- and E-isomers of dimethyl and diethyl esters of 2-(quinolin-2-ylsulfanyl)-2-butendioic acid in quantitative yields have been developed. The reaction was carried out under catalyst-free conditions at a temperature of 0 °C in methylene chloride or acetonitrile. The reaction of 2-mercaptoquinoline with dialkyl esters of acetylenedicarboxylic acid proceeds stereoselectively and leads to a mixture of Z- and E-adducts with a predominance of Z-isomer in the mixture. Thus, the ratio of the Z- and E-isomers of dimethyl ester of 2-(quinolin-2-ylsulfanyl)-2-butendioic acid is 5 : 3 (CH₂Cl₂). When a similar reaction was carried out in acetonitrile, the proportion of the E-isomer decreased to a ratio of 5 : 2. A similar picture was observed in the case of a reaction with ethyl derivative: the ratio of Z- and E-isomers of diethyl ester of 2-(quinolin-2-ylsulfanyl)butendioic acid in chloride methylene is 10 : 5, in acetonitrile 10 : 4. Thus, increasing the polarity of the solvent increases the content of the Z-isomer in the product mixture. Dimethyl and diethyl esters of 2-(quinolin-2-ylsulfanyl)butendioic acid are new vinyl sulfides which can be used for the organic synthesis and preparation of new biologically active compounds. The presence of pharmacophore quinoline, vinylsulfanyl and ester groups makes these compounds promising for use in pharmacology, medical and organic chemistry.

Keywords: pharmacophore group, nucleophilic addition, 2-mercaptoquinoline, dialkyl esters of 2-(quinolin-2-ylsulfanyl)-2-butendioic acid, ester functions

Винилсульфиды – ценные мономеры и полупродукты для органического синтеза [1, 2]. Способность винилсульфидов к реакциям гетероциклизации, диенового синтеза, гидроксирования позволяет получать различные функциональные циклические и линейные соединения. Винилсульфиды вступают в реакции электрофильного и радикального присоединения к двойной связи, радикальной

и электрофильной полимеризации и сополимеризации, что позволяет использовать их для получения растворимых и нерастворимых полимеров с самыми разнообразными свойствами [3–5]. Такие полимеры используются в качестве сорбентов золота, серебра и платины, для очистки сточных вод химических, химико-металлургических предприятий от ионов ртути, в качестве пленок, покрытий, изоляцион-

ных и термостойких высокопрочных материалов [6, 7].

Сообщается об антимикробном, в частности бактерицидном, действии производных винилсульфидов. Известно, что дивинилсульфид и его низшие линейные олигомеры, имеющие в своем составе поливинилсульфидные блоки, с аллил- и метилсульфоксидными остатками в качестве концевых групп, обладают сильным бактерицидным действием [3, с. 169].

Хинолин привлекает пристальное внимание ученых в области химии и биологии. Хинолин – конденсированный гетероцикл с широким спектром биологической активности. Хинолиновое ядро, являясь ключевым строительным элементом многих природных соединений, играет важную роль при разработке многих синтетических соединений с различными фармакологическими свойствами. Введение хино-

линового ядра в органические субстраты определяет их биологическую активность, что делает хинолин очень перспективным соединением для разработки новых лекарственных препаратов. Соединения, полученные на основе хинолина, обладают антибактериальным, противомаларийным, противовоспалительным, анальгетическим, противоопухолевым, гипотензивным и антгельминтным действиями [8–10].

Ниже представлены некоторые производные хинолина, которые активно используются в клинической практике: хинин (жаропонижающее, противомаларийное, обезболивающее, противовоспалительное действие), хлорохин (противомаларийное), амидиахин (противомаларийное и противовоспалительное), саквинавир (антиретровирусное), мефлохин (противотуберкулезное), ворелоксин (противораковое) (Схема 1) [11, 12]:

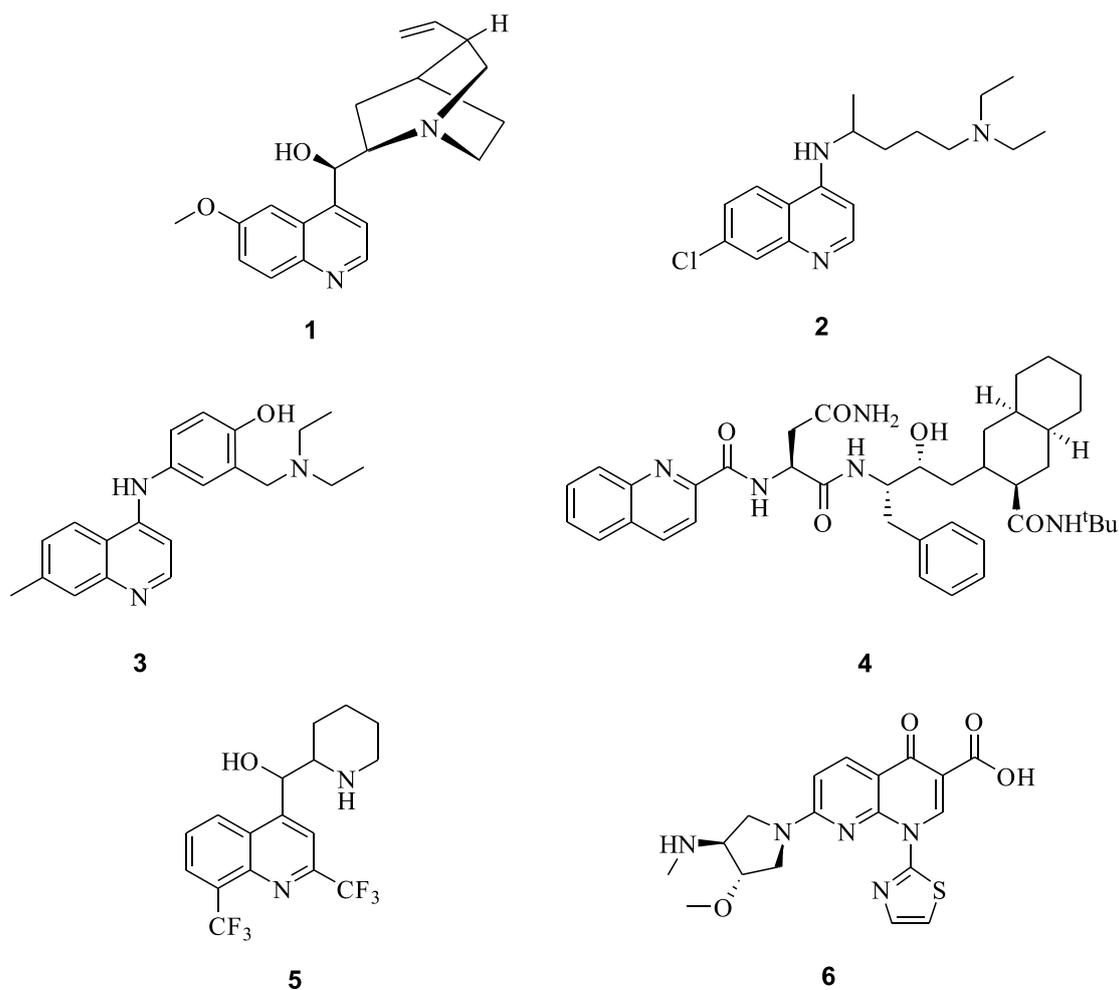


Схема 1. Фармакологические препараты – производные хинолина и его аналогов: хинин (1), хлорохин (2), амидиахин (3), саквинавир (4), мефлохин (5), ворелоксин (6)

В связи с этим производные винилсульфидов, содержащих хинолиновый цикл и сложноэфирные группы с потенциальной биологической активностью, представляют большой интерес.

Такой широкий спектр биологической активности хинолина, в совокупности с его синтетической универсальностью, делает это соединение весьма перспективным для разработки новых фармацевтических препаратов.

Таким образом, синтез новых ранее неизвестных соединений, имеющих в своем составе винилсульфидную группу и фармакофорный хинолиновый цикл, представляется очень актуальной и важной задачей.

Цель исследования: разработка удобных способов получения новых функционализированных винилсульфидов, содержащих сложноэфирные функции и хинолиновый фрагмент, на основе реакции нуклеофильного присоединения 2-меркаптохинолина к диметиловому и диэтиловому эфирам ацетилендикарбоновой кислоты.

Материалы и методы исследования

Диметиловый и диэтиловый эфиры ацетилендикарбоновой кислоты, 2-меркаптохинолин – импортные реактивы (Alfa Aesar).

Спектры ЯМР сняты в дейтерохлороформе на спектрометре Bruker DPX-400 на рабочих частотах 400.1 (спектры ^1H) и 100.6 (спектры ^{13}C). Гексаметилдисулфоксан применен как внутренний стандарт. СННС-анализатор Thermo Scientific Flash 2000 использован для элементного анализа. Температуры плавления определены на приборе Voëtius (PHMK 05 VEB Wagetechnik Rapido).

Диметиловый эфир 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты (13, 15). Охлажденный на ледяной бане раствор 2-меркаптохинолина (0,161 г, 1 ммоль) в CH_2Cl_2 (5 мл) добавили по каплям к охлажденному на ледяной бане раствору диметилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты (0,11 г, 1 ммоль) в CH_2Cl_2 (10 мл). Смесь перемешивали 2 ч при 0°C и 24 ч при комнатной температуре. На роторном испарителе отогнали хлористый метилен, затем сушили продукт в вакууме. Получили диметиловый эфир 2-(2-хинолинилсульфанил)-2-бутендиовой кислоты (**13**, **15**) с количественным выходом в виде порошка светло-желтого цвета. Т. пл. $89\text{--}91^\circ\text{C}$. Соотношение **13** : **15** составляет 5 : 3. Найдено, %: С 59.65; Н 4.49; N 4.81; S 10.89. $\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{NO}_4\text{S}$. Вычислено, %: С 59.39; Н 4.32; N 4.62; S 10.57.

Z-изомер (13). Спектр ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м.д.): 3.76 (с, OCH_3), 3.81 (с, OCH_3), 6.89 (с, =CH), 7.55–7.63 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$),

7.76–7.86 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.94–8.01 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 8.37–8.42 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$). Спектр ЯМР ^{13}C (DMSO- d_6 , δ , м.д.): 51.4 (CH_3), 51.9 (CH_3), 121.1 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.3 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.7 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 127.3 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 127.9 (=CH), 128.4 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 131.0 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 137.5 (SCH=), 142.3 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 147.7 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 156.6 (=C-S), 164.7 (C=O), 164.8 (C=O).

E-изомер (15). Спектр ЯМР ^1H (DMSO- d_6 , δ , м.д.): 3.69 (с, OCH_3), 3.83 (кв, OCH_3), 6.89 (с, =CH), 7.59–7.65 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.77–7.87 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.91–8.01 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 8.43–8.49 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$). Спектр ЯМР ^{13}C (DMSO- d_6 , δ , м.д.): 51.6 (CH_3), 51.8 (CH_3), 121.0 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.5 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.3 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 127.5 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 128.0 (=CH), 128.5 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 130.9 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 137.7 (SCH=), 142.1 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 147.9 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 156.8 (=C-S), 164.5 (C=O), 165.0 (C=O).

Диэтиловый эфир 2-(2-хинолинилсульфанил)-2-бутендиовой кислоты (14, 16). Охлажденный на ледяной бане раствор 2-меркаптохинолина (0,161 г, 1 ммоль) в CH_2Cl_2 (5 мл) добавили по каплям к охлажденному на ледяной бане раствору диэтилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты (0,17 г, 1 ммоль) в CH_2Cl_2 (10 мл). Смесь перемешивали 2 ч при 0°C и 24 ч при комнатной температуре. На роторном испарителе отогнали хлористый метилен, затем сушили продукт в вакууме. Получили 0,331 г диэтилового эфира 2-(2-хинолинилсульфанил)-2-бутендиовой кислоты (**14**, **16**) в виде порошка светло-желтого цвета с количественным выходом. Т. пл. $79\text{--}81^\circ\text{C}$. Соотношение **14** : **16** составляет 2 : 1. Найдено, %: С 61.34; Н 4.98; N 4.48; S 9.42. $\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{NO}_4\text{S}$. Вычислено, %: С 61.61; Н 5.17; N 4.23; S 9.68.

(Z)-изомер (14). Спектр ЯМР ^1H (400.13 МГц, DMSO- d_6), δ , м. д. (J, Гц): 0.90 (т, CH_3), 1.28 (т, CH_3), 4.01 (кв, OCH_2), 4.26 (кв, OCH_2), 6.93 (с, =CH), 7.58–7.66 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.78–7.88 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.98–7.04 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 8.33–8.38 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$). Спектр ЯМР ^{13}C (100.61 МГц, DMSO- d_6), δ , м. д. (J, Гц): 13.9 (CH_3), 14.2 (CH_3), 61.3 (CH_2), 62.2 (CH_2), 121.3 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.5 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.8 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 127.2 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 127.6 (=CH), 128.5 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 130.9 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 137.6 (SCH=), 142.2 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 147.7 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 156.5 (=C-S), 164.5 (C=O), 164.7 (C=O).

(E)-изомер (16). Спектр ЯМР ^1H (400.13 МГц, DMSO- d_6), δ , м. д. (J, Гц): 1.13 (т, CH_3), 1.25 (т, CH_3), 4.13 (кв, OCH_2), 4.22 (кв, OCH_2), 6.86 (с, =CH), 7.60–7.67 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.80–7.89 (м, 2H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 7.97–7.03 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 8.34–8.39 (м, 1H, $\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$). Спектр ЯМР ^{13}C (100.61 МГц, DMSO- d_6), δ , м. д. (J, Гц): 14.1 (CH_3), 14.4 (CH_3), 61.5 (CH_2), 62.3 (CH_2), 121.4 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.6 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 126.9 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$), 127.1 ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}$),

127.8 (=CH), 128.4 (C₉H₈N), 131.0 (C₉H₈N), 137.9 (SCH=), 142.4 (C₉H₈N), 147.6 (C₉H₈N), 156.6 (=C-S), 164.6 (C=O), 164.9 (C=O).

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее нами осуществлена разработка селективного способа получения функциональных винилсульфидов на основе реакции 2-меркаптохинолина с алкилпропиолатами [13]. Были найдены условия регио- и стереоселективного присоединения 2-меркаптохинолина к алкиловым эфирам пропиоловой кислоты. Реакция протекает при комнатной температуре в метаноле. При этом образуются преимущественно (Z)- и (E)-изомеры метил-3-(хинолин-2-илсульфанил)акрилата (**7, 8**) и этил-3-(хинолин-2-илсульфанил)акрилата (**9, 10**) (Схема 2).

В продолжение этих исследований с целью расширения спектра ранее неизвестных

функциональных винилсульфидов, имеющих в своем составе хинолиновое кольцо и сложноэфирные фрагменты, нами были изучены реакции 2-меркаптохинолина с диалкиловыми эфирами ацетилендикарбоновой кислоты.

Нуклеофильное присоединение 2-меркаптохинолина к диалкиловым эфирам ацетилендикарбоновой кислоты проводили при охлаждении до 0 °С с последующим перемешиванием при комнатной температуре в хлористом метиле или ацетонитриле. Установлено, что взаимодействие 2-меркаптохинолина с диалкиловыми эфирами ацетилендикарбоновой кислоты в данных условиях протекает стереоселективно, и приводит к (Z)- и (E)-изомерам диалкиловых эфиров 2-(хинолин-2-илсульфанил)бутендиовой кислоты (**13-16**) (рис. 2). Винилсульфиды **13-16** ранее в литературе описаны не были.

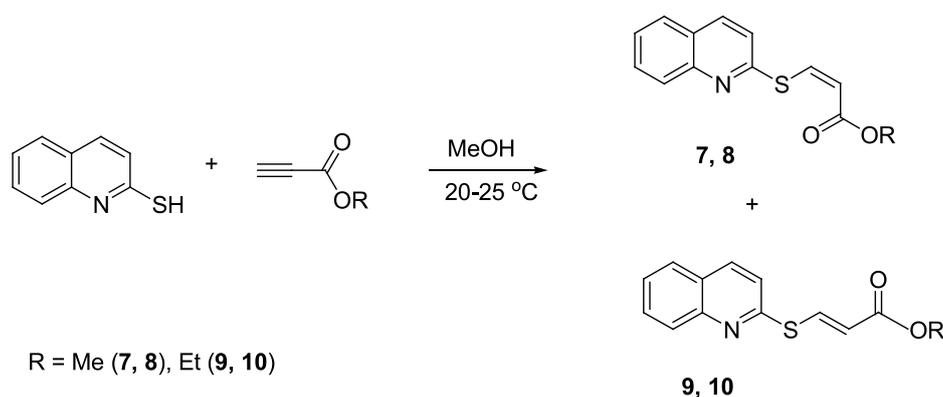


Схема 2. Взаимодействие 2-меркаптохинолина с алкилпропиолатами

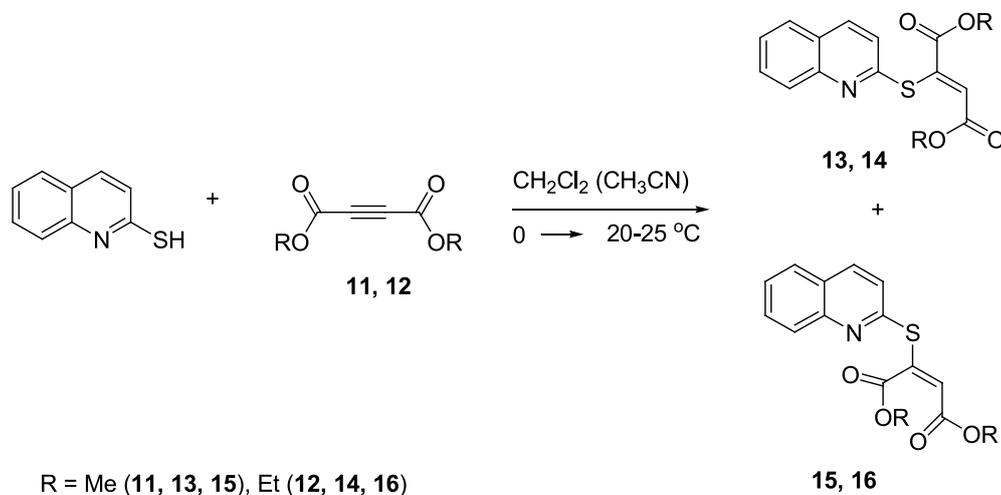


Схема 3. Синтез диалкиловых эфиров 2-(хинолин-2-илсульфанил)бутендиовой кислоты

Установлено, что взаимодействие 2-меркаптохинолина с диметиловым эфиром ацетилендикарбоновой кислоты (**11**) в хлористом метиле приводит к образованию двух стереоизомеров (*Z*)- и (*E*)-строения диметилового эфира 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты **13** и **15** в соотношении 5 : 3. При проведении аналогичной реакции в ацетонитриле доля (*E*)-изомера снижается до соотношения 5 : 2. Аналогичная картина наблюдается в случае реакции с соединением (**12**): соотношение двух стереоизомеров (*Z*)- и (*E*)-строения диэтилового эфира 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты **14** и **16** в хлористом метиле составляет 10 : 5, в ацетонитриле 10 : 4. Таким образом, увеличение полярности растворителя увеличивает долю (*Z*)-изомера.

Для доказательства строения синтезированных соединений использован метод спектроскопии ЯМР ¹H и ¹³C. Аналитические данные элементного анализа подтвердили состав синтезированных соединений. Спектральные и аналитические данные получены на материально-технической базе Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН.

Заключение

Таким образом, впервые реализованы реакции нуклеофильного присоединения 2-меркаптохинолина к диалкиловым эфирам ацетилендикарбоновой кислоты (**11**, **12**). На базе полученных результатов разработаны эффективные способы получения новых функциональных винилсульфидов, содержащих хинолиновый цикл и сложноэфирные группы: (*Z*)- и (*E*)-изомеров диалкиловых эфиров 2-(хинолин-2-илсульфанил)-2-бутендиовой кислоты, которые могут быть использованы для органического синтеза и получения новых биологически активных соединений.

Список литературы

1. Trofimov B.A., Shainyan B.A. S. Patai, Z. Rappoport (Eds.). Chemistry of sulphur-containing functional groups. Chichester: J. Wiley & Sons. 1993. P. 659–797.
2. Amosova S.V., Yaroshenko T.I., Larina L.I., Timokhina L.V., Potapov V.A. Synthesis of Novel Pyrimidine Derivatives Containing the Vinylsulfanyl Group by Regio- and Stereoselective Addition of Thiouracils to Ethynyl Ketones. *Heteroatom Chemistry*. 2015. T. 26. № 3. P. 187–193.
3. Трофимов Б.А., Амосова С.В. Дивинилсульфид и его производные. Новосибирск: Наука, 1983. 264 с.
4. Шаглаева Н.С., Баяндин В.В., Мултуев П.В. Сополимеризация дивинилсульфида с 2-метил-5-винилпиридином // Пластические массы. 2017. № 7–8. С. 26–28.
5. Шаглаева Н.С., Баяндин В.В., Орхокова Е.А. Гомополимеризация дивинилсульфида // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6. № 4. С. 161–163.
6. Ермакова Т.Г., Шаулина Л.П., Кузнецова Н.П., Голентовская И.П., Мясина Г.Ф., Ружников М.С., Амосова С.В. Сетчатые сополимеры 1-винил-1,2,4-триазола с дивинилсульфидом в качестве сорбентов благородных металлов и способ их получения // Патент РФ № 2321600. Патентообладатели: Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет». 2008. Бюл. № 10.
7. Шаглаева Н.С. Сопolíмеры N- и C-винилзамещенных производных азотсодержащих гетероциклов, акрил- и метакриламинов: дис. ... докт. хим. наук: 02.00.06. Иркутск, 2006. 298 с.
8. Liu B., Li F., Zhou T., Tang X.-Q., Hu G.-W. Quinoline Derivatives with Potential Activity Against Multidrug-resistant Tuberculosis. *Journal of Heterocyclic Chemistry*. 2018. Vol. 55. № 8. P. 1863–1873.
9. Solomon V.R., Lee H. Quinoline as a privileged scaffold in cancer drug discovery. *Current medicinal chemistry*. 2011. Vol. 18. № 10. P. 1488–1508.
10. Pathak D., Singh D. Quinoline: a diverse therapeutic agent. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2016. Vol. 7. № 1. P. 1–13.
11. Keri R.S., Patil S.A. Quinoline: a promising antitubercular target. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2014. Vol. 68. № 8. P. 1161–1175.
12. Chu X.M., Wang C., Liu W., Liang L.L., Gong K.K., Zhao C.Y., Sun K.L. Quinoline and quinolone dimers and their biological activities: an overview. *European journal of medicinal chemistry*. 2019. Vol. 161. P. 101–117.
13. Ишигеев Р.С., Шкурченко И.В., Потапов В.А., Амосова С.В. Новые производные хинолина с потенциальной биологической активностью // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 10. С. 202–206.