

# ВЕСТНИК

ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия «Естественные, общественные науки»

Вып. 2, 2011  
Вып. 2, 2011

Биология. Химия. Физика. Математика

Научный журнал

Издается с 2000 года

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации  
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций  
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-16954 от 5 декабря 2003 г.

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

*В. Н. Егоров*, д-р экон. наук (*председатель*)

*Д. И. Польшвинный*, д-р ист. наук  
(*зам. председателя*)

*В. И. Назаров*, д-р психол. наук  
(*зам. председателя*)

*Л. В. Михеева* (*ответственный секретарь*)

*К. Я. Авербух*, д-р филол. наук (Москва)

*Ю. М. Воронов*, д-р полит. наук

*Н. В. Усольцева*, д-р хим. наук

*К. Префке*, профессор (Германия)

*Ю. М. Резник*, д-р филос. наук (Москва)

*О. А. Хасбулатова*, д-р ист. наук

## РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ, ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»:

*В. Н. Назаров*, д-р психол. наук, председатель

*Т. А. Воронова*, канд. пед. наук

*М. В. Клюев*, д-р хим. наук

*В. А. Исаев*, д-р биол. наук

*Д. И. Молдавский*, д-р физ.-мат. наук

*С. В. Пухов*, канд. физ.-мат. наук

*Е. В. Соколов*, канд. физ.-мат. наук

*В. А. Годлевский*, д-р техн. наук

*Л. И. Минеев*, канд. техн. наук

*О. В. Кузьмина*, канд. юрид. наук

*Т. М. Явчуновская*, канд. юрид. наук

*В. Н. Аргунова*, д-р социол. наук

*Д. В. Кареев*, канд. ист. наук

## Адрес редакции

153025 Иваново, ул. Ермака 39, к. 362

тел./факс (4932) 32-66-00

e-mail: dipol53@mail.ru

Подписной индекс

в каталоге «Пресса России» 41512

Электронная копия журнала размещена  
на сайтах [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), [www.ivanovo.ac.ru](http://www.ivanovo.ac.ru)

© ФГБОУ ВПО «Ивановский  
государственный университет», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

---

---

**Биология**

**Исаев В. А.** Culicoides Нечерноземной зоны РФ и их потенциальное значение в распространении вируса блутана 5

**Минеева Л. Ю., Скворцова О. Е.** Итоги изучения ржавчинных грибов Савинского района Ивановской области 10

**Минеева Л. Ю., Борисова И. Н.** Особенности ландшафтного проектирования сквера у третьего корпуса ИвГУ 13

**Зарипов В. Н., Барина М. О.** Влияние экзамы на функциональное состояние студентов с разным уровнем психоэмоционального напряжения 20

**Егорова Е. Ю., Алексин Ю. И., Беляков А. П., Чемоданов В. В., Краснова Е. Е., Дорошенко А. Л.** Особенности применения витаминно-минерального комплекса «Фокус» в лечении миопии студентов 28

**Дорошенко А. Л., Соколов Е. Е.** Основы здорового образа жизни. Факторы, определяющие здоровый образ жизни 36

**Айгубов Н. М.** Кикбоксинг как средство обеспечения морфофункционального состояния студентов 42

**Химия**

**Клюев М. В., Рамазанов Д. Н.** Окисление циклогексана  $H_2O_2$  в присутствии некоторых фталоцианинов 46

**Крылов Е. Н., Зубанова Е. А., Иванова Ю. М., Белякова М. В., Люткова Е. А.** Синтез бром- и нитропроизводных 1,2-диметилбензола 55

**Осипов Н. Н., Магдалинова Н. А., Чесников В. В., Чичкань А. С., Клюев М. В.** Палладийсодержащие многостенные нанотрубки как катализаторы гидрирования 61

**Абильмагжанов А. З., Масенова А. Т., Жумаханова А. С., Жаксибаева А. М.** Алкилирование бензола этанолом на декатионированных цеолитных композициях 63

**Жармагамбетова А. К., Алтынбекова К. А., Ауезханова А. С.** Оксигенирование углеводов пероксидом водорода на нанесенных полимермедных катализаторах 71

**Физика**

**Давидзон М. И.** О возможной теории конвективного теплообмена без коэффициента теплообмена 79

**Математика**

**Азаров Д. Н., Гольцов Д. В.** Почти аппроксимируемость конечными  $p$ -группами свободного произведения двух групп с конечными объединенными подгруппами 94

**Азаров Д. Н., Розов А. В.** О финитной аппроксимируемости свободного произведения разрешимых групп конечного ранга с нормальными объединенными подгруппами 98

**Белов А. С.** Об одной последовательности неотрицательных тригонометрических полиномов 104

# ВЕСТНИК

ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия «Естественные, общественные науки»

Вып. 2, 2011  
тика

Биология. Химия. Физика. Математика

Научный журнал

Издается с 2000 года

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации  
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций  
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-16954 от 5 декабря 2003 г.

**Гольцов Д. В., Яцкин Н. И.** Классы групп и подгрупповые топологии 115

**Иванова Е. А., Молдаванский Д. И.** Об аппроксимируемости относительно сопряженности конечными группами разрешимых групп Баумслэга — Солитэра 129

**Колесников С. В.** О существовании решения одной экстремальной задачи в пространстве  $H_1$  137

**Логинова Е. Д., Молдаванский Д. И.** Об аппроксимируемости конечными  $p$ -группами коммутированного  $HNN$ -расширения групп 144

**Соколов Е. В.** О применимости алгоритма А. И. Мальцева к бесконечным представлениям групп 152

**Туртин Д. В.** Максимальные классы неединственности решения задачи Коши для линейных уравнений 165

**Хашин С. И.** Основные свойства верхней и нижней алгебр Бутчера 176

*Юбилей* 183

*Сведения об авторах* 189

*Информация для авторов «Вестника Ивановского государственного университета»* 194

# IVANOV STATE UNIVERSITY BULLETIN

Series "Natural, Social Sciences"

Issue 2, 2011

Biology. Chemistry. Physics. Mathematics

Scientific journal

Issued since 2000

The journal is registered in the Russian Federation Ministry  
of Press, Television and Radio Broadcasting and Mass Communications  
Registration certificate PI № 77-16954 of December 5, 2003

## EDITORIAL COUNCIL:

*V. N. Egorov*, Doctor of Economics (Chairman)  
*D. I. Polyvanny*, Doctor of History  
(Vice-Chairman)  
*V. I. Nazarov*, Doctor of Psychology  
(Vice-Chairman)  
*L. V. Mikheeva* (Secretary-in-Chief)  
*K. Ya. Averbukh*, Doctor of Philology  
(Moscow)  
*Yu. M. Voronov*, Doctor of Politics  
*N. V. Usoltseva*, Doctor of Chemistry  
*K. Prefcke*, Professor (Germany)  
*Yu. M. Reznik*, Doctor of Philosophy (Moscow)  
*O. A. Khasbulatova*, Doctor of History

## EDITORIAL BOARD OF THE SERIES «NATURAL, SOCIAL SCIENCES»:

*V. I. Nazarov*, Doctor of Psychology (Chairman)  
*T. A. Voronova*, Candidate of Science,  
*M. V. Klyuev*, Doctor of Chemistry  
*V. A. Isaev*, Doctor of Biology  
*D. I. Moldavansky*, Doctor of Physics and  
Mathematics  
*S. V. Pukhov*, Candidate of Science, Physics  
and Mathematics  
*E. V. Sokolov*, Candidate of Science, Physics  
and Mathematics  
*V. A. Godlevsky*, Doctor of Technical Science  
*L. I. Mineev*, Candidate of Technical Science  
*O. V. Kuzmina*, Candidate of Science, Law  
*T. M. Yavchunovskaya*, Candidate of Science, Law  
*V. N. Argunova*, Doctor of Sociology  
*D. V. Kareev*, Candidate of Science, History

## Address of the editorial office

153025, Ivanovo, Ermak str. 39, office 362  
tel./fax (4932) 32-66-00  
e-mail: dipol53@mail.ru

Index of subscription  
in the catalogue "Russian Press" 41512

Electronic copy of the journal can be found on  
the web-sites [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), [www.ivanovo.ac.ru](http://www.ivanovo.ac.ru)

© FSBEI of HPE «Ivanovo State University»,  
2011

CONTENTS

---

---

**Biology**

**Isaev V. A.** Culicoides of nonchernozem belt of Russian Federation and their potential meaning in the spread of blutan virus 5

**Mineeva L. Yu., Skvortsova O. E.** The results of study of brands in Savinsky district of Ivanovo region 10

**Mineeva L. Yu., Borisova I. N.** Peculiarities of Landscape design of minipark near the building № 3 of IvSU 13

**Zaripov V. N., Barinova M. O.** The influence of examination on the functional status of female students with different level of psychoemotional stress 20

**Egorova Ye. Yu., Alexin U. I., Belyakov A. P., Chemodanov V. V., Krasnova Ye. Ye., Doroshenko A. L.** Treatment peculiarities of the «Focus» preparation for students with myopia 28

**Doroshenko A. L., Sokolov E. E.** The falcon of the base sound lifestyle. the factors, defining sound lifestyle 36

**Ajgubov N. M.** Kickboxing as a means of morphofunctional state students 42

**Chemistry**

**Klyuev M. V., Ramazanov D. N.** Cyclohexane oxidation with  $H_2O_2$  in presence of several phthalocyanines 46

**Krylov E. N., Zubanova E. A., Ivanova Yu. M., Belyakova M. V., Lyutkova E. A.** Synthesis of bromo- and nitro derivatives of 1,2-dimethylbenzene 55

**Osipov N. N., Magdalina N. A., Chesnokov V. V., Chichkan' A. S., Klyuev M. V.** Palladium multiwall nanotubes as catalysts of hydrogenation 61

**Abilmagzhanov A. Z., Massenova A. T., Zhumakanova A. S., Zhaksibaeva A. M.** Alkylation of benzene by ethanol on free of cations zeolite compositions 63

**Zharmagambetova A. K., Altynbekova K. A., Auezkhanova A. C.** Hydrocarbons oxidation with hydrogen peroxide on supported polymer-copper catalysts 71

**Physics**

**Davidzon M. I.** About the possible theory of heat transfer by convection without the heat-transfer coefficient 79

**Mathematics**

**Azarov D. N., Goltsov D. V.** Almost approximability by finite  $p$ -groups of free product of two groups with finite joint subgroups 94

**Azarov D. N., Rozov A. V.** On finite approximability of free product of soluble groups of final rank with normal joint subgroups 98

**Belov A. S.** On one sequence of nonnegative trigonometric polynomials 104

**Goltsov D. V., Jatskin N. I.** Classes of groups and subgroup topologies 115

**Ivanova E. A., Moldavansky D. I.** On approximability of relative conjugacy by finite groups of Baumslag — Solitar soluble groups 129

**Kolesnikov S. V.** On existence of solution of one extreme problem in area H1 137

**Loginova E. D., Moldavansky D. I.** On approximability by finite  $p$ -groups of commutated  $HNN$ -group extension 144

**Sokolov E. V.** On applicability of A. I. Maltsev's algorithm to eternal group presentation 152

**Turtin D. V.** Maximum classes of non-uniqueness solution of Cauchy problem for linear equations 165

**Hashin S. I.** Basic peculiarities of upper and lower Butcher algebras 176

*Jubilees* 183

*Information about the authors* 189

*Information for the authors of "Ivanovo State University Bulletin"* 194

**ВЕСТНИК  
ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Серия «Естественные, общественные науки»  
2011. Вып. 2. Биология. Химия. Физика. Математика**

Директор издательства *Л. В. Михеева*  
Редакторы *О. В. Боронина, О. А. Кручинина*  
Технический редактор *И. С. Сибирева*  
Компьютерная верстка *Т. Б. Земскова*

Подписано в печать 20.09.2011 г.  
Формат 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая. Печать плоская.  
Усл. печ. л. 16,98. Уч.-изд. л. 11,0. Тираж 300 экз.

Издательство «Ивановский государственный университет»

✉ 153025 Иваново, ул. Ермака, 39

☎ (4932) 93-43-41. E-mail: publisher@ivanovo.ac.ru



УДК 576.895.771

*В. А. Исаев*

## **CULICOIDES НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ И ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ В РАСПРОСТРАНЕНИИ ВИРУСА БЛУТАНА**

Обсуждаются *Culicoides* Нечерноземной зоны РФ и их отношение к потенциальному распространению вируса блутана.

**Ключевые слова:** блутан, *Culicoides*.

*Culicoides* from nontchernoseme zone Russia in relation to the potential spread of bluetongue virus are discussed.

**Key words:** bluetongue, *Culicoides*.

Мокрецы рода *Culicoides* имеют важное медицинское и ветеринарное значение как активные кровососы и потенциальные переносчики различных заболеваний, среди которых особое место занимает блутан (*англ.* blue tongue — болезнь «синего языка», или катаральная лихорадка овец). Родиной этого вирусного природноочагового заболевания является Африка [21], но в дальнейшем с 50-х гг. XX в. происходило его распространение в Азию, на юг Европы и в Америку. Как указывалось в нашем обзоре 1975 г., на территории СССР это заболевание не обнаруживалось. Предполагалось, что резервуаром вируса в природе являются антилопы, олени и другие копытные [4].

«На возможность передачи этого заболевания (в Африке) мокрецами рода *Culicoides* впервые указал Дю Тоа (Du Toit, 1944). Позднее естественная зараженность вирусом “blue tongue” мокреца *Culicoides variipennis* была установлена в США (Price and Hardy, 1954). В дальнейшем в США была проведена целая серия работ, посвященных доказательству передачи катаральной лихорадки овец мокрецами этого вида» [4, с. 10], а за последующий период в разных странах мира было опубликовано большое число отдельных работ и обзоров, связанных с возбудителями заболевания, их переносчиками и восприимчивыми к нему животными.

Удалось установить, что блутан (блутанг) поражает все виды жвачных животных: овец, крупный рогатый скот, зубров, коз, верблюдовых (верблюдов и лам). Он отмечен также у белохвостых оленей, снежных баранов, антилоп, большерогих баранов, вилорогов, лосей, муфлонов, мулов, слонов, черных и белых носорогов и некоторых представителей семейства кошачьих, а при эпизоотиях выделяется из организма диких грызунов [18; см.: 12, с. 42—43].

К 2009 г. было зарегистрировано 25 серотипов вируса блутана. Особенно часто в европейских странах регистрировался вирус 8-го серотипа [2].

---

© Исаев В. А., 2011

Учитывая то, что эффективных методов лечения блутана не существует, в случае острого заболевания животные уничтожаются. Это наносит серьезный ущерб не только мясомолочной промышленности, но и экономике в целом. Например, только в 2006 г. в результате вспышек блутана 8-го серотипа в европейских странах были вынужденно убиты 2 млн животных [12, 25].

Предполагалось, что России распространение этого заболевания не угрожает, т. к. северная граница его распространения (около 40° с. ш.) не захватывала территорию нашей страны. Однако к 2005 г., как указывает В. М. Захаров [2], блутан укрепился в Средиземноморском регионе, затем проник в страны Центральной Европы, а к декабрю 2008 г. достиг в Швеции отметки в 57°30' с. ш. (при официально установленной в 2008 г. северной границе ареала в 53° с. ш.) [2, с. 3].

В связи с изменением климата и выходом болезни «синего языка» — блутана на глобальный уровень [19, 24, 25], регистрацией, в частности, вспышек этого заболевания в 16 европейских странах в 2006—2008 гг. [17] и распространением его на север за пределы 58° с. ш., а также выявлением в 2008 г. положительных по блутану животных среди ввезенных в Белгородскую, Калужскую, Курскую и Ярославскую области России [2, 12], проблемы идентификации потенциальных переносчиков этого заболевания, отдельных видов мокрецов рода *Culicoides*, их пищевой специализации, филогенетической и экологической специфичности связей с восприимчивыми прокормителями, а также установление роли в передаче различных серотипов вируса стали актуальными и в нашей стране [11].

В связи с опасностью «укоренения» заболевания в России, как считает В. М. Захаров [2], потенциальными резервуарами и переносчиками вируса блутана в нашей стране могут быть 8 видов: *C. dewulfi*, *C. obsoletus*, *C. pulicaris*, *C. stigma*, *C. nubeculosus*, *C. scoticus*, *C. chiopterus*, *C. punctatus* [2, с. 5], т. к. ареал некоторых из них доходит до 72° с. ш. [1].

За исключением *C. dewulfi* и *C. scoticus* 6 из 8 данных видов зарегистрированы нами в центре Нечерноземной зоны РФ, в Ивановской области, где была исследована фауна и экология мокрецов [3—6].

Наиболее массовыми видами *Culicoides*, нападающими на млекопитающих в условиях области, являются *C. punctatus*, *C. fascipennis*, *C. grisescens*, *C. obsoletus*, *C. pallidicornis*, *C. nubeculosus*. Установлена приуроченность этих видов к различным ландшафтам и ценозам, определяющая их эпидемиологическое значение [3, 4, 10].

Наиболее восприимчивы к блутану овцы, они играют важную роль в эпизоотологии данного заболевания. Непосредственно на овцах в области были собраны такие потенциальные переносчики, как *C. obsoletus* и *C. chiopterus*.

Среди других восприимчивых животных в России отмечены завозные случаи блутана и гибель крупного рогатого скота [2]. На крупном рогатом скоте в условиях нашей области из числа потенциальных переносчиков блутана зарегистрированы *C. obsoletus*, *C. pulicaris*, *C. stigma*, *C. nubeculosus*, *C. chiopterus*, *C. punctatus* [3—6]. Все эти виды поливольтинные, они нападают на прокормителей с мая по октябрь, имеют, как минимум, по 2 поколения за сезон, самки могут проделывать повторные гонотрофические циклы в течение жизни. Плодовитость этих видов зависит от размеров тела особи, степени насыщения кровью, возраста самки и числа проделанных гонотрофических циклов [7].

Идентификация рассматриваемых нами видов проводилась по морфологическим признакам. Для ряда видов *Culicoides* были изучены кариотипы [8], а также адаптации в онто- и филогенезе по всем стадиям развития [9, 11]. В ряде случаев, например для *C. obsoletus* и *C. Chiopterus*, видовая дифференциация может быть затруднена и требуется обнаружение самцов или применение дополнительных методов исследований.

Следует отметить, что еще в 70-е гг. прошлого века на примере *C. variipennis* было показано, что восприимчивость мокрецов к вирусу блутана контролируется парой генов, причем ген резистентности доминирует над геном чувствительности к вирусу. Другие гены определяют степень восприимчивости и «порог» заражения — минимальное количество вируса, необходимое для заражения. В результате было предложено использовать генетические методы борьбы для профилактики этого заболевания [20].

В связи с разнообразием распространяющихся в настоящее время серотипов вируса блутана и разной восприимчивостью к ним отдельных видов и популяций мокрецов в разных странах в последнее время установлен ряд особенностей в распространении вируса, связанных с консервативностью или изменчивостью молекулярных признаков.

В частности, *Culicoides imicola* Kieffer — мокрец, являющийся одним из наиболее важных (в Старом Свете) переносчиков катаральной лихорадки овец, — оказался одним из видов, наиболее изученных молекулярно-генетическими методами.

Так, по материалам из Португалии, о. Родос, Израиля и Южной Африки, как непосредственно данный вид, так и 4 вида *Imicola* комплекса из Южной Африки были исследованы для определения стабильности или изменчивости субъединиц I их митохондриальных генов оксидазы цитохрома с (COI). В результате была установлена структура из 11 гаплотипов COI *C. imicola*, которая, с одной стороны, указывает на его стабильность как вида и филогенетическое единство (все они находятся в рамках одной клады), а с другой стороны, позволяет представить его изменчивость — географические внутривидовые группировки, сложившиеся между Португалией и Израилем, и их потенциальное эпизоотическое значение [16].

Изучение вариаций субъединицы I гена цитохром с оксидазы (COI) у особей *C. imicola*, собранных как в Испании, так и в других точках мира, показало, что имеется достаточно большое число гаплотипов COI данного вида и на основании этого показателя можно выявлять источники, давность появления и скорость экспансии популяций, заселяющих разные регионы [15].

Дифференциация ряда других близких видов *Culicoides*, которые потенциально, наряду с *C. imicola*, могут участвовать в передаче возбудителей блутана в Европе также успешно проводилась с помощью молекулярно-генетических методов. Так, в частности, вирус блутана был выделен из мокрецов *C. obsoletus* в Италии и при этом было высказано предположение, что его трансмиссия возможна и в странах севернее Италии [26]. Быстрая дифференциация мокрецов из комплекса *obsoletus* (4 вида) и комплекса *pulicaris* (5 видов) с помощью ПЦР и по морфологическим признакам производилась по материалам из Великобритании и континентальной Европы [22]. При этом авторы пришли к заключению, что, в частности, разделение *C. obsoletus* и *C. scoticus* по самкам возможно или при наличии самцов или по молекулярным признакам, а разделение видов с помощью ПЦР может быть полезным для мониторинга указанных видов при сборах *Culicoides* в смешанных вы-

борках в полевых условиях. Дифференциация *C. obsoletus* и *C. scoticus* с помощью ПЦР для изучения динамики численности проводилась также в юго-западной Германии [14]. Стабильность молекулярных признаков, в частности, использование баркода COI mtDNA, и исследование 15 морфологических признаков головы, гениталий и груди самок позволили в последнее время провести с помощью мультифакторного анализа разделение этих двух видов (*C. obsoletus* и *C. scoticus*) по самкам [13].

Еще более детальное изучение генетической структуры и популяционной динамики *C. obsoletus* и *C. scoticus* осуществлялось с помощью электрофореза белков взрослых мокрецов, отлавливавшихся в южной Сардинии (Италия). В ходе этих исследований 5 энзимных локусов использовались как диагностические аллозимные маркеры. В результате было установлено, что сезонное распространение *C. obsoletus* и *C. scoticus* оказалось хорошо дифференцированным и лишь частично перекрывающимся. В результате удалось доказать, что *C. scoticus* может играть роль в передаче и сохранении вируса блутана на Сардинии и других средиземноморских территориях в течение периода с поздней зимы и ранней весны, когда сероконверсия у животных-хозяев идет в отсутствие главного переносчика [23].

Приведенные примеры указывают на необходимость применения не только мер по наблюдению за распространением вируса и восприимчивыми животными и предупреждение заноса зараженных животных на территорию России, но и мер по постоянному мониторингу за мокрецами — потенциальными переносчиками блутана, изучения их изменчивости, биологии и экологии, а также исследований их характеристик на молекулярно-генетическом уровне. Такой комплексный подход, осуществляемый разными специалистами, поможет предотвратить «укоренение» этого заболевания в нашей стране.

#### Библиографический список

1. Глухова В. М. Кровососущие мокрецы родов *Culicoides* и *Forcipomyia* (Ceratopogonidae). Л., 1989. 408 с. (Фауна СССР. Н. С. ; № 139 : Насекомые двукрылые. Т. 3, вып. 5а).
2. Захаров В. М. Комплексность мер по предотвращению заноса и распространения блютанга в Российской Федерации // Ветеринария. 2009. № 5. С. 3—5.
3. Исаев В. А. Кровососущие мокрецы (Diptera, Heleidae) // Двукрылые — переносчики заразных заболеваний / ИГМИ. Иваново, 1970. С. 30—49.
4. Исаев В. А. Диапауза и другие вопросы экологии кровососущих мокрецов Ивановской области : дис. ... канд. биол. наук. Иваново, 1975. 167 с.
5. Исаев В. А. Фауна мокрецов Ивановской области // Вопросы инвентаризации фауны / ИвГУ. Иваново, 1992. С. 63—67.
6. Исаев В. А. Семейство мокрецов (Diptera, Ceratopogonidae): сравнительный анализ кариотипов, морфологии, экологии и филогенетических отношений : дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1993. 537 с.
7. Исаев В. А. Эколого-физиологические адаптации мокрецов / ИвГУ. Иваново, 1997. 70 с.
8. Исаев В. А. Кариотипы мокрецов (Diptera, Ceratopogonidae) / ИвГУ. Иваново, 1998. 76 с.
9. Исаев В. А. Адаптации и эволюция (Diptera, Ceratopogonidae) / ИвГУ. Иваново, 1999. 184 с.
10. Исаев В. А. Кровососущие членистоногие в натурценозах, агроценозах и урбаноценозах // Материалы I Всероссийского совещания по кровососущим насекомым. СПб. : ЗИН РАН, 2006. С. 76—79.

11. *Исаев В. А.* Адаптации и биологическая эволюция (Diptera, Ceratopogonidae). Иваново : Иван. гос. ун-т, 2010. 296 с.
12. *Кухаркина О. В., Борисова О. А., Жбанова Т. В., Борисова И. А.* Блютанг: распространение, морфология, диагностика и специфическая профилактика // Тр. Федер. Центра охраны здоровья животных. Владимир : Транзит-ИКС, 2010. Т. 8. С. 40—49.
13. *Augot D., Sauvage F., Jouet D., Simphal E., Veuille M., Couloux A., Kaltenbach M. L., Depaquit J.* Discrimination of *Culicoides obsoletus* and *Culicoides scoticus*, potential bluetongue vectors, by morphometrical and mitochondrial cytochrome oxidase subunit I analysis // *Infect. Genet. Evol.* 2010. Vol. 10. № 5. P. 629—637.
14. *Balczun C., Vorsprach B., Meiser C. K., Schaub G. A.* Changes of the abundance of *Culicoides obsoletus* s.s. and *Culicoides scoticus* in Southwest Germany identified by a PCR-based differentiation // *Parasitol. Res.* 2009. Vol. 105. № 2. P. 345—349.
15. *Calvo J. H., Calvete C., Martinez-Royo A., Estrada R., Miranda M. A., Borrás D., Monteys V. S. I., Pages N., Delgado J. A., Collantes F., Lucientes J.* Variations in the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I gene indicate northward expanding populations of *Culicoides imicola* in Spain // *Bull. Ent. Res.* 2009. Vol. 99. № 6. P. 583—591.
16. *Dallas J. F., Cruickshank R. H., Linton Y.-M., Nolan D. V., Patakakis M., Braverman Y., Capela R., Capela M., Pena I., Meiswinkel R., Ortega M. D., Baylis M., Mellor P. S., Mordue (Luntz) A. J.* Phylogenetic status and matrilineal structure of the biting midge, *Culicoides imicola*, in Portugal, Rhodes and Israel // *Med. Vet. Entomol.* 2003. Vol. 17. Iss. 4. P. 379—387.
17. Epidemiology of bluetongue virus serotype 8, Germany / F. J. Conraths et al. // *Emerging Infect. Dis.* 2009. Vol. 15. P. 433—435.
18. Epidemiological and entomological aspects of bluetongue in cattle / A. J. Fernandez et al. // *Vet. Mexico.* 1994. Vol. 25. № 3. P. 227—231.
19. *Hendrickx G.* The spread of blue tongue in Europe // *Small Ruminant Research.* 2009. Vol. 86. Iss. 1. P. 34—39.
20. *Jones R. H., Foster N. M.* Oral infection of *Culicoides variipennis* with bluetongue virus: development of susceptible and resistant lines from a colony population // *J. Med. Entom.* 1974. Vol. 11. № 3. P. 316—323.
21. *Mellor P. S., Jennings M., Boorman P. T.* *Culicoides* from Greece in relation to the spread of bluetongue virus // *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 1984. Vol. 37. № 3. P. 286—289.
22. *Nolan D. V., Carpenter S., Barber J., Mellor P. S., Dallas J. F., Mordue Luntz A. J., Pierney S. B.* Rapid diagnostic PCR assays for members of the *Culicoides obsoletus* and *Culicoides pulicaris* species complexes, implicated vectors of bluetongue virus in Europe // *Vet. Microbiol.* 2007. Vol. 124. № 1/2. P. 82—94.
23. *Pili E., Carcangiu L., Oppo M., Marchi A.* Genetic structure and population dynamics of the biting midges *Culicoides obsoletus* and *Culicoides scoticus*: implications for the transmission and maintenance of bluetongue // *Med. Vet. Entomol.* 2010 June (Online). PubDate: 2010—06—22.
24. *Purse B. V., Rogers D. J.* Bluetongue virus and climate change // *Bluetongue* / P. S. Mellor, M. Baylis, P. P. Mertens (eds). Amsterdam ; London, 2008. P. 343—364.
25. *Saegerman C., Berkvens D., Mellor P.* Bluetongue epidemiology in the European Union // *Emerging Infect. Dis.* 2008. Vol. 14. № 4. P. 539—544.
26. *Savini G., Goffredo M., Monaco F., de Santis P., Meiswinkel R.* Transmission of bluetongue virus in Italy // *Vet. Rec.* 2003. Vol. 152. Iss. 4. P. 119.

УДК 28.591

*Л. Ю. Минеева, О. Е. Скворцова***ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ РЖАВЧИННЫХ ГРИБОВ  
САВИНСКОГО РАЙОНА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

В Савинском районе Ивановской области обнаружено 30 видов растений с признаками поражения ржавчинными грибами. В результате проведенной работы было выявлено 24 вида ржавчинных грибов, принадлежащих к 9 родам, относящимся к 2 семействам — Pucciniaceae и Melampsoraceae. В итоге было найдено 6 видов ржавчинных грибов, ранее не упоминавшихся в предыдущих работах по данной теме для Ивановской области.

**Ключевые слова:** ржавчинные грибы, растение-хозяин, облигатный паразит, жизненный цикл.

30 species of plants with signs of destruction of rust fungi were founded in Savino's region. As a result of the work 24 species of rust fungi belonging to nine genera from two families — Pucciniaceae and Melampsoraceae were identified. In the end, 6 species of rust fungi have not previously mentioned in the previous papers on the topic for the Ivanovo region were founded.

**Key words:** rust fungi, host plant, obligate parasite, life cycle.

Более 30 % из описанных в литературе 120 000 видов царства Fungi полностью или на той или иной стадии жизненного цикла ведут паразитический образ жизни, вызывают множество болезней и наносят ущерб сельскохозяйственной продукции.

Большую роль в снижении урожая и декоративных свойств многих возделываемых сельскохозяйственных культур, дикорастущих, полезных травянистых, кустарниковых, древесных и культурных растений играют облигатные паразиты — ржавчинные грибы [3]. Внешнее проявление ржавчинников на высших растениях может быть различным и зависит от стадии их развития. Чаще всего это ржавые желтовато-бурые пустулы — спорокучки, выходящие на поверхность пораженной ткани через разрыв эпидермиса. В других случаях это бокаловидные или сосковидные выросты на листьях, побегах, ветвях. Название порядка «ржавчинные грибы» связано с присутствием в спорах пигмента — липохрома. Этот пигмент и придает спорам и мицелию большинства видов оранжево-ржавую окраску.

Ржавчина является причиной некроза, уродства и опухолей органов растений, что может привести к нарушению нормальной жизнедеятельности или к полной гибели растения.

В результате комплексного исследования уредофлоры Ивановской области составлены и опубликованы списки видов ржавчинных грибов для многих районов региона. Однако Савинский район оставался в этом отношении неизученным. Поэтому целью нашей работы стало исследование ржавчинных грибов Савинского района, а задачами:

- установление видового состава растений-хозяев;
- выявление видового состава грибов порядка Uredinales Савинского района Ивановской области;
- изучение биологических особенностей обнаруженных патогенов;

- определение новых видов для микофлоры Ивановской области.

Исследование проводилось в течение вегетационных сезонов (с весны по осень) в 2008 и 2009 гг. Сбор фитопатологического материала производился маршрутным методом. Пораженные растения гербаризировались и помечались этикеткой. Заболевание диагностировалось визуальным осмотром по симптомам, свойственным ржавчине, видимым невооруженным глазом. Определение видовой принадлежности, признака одно- и двухозийности, цикла развития осуществлялось с помощью метода цифровой микроскопии по морфологическим отличиям спор. Фото спор приводилось при увеличении микроскопа  $\times 600$ .

Собранный фитопатологический материал был подвергнут определению видовой принадлежности с использованием определителей высших растений и ржавчинных грибов.

Для получения иллюстративного материала и определения видов ржавчинных грибов применялся метод микрофотосъемки с привлечением цифрового микроскопа Motic Images Plus Version 2.0 ML, совмещенного с мультимедийным компьютером. Распечатка микровидеокадров осуществлялась на лазерном принтере.

Распространение и видовое многообразие ржавчинных грибов зависят от распространения растений, на которых они развиваются. Поэтому целесообразно рассмотреть флористический состав растений-хозяев.

Было собрано 30 видов высших растений, относящихся к 29 родам и принадлежащих к 11 семействам, с признаками поражения ржавчинными грибами.

Систематический анализ флористического состава питающих растений показал, что к наиболее поражаемым видам относятся представители семейства Gramineae (9 видов), Compositae (7 видов), Rosaceae (4 вида). От одного до трех пораженных видов в семействах Betulaceae, Pinaceae, Salicaceae, Rhamnaceae, Surraceae, Geraniaceae.

На основании проведенного сравнения жизненных форм, пораженных ржавчиной высших растений, установлено, что симптомы заболевания чаще всего проявляются на травянистых растениях (на 22 видах, что составляет 70 %), чем на древесных формах: деревьях (7 видов, или 23 %) или кустарниках (3 вида, или 7 %). В основном в качестве питающих растений ржавчинные грибы выбирают многолетние растения и реже однолетники или двулетники. Вероятно, данное явление можно объяснить преобладанием во флоре высших питающих растений данной жизненной формы.

Пораженными органами в основном являются листья растений, в меньшей степени поражены стебли (виды семейства Gramineae) и цветки (*Ribes nigrum*, *Sorbus aucuparia*).

Оценивая распределение растений по хозяйственной ценности, выяснили, что треть зараженных растений являются кормовыми (33 % от общего числа собранных видов растений), т. е. имеют сельскохозяйственную значимость.

Виды *Betula pendula*, *Artemisia vulgaris*, *Tussilago farfara*, *Taraxacum officinale*, *Sonchus arvensis* и другие (всего 47 % от общего числа собранных видов хозяев) являются лекарственными растениями, содержащими биологически активные вещества, которые обладают сильным фармакологическим действием и обуславливают лекарственную ценность, но в случае поражения грибами недопустимы для использования. Известно, что, заселяя органы растений, особенно во влажную погоду, грибы выделяют в них продукты жизне-

деятельности, которые нередко оказываются токсичными для людей и сельскохозяйственных животных. Следовательно, нецелесообразно проводить сбор и заготовку лекарственного растительного сырья, пораженного паразитическими грибами; а также нежелательно использовать пастбища и сенокосы, на которых встречаются кормовые растения (дикорастущие злаки, клевер, горошек, одуванчик) с признаками поражения ржавчиной во избежание отравления скота зараженным кормом и заноса видов ржавчинных грибов на новые участки.

Кроме того, выявлено, что ряд видов растений являются декоративными и часто встречаются в парках и зонах общественного отдыха (*Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Rosa alba*, *Padus racemosa* и др.). При заражении ржавчинными грибами значительно снижаются физиологические и, что немало важно, декоративные свойства растений.

Далее приведем анализ видового состава грибов. В ходе распределения паразитических грибов по таксономическим группам установлено, что в микофлоре преобладают виды семейства *Rustiniaceae* (17 видов, или 71 %), обнаруженные на 21 виде питающих растений. В данном семействе, представленном 5 родами, наиболее многочисленным по числу видов является род *Rustinia*, включающий 10 видов; род *Uromyces* зарегистрирован на 4 видах высших растений. Роды *Phragmidium*, *Gymnosporangium*, *Thecospora* представлены каждый одним видом питающего растения. Семейство *Melampsoraceae* представлено 4 родами — *Melampsoridium*, *Melampsora*, *Coelosporium*, *Aecidium* (7 видов, или 29 %). В данном семействе наибольшим по числу видов является род *Melampsora*, включающий 4 вида, поразивший 5 видов высших сосудистых растений. Наименьшим количеством видов представлены род *Melampsoridium* и *Aecidium*, поразившие по одному виду растения. Скорее всего, высокое поражение пукциниальными грибами и меньшее видами семейства *Melampsoraceae* связано с тем, что первые развиваются на растениях всех жизненных форм, а мелапсоровые грибы преимущественно на древесно-кустарниковых формах, а также с наличием только у пукциниальных грибов различных циклов развития.

Проанализировав биологические особенности ржавчинных грибов Савинского района, мы выяснили, что 20 видов грибов (83 %) имеют полный цикл развития и являются разнохозяйными, а 4 вида ржавчинных грибов (17 %) — однохозяйные с неполным циклом развития. Преобладанию разнохозяйных видов грибов с полным циклом развития (*Eu-Hetero-Uredinales*) способствуют, на наш взгляд, достаточная влажность воздуха, умеренная температура, необходимые для вегетации, в результате чего ржавчинные грибы успевают пройти полный цикл развития со сменой хозяев.

Одной из задач исследования было выявление новых видов ржавчинных грибов для микофлоры Ивановской области. Для ее реализации было проведено сравнение списков видов, опубликованных ранее и обнаруженных нами в Савинском районе. К настоящему времени на территории Ивановской области известно 183 вида ржавчинных грибов [1, 2, 4, 5]. В ходе наших исследований в Савинском районе было выявлено шесть видов ржавчинников, не упоминавшихся в ранее опубликованных работах, которые могут считаться новыми для микофлоры Ивановской области:

1. *Melampsora allii-salicis albae* Kleb. на *Salix alba*.

Цикл развития по типу *Hetero-Eu-Melampsora*.

2. *Puccinia variabilis* Grew. на *Taraxacum officinale*.  
Цикл развития по типу Auto-Endo-Puccinia.
3. *Puccinia urticae-hirtae* Kleb. на *Carex hirta*.  
Цикл развития по типу Hetero-Eu-Puccinia.
4. *Puccinia littoralis* Rostr. на *Sonchus oleraceus*.  
Цикл развития по типу Hetero-Eu-Puccinia.
5. *Puccinia coronata* Corda. на *Frangula alnus*.  
Цикл развития по типу Hetero-Eu-Puccinia.
6. *Uromyces festucae* Syd. на *Festuca pratensis*.  
Цикл развития по типу Hetero-Eu-Uromyces.

Подавляющее большинство выявленных в Савинском районе видов ржавчинных грибов ранее было известно в других районах региона, что свидетельствует о стабильности видового состава уредопатогенов в области.

#### *Библиографический список*

1. *Алявдина К. П.* Материалы по грибной флоре Иваново-Вознесенской губернии // Изв. Иваново-Вознесен. политехн. ин-та. 1928. Т. 12. С. 147—164.
2. *Алявдина К. П.* Материалы по грибной флоре леса Ивановской области // Растительные ресурсы Ивановской области. Иваново, 1949. С. 128—139.
3. *Каратыгин И. В.* Коэволюция грибов и растений. СПб.: Просвещение, 1993. С. 230—235.
4. *Минеева Л. Ю.* Ржавчинные грибы в Ивановской области // Материалы II обл. краевед. конф. Иваново, 1992. С. 90—92.
5. *Минеева Л. Ю.* Новые виды ржавчинных грибов Ивановской области // Тез. докл. юбил. науч. конф. Иваново, 1994. С. 249—250.

УДК 26.821

*Л. Ю. Минеева, И. Н. Борисова*

### **ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКВЕРА У ТРЕТЬЕГО КОРПУСА ИВГУ**

Работа посвящена экспериментальному озеленению городского сквера перед административным зданием Ивановского государственного университета в 2010 г.

**Ключевые слова:** городской сквер, ботанический сад, классицизм, характеристика объекта, проектирование, декоративные растения, конкурс «Иваново в цвету», конкурс «Россия в цвету 2010 г.».

Work is devoted to experimental gardening of city square before an office building of the Ivanovo State University in 2010.

**Key words:** city square, a botanical garden, classicism, the object characteristic, designing, ornamental plants, competition «Ivanovo in flowers», competition «Russia in flowers of 2010».

---

© Минеева Л. Ю., Борисова И. Н., 2011

Ивановский государственный университет является старейшим и одним из крупнейших вузов в регионе, в котором учатся более 10 тысяч студентов. Третий учебный корпус ИвГУ располагается на перекрестке улиц Ермака и Тимирязева с интенсивным движением автотранспорта. Площадь сквера перед зданием составляет 3200 кв. м. Участок сквера имеет регулярную планировку и в силу своих размеров, структуры и назначения обладает просматриваемым пространством. Функциональное назначение сквера: является парадной зоной, прилегающей к зданию территории, местом кратковременного отдыха сотрудников и студентов университета, для проведения бесед, занятий и встреч по гуманитарным наукам, а также выставочным отделом цветочно-декоративных растений ботанического сада — учебной и научно-исследовательской базы биолого-химического факультета вуза (фото 1).



*Фото 1.* Третий корпус ИвГУ

Характеристика места объекта: третий учебный корпус ИвГУ расположен в северо-западной части г. Иванова, вблизи парка культуры и отдыха им. В. Я. Степанова и торгового комплекса «Текстильщик». Географические координаты г. Иванова —  $57^{\circ} 00''$  с. ш.,  $41^{\circ} 00''$  в. д. Климат умеренно-континентальный. Суммарная радиация равна 88 ккал на кв. см в год. Радиационный баланс положительный и составляет около 28 ккал на кв. см.

В окрестностях Иванова выпадает в среднем 593 мм осадков в год. Всего в году бывает в среднем 20 дней с сильным ветром. Хорошо выражены все четыре времени года. Наиболее высокая средняя температура января составляет  $-4,2^{\circ}\text{C}$ , а наиболее низкая равняется  $-21,3^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры составляет  $-46^{\circ}\text{C}$  (январь 1940 г.). Средняя высота снежного покрова — 40—60 см. Самый теплый месяц года — июль, когда средняя месячная температура воздуха достигает  $+18,4^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум

температуры равняется + 38° С (август 1936 г.). За лето выпадает в среднем 213 мм осадков, что составляет 40 % от их годового количества. Осадки в виде непродолжительных ливней часто сопровождаются грозами [1]. Рельеф: Средне-русская равнина. Почву исследуемой территории можно охарактеризовать следующим образом: тип — дерново-подзолистая, подтип — дерново-подзолистая, вид — средне-дерново-средне-подзолистая, разновидность — песчаная.

Ивановская область входит в состав Центрального федерального округа и характеризуется высокой техногенной нагрузкой на окружающую среду. Ведущие позиции занимают легкая и химическая промышленность, машиностроение. Государственное учреждение «Ивановский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» осуществляет на 4 стационарных постах наблюдения за качеством атмосферного воздуха. Пост наблюдения Росгидромета № 2 расположен с южной стороны изучаемого объекта (корпус № 3 ИвГУ) по адресу: г. Иваново, ул. Дзержинского, 16. Анализ проб воздуха, согласно программе наблюдений, проводится по 9 ингредиентам: взвешенным веществам, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота, растворимым сульфатам, оксиду азота, фенолу, формальдегиду, тяжелым металлам.

По данным доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Ивановской области в 2008 году» на территории г. Иванова отмечается устойчивое загрязнение воздуха бензо(а)пиреном, формальдегидом, взвешенными веществами, что указывает на преобладающую роль в структуре выбросов передвижных источников загрязнения атмосферы (автотранспорт). В 2008 г. средняя за год концентрация бензо(а)пирена составила 1,4 ПДК с. с., максимальная из разовых концентраций — 2,4 ПДК м. р. Средняя за год концентрация формальдегида превышала ПДК с. с. в 4,6 раза, максимальная разовая концентрация составила 1,1 ПДК м. р. Среднегодовая концентрация фенола не превысила ПДК с. с. Максимальная разовая концентрация достигает 0,9 ПДК м. р. Для взвешенных веществ наибольшая разовая концентрация составили 1,4 ПДК м. р. Таким образом, состояние атмосферы на территории г. Иванова попадает под класс кризиса [2]. Необходимо отметить, что на этом уровне растения являются средством регулирования состояния микросреды.

Художественный замысел — создать упорядоченный микромир в стиле классицизма. Для этого необходимо решить следующие задачи: создать проект декоративного оформления территории с учетом законов симметрии, ритма, цвета, гармонии; подобрать ассортимент высокодекоративных растений с учетом эколого-биологических требований; вырастить на базе ботанического сада ИвГУ качественный посадочный материал; произвести посадку растений согласно рабочим посадочным чертежам; проводить агротехнические мероприятия в течение вегетационного периода.

Доминирующее положение занимает здание, на раскрытие видов «к нему» и «от него» и ориентирована вся планировочная система. Эффект зрительного расширения пространства достигается большими площадями газонов на выровненном рельефе, открытыми оградами, рядовыми посадками крупномерных деревьев липы мелколистной (*Tilia cordata*), продолжающимися и за территорией ИвГУ вдоль ул. Ермака, устройством аллей. Центральная аллея выделяется размерами и оформлением, создавая ось симметрии всей композиции.

Главная видовая точка — приподнятый на ступенях центральный вход в 3-й корпус ИвГУ. Для того чтобы выделиться и запомниться в сложной и многообразной среде города, сквер должен обладать острой характерностью. «Темой» сквера выбраны растения как ведущий ландшафтный компонент: рядовые посадки старовозрастных деревьев образуют своими кронами сплошные своды в сочетании с центральной клумбой, рабатками цветочно-декоративных культур и полосами живой изгороди из пузыреплодника калинолистного (*Physocarpus opulifolius*). По обеим сторонам центральной аллеи размещены скамьи для отдыха. Благодаря открытой металлической ограде, можно любоваться сквером по мере продвижения по улице. Жители микрорайона используют сквер для прогулок и отдыха с детьми, осуществляя искомый «контакт с природой» (фото 2).



Фото 2. Центральная аллея

«Лучем», исходящим от главной видовой точки, проходит активная пешеходная дорожка, оформленная рабатками и миксбордерами.

Для озеленения использовались однолетние и многолетние растения из коллекции ботанического сада ИвГУ. Среди однолетников предпочтение отдается перспективным видам растений. Главная задача — подбор ассортимента цветочно-декоративных культур для озеленения г. Иванова на основе интродукции. Ежегодно выращиваемый на базе ботанического сада ассортимент летников включает около 100 видов и сортов. В 2010 г. количество высаженных в грунт однолетних растений на территории корпуса № 3 ИвГУ составило более 6000 экземпляров. При выборе растительного материала учитываются степень его декоративности, сроки цветения, устойчивость к различным погодным условиям, болезням и вредителям. Акцент в оформлении территории в 2010 г. сделан на красивоцветущие и экзотические растения, использование малых архитектурных форм. Для сравнения: в 2008 г. акцентом было доминирование в цветниках комнатных растений; в 2009 г. — вертикальное озеленение.

Из многолетников преобладают декоративно-лиственные виды. Крупные экземпляры хосты белоокаймленной (*Hosta albo-marginata*), посаженные плавной волной на большом миксбордере, смягчают геометрический стиль сквера, служат основной нитью, связывающей все растения данного участка: посадки ландыша майского (*Convallaria majalis*), бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia*), астильбы Арендса (*Astilbe x arendsii*), гейхеры «Пурпурный дворец» (*Heuchera micrantha* «Palace Purple»), камнеломки дернистой (*Saxifraga caespitosa*), страусника обыкновенного (*Matteuccia struthiopteris*), ириса сибирского (*Iris sibirica*) и других. Повторяет волну, образованную хостой, и придает торжественность композиции цинерария морская (*Cineraria maritime* «Silverado»). На переднем плане плотная посадка лобелия эринус (*Lobelia erinus* «Imperator Willi») — компактные обильноцветущие растения с синими цветками. На дальнем плане миксбордера растет спирея иволистная (*Spiraea salicifolia*), крупные экземпляры, достигающие высоты двух метров. Растения подобраны с учетом возможности достаточного полива, экспозиции (полутень). В композицию включены крупные камни. Декоративной «рамкой» миксбордеру служит сирень обыкновенная (*Syringia vulgaris*) и петуния гибридная (*Petunia x hybrida*) в подвесных кашпо.

Для уравновешивания и завершения пейзажной композиции на противоположной стороне дорожки с некоторым смещением создан малый миксбордер (фото 3) из туи западной разных форм (*var. Thuja occidentalis*), раскидистого можжевельника среднего (*Juniperus media*), карликовой формы ели канадской (*Picea glauca* «Conica»), гортензии древовидной (*Hydrangea arborescens*), отличающейся обильным и продолжительным цветением до 15 см в диаметре полушаровидных соцветий, карликовой формы барбариса Тумберга (*Berberis thunbergii* «Princess Gold»), флокса шиловидного (*Phlox subulata*), крокуса весеннего (*Crocus vernus*), мускари армянского (*Muscari armeniacum* «Dark Ice»), видовых и сортовых тюльпанов (*Tulipa* «Praestans Fusibier», *T. Turkestanica*, *T. «Giuseppe Verdi»*).



Фото 3. Малый миксбордер

Среди декоративных кустарников весеннего срока цветения в этом году можно выделить появление экзотической новинки, необычной для средней полосы России, — рододендрона вечнозеленого кэтевбийского (*Rhododendron catawbiense* «Nova Zembla») 1,5 метра высотой и почти 2 метра в диаметре с крупными овальными глянцевидными листьями. Каждый побег завершался яркими сиренево-пурпурными цветками, собранными по несколько штук до 6 см в диаметре каждый. Его цветение можно было наблюдать с мая по июнь включительно. Для успешного выращивания почву вокруг рододендрона кэтевбийского замульчировали смесью опада сосновой хвои и туи западной.

Стало традиционным для весеннего озеленения использование различных сортов тюльпанов (23), нарциссов (10), гиацинтов (7), крокусов (5) и других мелколуковичных на фоне виолы Виттрока (*Viola x wittrockiana*) гибридных сортов. В 2010 г. к вышеперечисленному ассортименту были добавлены сорта флоксов — шиловидного и растопыренного (*Phlox subulata*, *Phlox divaricata*). Для летнего цветения на малом миксбордере высаживались мимulus гибридный (*Mimulus x hybridus* «Twinkles») красный; алиссум морской белый (*Lobularia maritime* «New Carpet of Snow»); лобелия эринус (*lobelia erinus* «Riviera») компактная синяя с белым глазком.

В основе цветового решения проекта летнего озеленения в 2010 г. была выбрана бело-сине-розовая гамма и оттенки этих цветов: цинерария морская (*Cineraria maritime* «Silverado»); петуния многоцветковая (*Petunia hybrida multiflora* «Picobella») карминовая высотой 20—25 см; агератум мексиканский (*Ageratum mexicanum* «Atlantic improved») ярко-фиолетово-синий высотой 15 см; алиссум морской (*Lobularia maritima* «New Carpet of Snow») белый высотой 10 см. Композиция ритмично повторяется на 20-метровой рабатке по центральной аллее.

Центральная клумба диаметром в 3 метра оформлена фонтанирующими по центру несколькими крупными экземплярами страусника обыкновенного (*Matteuccia struthiopteris*) и центрическими кругами из петунии гибридной (*Petunia x hybrida* «Ultra Sky Blue», «Ultra Scarlet», «Ultra White») со схемой посадки 15 x 15 см.

Второй сезон высаживаются на цветниках корпуса гибридные сорта канны Крози (*Canna Crozy*), которые отличаются декоративностью листьев и крупными цветками. Для канн необходимо солнечное, защищенное от холодных ветров место с глубоко обработанной питательной почвой. Чтобы обеспечить ежегодное пышное развитие, делаем горячую подстилку из соломистого конского навоза.

Достойное место в оформлении нашли такие комнатные растения, как хлорофитум хохлатый (*Chlorophytum comosum*), бегония вечноцветущая (*Begonia semperflorens*), бегония Рекс (*Begonia rex*), традесканция белоцветковая (*Tradescantia albiflora*), зебрина висячая (*Zebrina pendula*), аспарагус Шпренгера (*Asparagus densiflorus* cv. *sprengeri*), плющ обыкновенный (*Hedera helix*) разных сортов.

Можно отметить применение малых архитектурных форм в вертикальном озеленении. Подвесные и наземные вазоны отлично дополняют композицию, т. к. выдержаны в единой стилистике и цветовой гамме с основной идеей. Новинкой сезона 2010 г. стали две трехъярусные цветочные пирамиды в классическом стиле с элементами ковки. Здесь отлично зарекомендовали себя сорта антирринума (*Antirrhinum majus* «Chimes White», «Chimes

Kimosy») как низкорослые, обильно цветущие, с чистой окраской, хорошо переносящие пересадку в цветущем состоянии, гармонично сочетающиеся с петунией, аспарагусом Шпренгера и плющом.

Посадочный материал однолетних цветочно-декоративных растений выращивается в теплице ботанического сада Ивановского государственного университета. Для каждой культуры составляется технологическая карта, в которой указываются сроки посева, пикировки, выноса рассады на закалку, высадки в грунт, а также особенности подкормок и прищипки центрального побега (агератум, антриринум, лобелия, сальвия, петуния). Высадка рассады на цветники проводится с 10 июня, когда минует угроза заморозков. За шесть лет с 2005 по 2010 г. в ботаническом саду университета прошли испытание (были опробованы) 23 сорта тагетеса, 10 сортов сальвии сверкающей, 23 сорта петунии, 15 сортов виолы Виттрока. Лучшие из них использовались для озеленения выставочного отдела ботанического сада на территории городского сквера.

Лето 2010 г. было отмечено аномально высокой температурой воздуха, минимальным количеством осадков. Выбранный ассортимент растений при регулярном поливе выдержал данные погодные условия, и территория третьего корпуса Ивановского государственного университета в течение летнего сезона выглядела на достойном уровне и доставляла эстетическое удовольствие как сотрудникам, так и населению города.

Достаточно устойчивыми показали себя сальвия блестящая (*Salvia splendens* hybrid «Reddy») ярко-красная высотой 20 см, высаженная в вазоны и на рабатки; тагетес прямостоячий (*Tagetes erecta* hybrid «Taishan Orange») высотой 25—30 см, с очень крупными оранжевыми махровыми соцветиями; тагетес прямостоячий (*Tagetes erecta* hybrid «Indiana»); табак крылатый крупноцветковый (*Nicotiana glauca* var. *Grandiflora* hybrid «Saratoga») белый высотой 20—25 см, обильноцветущий и декоративный в течение всего сезона; петуния многоцветковая (*Petunia hybrida multiflora* «Picobella»).

С 2005 г. Ивановский государственный университет участвует в городском конкурсе «Иваново в цвету» и занимает первые места среди некоммерческих и бюджетных организаций. В 2010 г. проект озеленения и благоустройства территории третьего корпуса был представлен городской администрацией на следующий тур «Россия в цвету 2010». Судейство проходило в Англии, учредителями конкурса, управляющими фирмами «Suttons Seeds Ltd» и «Enterprise Russia Ltd», признанными профессионалами в сфере ландшафтного дизайна и бизнеса.

По результатам конкурса проект ИвГУ удостоился диплома третьей степени. Нам этот успех представляется закономерным, т. к. за ним стоят многолетние исследования эколого-биологических и декоративных свойств посадочных материалов, апробация различных планировочных и дизайнерских решений, грамотная агротехника.

#### **Библиографический список**

1. Худяков Н. Б., Балдин К. Е., Травкин П. Н. Историко-географический атлас Ивановской области. Иваново : А-Гриф, 2007. 52 с.
2. URL: <http://dk37.ru/mid/1/id/11/> (дата обращения: 10.03.2011).

УДК 612.821

*В. Н. Зарипов, М. О. Барина***ВЛИЯНИЕ ЭКЗАМЕНА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ  
СТУДЕНТОК С РАЗНЫМ УРОВНЕМ  
ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Приводятся данные об особенностях изменений электрокардиографических и электроэнцефалографических показателей под влиянием сдачи экзаменов у девушек-студенток с разным уровнем исходного психоэмоционального напряжения.

**Ключевые слова:** электрокардиография, электроэнцефалография, психоэмоциональное напряжение, сдача экзаменов.

The aim of the studying was to investigate of specific changes of the electrocardiographic and electroencephalographic parameters in girls-students by influence of examinations. On the bases of our researching we have established that the features of electrocardio- and electroencephalographic parameters depend on magnitude of initial psychoemotional tension of student's organism.

**Key words:** electrocardiography, electroencephalography psychoemotional tension, passing of exams.

Экзаменационный стресс занимает одно из первых мест среди причин, вызывающих функциональное и эмоциональное напряжение у студентов. В последние годы получены убедительные доказательства того, что сам по себе процесс сдачи экзамена оказывает негативное влияние на нервную, сердечно-сосудистую и иммунную системы студентов и даже может вызывать нарушения генетического аппарата [9, 10]. Более того, было показано, что негативное влияние экзаменационной сессии может выражаться в изменении гемодинамики и, в частности, в повышении артериального давления у студентов [4].

В то же время следует отметить, что экзаменационный стресс не всегда носит вредоносный характер, приобретая свойства «дистресса». В определенных ситуациях психологическое напряжение может иметь стимулирующее значение, помогая учащемуся мобилизовать все свои знания и личностные резервы для решения поставленных перед ним учебных задач. Кроме того, представляется весьма интересным поиск корреляционных взаимосвязей между психологическими и физиологическими реакциями личности на учебные стрессовые ситуации, выявление которых позволит не только вырабатывать индивидуальные рекомендации, но и приблизиться к механизмам психосоматических взаимоотношений.

При этом следует учитывать, что популяция студентов достаточно неоднородна по своим психическим, функциональным и интеллектуальным показателям, поэтому отношение к экзаменационной сессии у студентов характеризуется весьма выраженным индивидуальным характером.

В связи с этим целью настоящей работы было исследование влияния сдачи экзамена на изменение функционального состояния студенток, имеющих разную степень исходного психоэмоционального напряжения.

### Материал и методы исследования

В исследовании приняли участие 30 студенток биолого-химического факультета в возрасте от 18—20 лет.

На предварительном этапе было проведено психологическое тестирование, включающее оценку психоэмоционального напряжения (тест САН — самочувствие, активность, настроение), на основании результатов которого студентки были разделены на 3 группы: 1-я — с благоприятным, 2-я — с умеренным, 3-я — с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением.

Затем для оценки возможных изменений вегетативного статуса у студенток каждой из групп до и после сдачи экзамена регистрировалась электрокардиограмма, с последующим анализом вариабельности ритма сердца. При этом оценивалось значение таких показателей, как частота сердечных сокращений (ЧСС), индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), индекс напряжения (ИН).

Для оценки изменений электрической активности коры головного мозга также до и после экзамена у студенток всех трех обследуемых групп регистрировалась электроэнцефалограмма, с последующим анализом амплитуды всех ритмов в лобно-теменных, центральных, височных и затылочных отведениях. Этот анализ выполнялся отдельно для правого и левого полушарий коры головного мозга.

Психологическое тестирование, электрокардиография и электроэнцефалография были выполнены с использованием программно-аппаратных комплексов «НС-Психотест», «Нейрон-Спектр» и «Рео-Спектр 3» фирмы «Нейрософт» (Россия).

Статистическая обработка материала проводилась стандартными методами, а достоверность исследуемых показателей оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

### Результаты исследования и их обсуждение

Выявлено, что из всех обследуемых студенток 50 % имели благоприятное, 20 % — умеренное и 30 % — неблагоприятное напряжение. Таким образом, почти треть студенток подходит к моменту сдачи экзамена с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что частота сердечных сокращений до экзамена во всех группах остается на уровне нормы около 70 уд./мин и сдача экзамена не отражается на изменениях данного показателя (рис. 1). Таким образом, это подтверждает, что в обычной практике большинство экзаменов не является для студентов выраженным стрессорным фактором [5]. Даже то обычное волнение, которое испытывают студенты перед сдачей экзамена, не отражается на изменениях частоты сердечных сокращений.

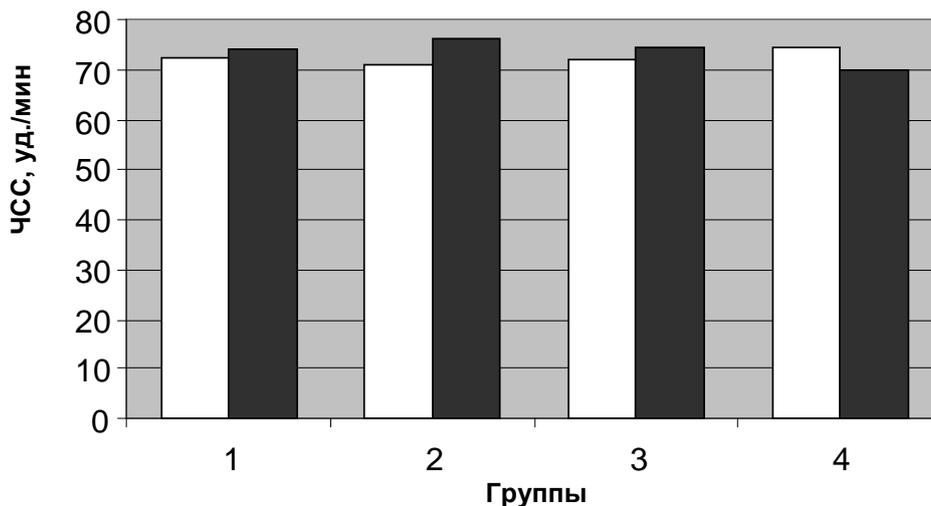


Рис. 1. Изменение частоты сердечных сокращений у студенток с разным уровнем психоэмоционального напряжения под влиянием экзамена:

- 1 — общая группа;  
 2 — благоприятное психоэмоциональное напряжение;  
 3 — умеренное психоэмоциональное напряжение;  
 4 — неблагоприятное психоэмоциональное напряжение;  
 □ — до экзамена; ■ — после экзамена

Изменения показателей кардиоинтервалографии у студенток с разным уровнем психоэмоционального напряжения (рис. 2) подтверждают тот факт, что экзамен, как правило, не оказывает существенного влияния на сдвиг вегетативного статуса организма и регуляторные системы не находятся в состоянии напряжения. Хотя наблюдается некоторая тенденция к повышению уровня симпатических влияний у студенток с исходным неблагоприятным уровнем психоэмоционального напряжения.

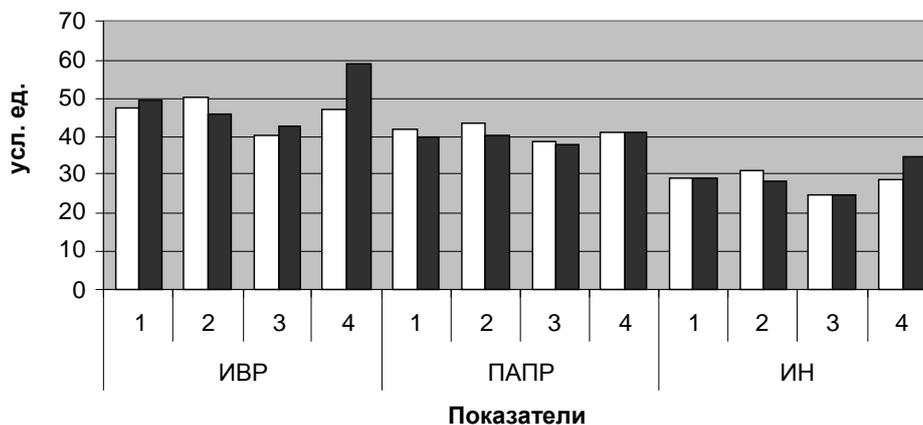


Рис. 2. Изменение показателей кардиоинтервалографии у студенток с разным уровнем психоэмоционального напряжения под влиянием экзамена:

- 1 — общая группа;  
 2 — благоприятное психоэмоциональное напряжение;  
 3 — умеренное психоэмоциональное напряжение;  
 4 — неблагоприятное психоэмоциональное напряжение;  
 □ — до экзамена; ■ — после экзамена

Таблица 1

**Показатели амплитуды альфа-ритма у студенток  
с разным психоэмоциональным напряжением**

Область	Группа	Левое полушарие		Правое полушарие	
		до экзамена	после экзамена	до экзамена	после экзамена
Лобно-теменная	Общая	10,10 ± 1,15	11,53 ± 1,04	<b>9,23 ± 1,19</b>	<b>11,66 ± 1,03*</b>
	1	9,80 ± 1,78	10,86 ± 1,28	8,73 ± 1,92	10,20 ± 1,60
	2	<b>9,00 ± 3,01</b>	<b>14,16 ± 2,33*</b>	10,33 ± 2,42	12,67 ± 2,67
	3	11,33 ± 1,65	10,89 ± 2,33	<b>9,34 ± 1,94</b>	<b>13,44 ± 1,19*</b>
Центральная	Общая	13,93 ± 1,32	14,43 ± 1,12	11,16 ± 1,34	12,90 ± 1,11
	1	14,93 ± 2,04	14,73 ± 1,95	12,80 ± 1,82	12,60 ± 1,25
	2	<b>9,16 ± 3,27</b>	<b>14,50 ± 2,64*</b>	7,50 ± 3,48	14,17 ± 3,86
	3	15,44 ± 1,46	13,89 ± 1,15	10,89 ± 2,30	12,56 ± 2,00
Височная	Общая	11,27 ± 1,03	10,43 ± 0,98	<b>8,73 ± 1,09</b>	<b>10,43 ± 1,02*</b>
	1	11,33 ± 1,76	10,33 ± 1,13	9,93 ± 1,34	10,40 ± 1,24
	2	<b>10,50 ± 1,12</b>	<b>12,50 ± 1,82*</b>	6,50 ± 2,95	9,33 ± 3,56
	3	11,67 ± 1,79	9,23 ± 2,45	<b>8,23 ± 2,22</b>	<b>11,23 ± 1,67*</b>
Затылочная	Общая	17,93 ± 1,89	17,36 ± 1,90	16,43 ± 2,08	16,47 ± 1,86
	1	16,93 ± 2,70	15,86 ± 2,30	17,20 ± 2,86	15,26 ± 2,16
	2	18,00 ± 3,21	15,83 ± 2,93	14,67 ± 5,09	18,83 ± 4,19
	3	19,56 ± 4,16	20,88 ± 4,72	16,34 ± 4,12	16,89 ± 4,48

*Примечание.* 1-я группа — благоприятное психоэмоциональное напряжение; 2-я группа — умеренное психоэмоциональное напряжение; 3-я группа — неблагоприятное психоэмоциональное напряжение. Достоверность отличий: \* –  $p < 0,05$  (до экзамена — после экзамена).

Таблица 2

**Показатели амплитуды бета-ритма у студенток  
с разным психоэмоциональным напряжением**

Область	Группа	Левое полушарие		Правое полушарие	
		до экзамена	после экзамена	до экзамена	после экзамена
Лобно-теменная	Общая	5,46 ± 0,33	6,06 ± 0,34	5,33 ± 0,42	5,83 ± 0,46
	1	<b>4,93 ± 0,25</b>	<b>5,73 ± 0,40*</b>	<b>4,67 ± 0,38</b>	<b>5,87 ± 0,81*</b>
	2	4,83 ± 0,60	6,50 ± 0,96	4,83 ± 0,40	5,33 ± 0,49
	3	6,77 ± 0,83	6,33 ± 0,74	6,78 ± 1,14	6,11 ± 0,69
Центральная	Общая	8,36 ± 0,82	7,93 ± 1,01	7,06 ± 0,68	7,03 ± 0,62
	1	8,47 ± 1,35	9,07 ± 1,94	7,20 ± 1,04	7,00 ± 0,78
	2	6,50 ± 1,33	6,16 ± 0,54	5,83 ± 1,14	8,50 ± 2,14
	3	9,44 ± 1,29	7,22 ± 0,79	7,67 ± 1,29	6,11 ± 0,80
Височная	Общая	7,20 ± 0,41	6,86 ± 0,43	6,40 ± 0,46	6,70 ± 0,45
	1	5,93 ± 0,63	5,40 ± 0,46	5,07 ± 0,38	5,40 ± 0,33
	2	5,33 ± 0,49	5,50 ± 0,62	5,00 ± 0,86	5,50 ± 0,67
	3	6,33 ± 0,78	5,77 ± 0,81	6,11 ± 1,06	5,78 ± 0,89
Затылочная	Общая	5,93 ± 0,40	5,53 ± 0,35	5,37 ± 0,40	5,53 ± 0,33
	1	6,73 ± 0,49	6,66 ± 0,50	5,87 ± 0,32	6,40 ± 0,40
	2	7,17 ± 0,75	6,83 ± 0,70	6,00 ± 1,34	6,50 ± 0,89
	3	8,00 ± 0,98	7,22 ± 1,13	7,55 ± 1,14	7,33 ± 1,28

*Примечание.* 1-я группа — благоприятное психоэмоциональное напряжение; 2-я группа — умеренное психоэмоциональное напряжение; 3-я группа — неблагоприятное психоэмоциональное напряжение. Достоверность отличий: \* –  $p < 0,05$  (до экзамена — после экзамена).

Таблица 3

**Показатели амплитуды дельта-ритма у студенток  
с разным психоэмоциональным напряжением**

Область	Группа	Левое полушарие		Правое полушарие	
		до экзамена	после экзамена	до экзамена	после экзамена
Лобно-теменная	Общая	22,43 ± 1,53	23,53 ± 1,70	23,66 ± 2,32	23,60 ± 1,57
	1	20,67 ± 1,84	21,73 ± 2,45	25,60 ± 4,33	23,67 ± 2,32
	2	<b>23,33 ± 4,04</b>	<b>28,00 ± 4,89*</b>	22,50 ± 2,75	23,66 ± 3,89
	3	24,77 ± 3,23	23,55 ± 2,25	21,22 ± 2,48	23,44 ± 2,81
Центральная	Общая	19,96 ± 1,60	21,03 ± 1,22	21,30 ± 2,10	19,13 ± 0,83
	1	16,13 ± 1,85	21,26 ± 1,96	22,73 ± 4,07	18,67 ± 0,72
	2	23,50 ± 3,70	23,00 ± 3,18	18,50 ± 1,36	21,00 ± 3,01
	3	24,00 ± 3,04	19,33 ± 1,45	20,77 ± 1,74	18,66 ± 1,68
Височная	Общая	19,40 ± 1,62	20,47 ± 1,47	21,90 ± 2,44	17,26 ± 0,69
	1	<b>15,00 ± 1,21</b>	<b>19,80 ± 2,65*</b>	<b>17,13 ± 1,00</b>	<b>23,40 ± 4,58*</b>
	2	22,50 ± 2,09	23,33 ± 3,05	21,83 ± 3,94	19,00 ± 1,88
	3	24,66 ± 4,17	19,66 ± 1,04	19,44 ± 1,73	16,33 ± 1,02
Затылочная	Общая	18,86 ± 1,32	19,90 ± 1,26	19,73 ± 2,22	17,03 ± 0,92
	1	<b>17,20 ± 1,52</b>	<b>20,40 ± 2,29*</b>	<b>17,47 ± 1,07</b>	<b>20,13 ± 4,31*</b>
	2	18,66 ± 0,98	20,00 ± 2,20	19,67 ± 1,82	17,83 ± 1,01
	3	21,78 ± 3,54	20,67 ± 1,33	19,11 ± 2,02	15,78 ± 2,48

*Примечание.* 1-я группа — благоприятное психоэмоциональное напряжение; 2-я группа — умеренное психоэмоциональное напряжение; 3-я группа — неблагоприятное психоэмоциональное напряжение. Достоверность отличий: \* —  $p < 0,05$  (до экзамена — после экзамена).

Таблица 4

**Показатели амплитуды тета-ритма у студенток  
с разным психоэмоциональным напряжением**

Область	Группа	Левое полушарие		Правое полушарие	
		до экзамена	после экзамена	до экзамена	после экзамена
Лобно-теменная	Общая	10,86 ± 1,93	10,33 ± 1,16	8,20 ± 1,31	10,10 ± 1,25
	1	<b>8,13 ± 2,27</b>	<b>10,27 ± 1,51*</b>	<b>7,20 ± 1,90</b>	<b>11,93 ± 1,70*</b>
	2	13,50 ± 6,29	12,67 ± 0,99	11,83 ± 2,53	10,00 ± 2,24
	3	13,66 ± 3,28	8,89 ± 2,92	7,44 ± 2,48	8,78 ± 2,85
Центральная	Общая	15,23 ± 1,71	13,26 ± 1,23	10,70 ± 1,41	10,60 ± 1,57
	1	13,93 ± 2,31	12,93 ± 2,12	11,26 ± 1,99	10,67 ± 1,84
	2	15,00 ± 2,08	13,33 ± 0,88	<b>12,33 ± 2,62</b>	<b>15,50 ± 5,07*</b>
	3	17,55 ± 4,14	13,77 ± 2,18	8,67 ± 2,96	8,55 ± 2,80
Височная	Общая	10,70 ± 1,52	9,20 ± 1,26	7,87 ± 1,34	8,73 ± 1,10
	1	8,80 ± 2,14	9,27 ± 1,87	8,34 ± 1,90	8,60 ± 1,68
	2	9,67 ± 3,20	9,16 ± 2,95	<b>9,67 ± 3,15</b>	<b>12,00 ± 2,20*</b>
	3	14,55 ± 2,80	9,11 ± 2,31	4,44 ± 2,24	8,11 ± 2,04
Затылочная	Общая	10,00 ± 1,57	12,00 ± 1,96	7,43 ± 1,33	9,80 ± 1,46
	1	<b>9,80 ± 2,03</b>	<b>13,40 ± 1,80*</b>	7,80 ± 2,07	9,33 ± 1,59
	2	10,83 ± 3,54	10,50 ± 2,14	10,50 ± 2,24	10,16 ± 2,15
	3	9,77 ± 3,52	15,66 ± 5,72	6,22 ± 2,49	10,33 ± 4,03

*Примечание.* 1-я группа — благоприятное психоэмоциональное напряжение; 2-я группа — умеренное психоэмоциональное напряжение; 3-я группа — неблагоприятное психоэмоциональное напряжение. Достоверность отличий: \* —  $p < 0,05$  (до экзамена — после экзамена).

Результаты проведенных электроэнцефалографических исследований позволили выявить следующие закономерности. Амплитуда альфа-ритма под влиянием сдачи экзамена возрастает у студенток с умеренным уровнем психоэмоционального напряжения (см. табл. 1). Возрастание амплитуды отмечено для трех из четырех обследуемых областей: лобно-теменной, центральной и височной. Это можно объяснить тем, что после сдачи экзамена уменьшается функциональная активность мозга, поскольку экзамен, будучи возможным фактором, повышающим уровень психоэмоционального напряжения, исчезает, и при этом пропадают негативные эмоции, связанные с экзаменом. Данные изменения характерны именно для левого полушария, т. к. именно оно отвечает за логическое мышление и уровень его активности во время экзамена должен возрастать.

При этом для амплитуды альфа-ритма правого полушария установлены несколько иные изменения (см. табл. 1). В правом полушарии отмечено достоверное повышение амплитуды альфа-ритма в лобно-теменной и височной областях у студенток из общей группы и в группе с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением. Возможно, что студентки испытывают большее напряжение перед экзаменом за счет осознания сложности для них этого экзамена в силу определенных индивидуальных причин. Не исключено, что их способность к логическому мышлению несколько занижена и поэтому перед экзаменом у них в большей степени активизируется правое полушарие. После экзамена это эмоциональное напряжение спадает и активность альфа-ритма правого полушария повышается.

В ходе исследования установлено, что экзамен не оказывает влияния на изменение амплитуды бета-ритма в центральной, височной и затылочной областях левого полушария. Однако в лобно-теменной области после сдачи экзамена отмечается повышение амплитуды бета-ритма у студенток с благоприятным уровнем психоэмоционального напряжения (см. табл. 2).

Аналогичное изменение амплитуды бета-ритма отмечено и для правого полушария (см. табл. 2), в котором также не выявлено существенных изменений этого показателя в центральной, височной и затылочной областях. Однако в лобно-теменной области, так же как и в левом полушарии, отмечено повышение амплитуды бета-ритма у студенток с благоприятным уровнем психоэмоционального напряжения. Согласно литературным данным [3], под влиянием умственной деятельности развивается реакция десинхронизации, главным компонентом которой служит усиление бета-активности. Умственная деятельность всегда сопровождается повышением мощности бета-ритма, причем значимое усиление его активности в лобных отделах связано с интенсивной когнитивной деятельностью, включающей элементы новизны [8]. В проведенном нами исследовании увеличение амплитуды бета-ритма наблюдается у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением в обоих полушариях, что характеризуется быстрым темпом их психической деятельности и способностью справляться со стрессовыми ситуациями [6].

Отмечено увеличение амплитуды дельта-ритма у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением в височной и затылочной областях левого полушария головного мозга. В лобно-теменной области замечено достоверное увеличение показателя у студенток с умеренным психоэмоциональным напряжением (см. табл. 3).

В правом полушарии также выявлено достоверное повышение амплитуды дельта-ритма у студенток с благоприятным психоэмоциональным

напряжением в височной и затылочной областях (см. табл. 3). Причем в лобно-теменной области у всех исследуемых групп достоверных изменений не отмечалось. Согласно исследованиям Н. Н. Даниловой [2], дельта-ритм у здорового взрослого человека в покое практически отсутствует, а при выполнении мыслительных заданий его амплитуда возрастает. Можно предположить, что поскольку экзамен не вызывает у студенток существенного психического и эмоционального напряжения, то и после его сдачи у них сохраняется достаточно благожелательный психологический фон и они остаются способными к успешному выполнению умственной деятельности, не испытывая при этом какого-либо психоэмоционального напряжения.

Существенных изменений амплитуды тета-ритма под влиянием экзамена не отмечено для центральной и височной областей левого полушария головного мозга, в то же время в лобно-теменной и затылочной областях установлено достоверное повышение амплитуды тета-ритма у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением (см. табл. 4).

В правом полушарии в затылочной области не отмечается достоверных изменений амплитуды тета-ритма, а в лобно-теменной области сохраняется выраженное достоверное увеличение тета-ритма после экзамена у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением. Кроме того, в центральной и височной областях отмечено достоверное увеличение тета-ритма у студенток с умеренным психоэмоциональным напряжением (см. табл. 4). Тета-ритм тесно связан с эмоциональным и умственным напряжением. Его иногда так и называют — стресс-ритм или ритм напряжения [1]. Благодаря исследованиям Е. А. Умрюхина [7], показано, что увеличение тета-активности в спектре электроэнцефалограммы может являться признаком готовности испытуемого к выполнению умственной деятельности, отражать рабочее напряжение и даже оптимизировать функции внимания.

Таким образом, полученные результаты по изменению активности тета-ритма также могут являться доказательством того, что студентки с благоприятным психоэмоциональным напряжением и после сдачи экзамена продолжают оставаться в состоянии повышенной способности к выполнению умственной деятельности, не испытывая при этом серьезных психологических и эмоциональных проблем.

### Выводы

1. Сдача экзамена не оказывает влияния на изменения частоты сердечбиений у студенток с разным уровнем психоэмоционального напряжения и не отражается на вегетативном статусе и напряжении регуляторных систем. При этом наблюдается тенденция к некоторому усилению симпатических влияний после сдачи экзамена у студенток с исходным неблагоприятным уровнем психоэмоционального напряжения.

2. После сдачи экзаменов происходит увеличение амплитуды альфа-ритма у студенток с умеренным и неблагоприятным психоэмоциональным напряжением, что свидетельствует о переходе организма из состояния повышенной умственной активности в более спокойное.

3. Повышение амплитуды бета- и дельта-ритмов после сдачи экзамена наблюдается в обоих полушариях головного мозга у студенток с благоприятным уровнем психоэмоционального напряжения. Это может свидетельствовать о сохранении у них повышенной эмоциональности и возбудимости, а также способности к успешному выполнению умственной деятельности.

4. Повышение амплитуды тета-ритма наблюдается у студенток с умеренным психоэмоциональным напряжением в центральной и височных областях и у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением в лобно-теменной и затылочных областях коры больших полушарий головного мозга.

5. Студентки с благоприятным уровнем психоэмоционального напряжения и после сдачи экзамена продолжают оставаться в состоянии повышенной способности к выполнению умственной деятельности, не испытывая при этом серьезных психологических и эмоциональных проблем.

6. При оценке изменений электрической активности головного мозга под влиянием экзамена следует учитывать уровень психоэмоционального напряжения.

#### **Библиографический список**

1. *Гнездицкий В. В.* Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография : (картирование и локализация источников электрической активности мозга). М. : МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
2. *Данилова Н. Н.* Психофизиология. М. : Аспект Пресс, 2002. 236 с.
3. *Думченко В. Н.* Обучение и высокочастотные составляющие электрической активности мозга. М. : Наука, 1996. 169 с.
4. *Зарипов В. Н., Баринова М. О.* Изменения показателей кардиоинтервалографии и variability ритма сердца у студентов с разным уровнем психоэмоционального напряжения и типом темперамента на зачетной неделе // Физиология человека. 2008. Т. 34. № 4. С. 73—79.
5. *Зарипов В. Н., Баринова М. О., Втулова Е. В., Киселева А. А., Лактионова А. А., Макарова Н. Е., Чашкина Н. А.* Изменения вегетативного статуса студентов на эмоционально-значимых этапах учебного процесса // Науч. тр. I съезда физиологов СНГ. М. : Медицина — Здоровье, 2005. Т. 2. С. 275.
6. *Небылицин В. Д.* Избранные психологические труды. М. : Наука, 1990. 386 с.
7. *Умрюхин Е. А.* Значение ЭЭГ и ее составляющих. М. : Наука, 2003. 159 с.
8. *Шульговский В. В.* Основы нейрофизиологии. М. : Высш. шк., 2000. 267 с.
9. *Щербатых Ю. В.* Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 5. С. 51—62.
10. *Cohen L., Marshall G. D., Cheng L.* Physiological Interpretation and Clinical Use // *Circulation*. 2000. № 3. P. 1043—1065.

УДК [616.33+616.342]-002.2-091-053.5

*Е. Ю. Егорова, Ю. И. Алексин, А. П. Беляков,  
В. В. Чемоданов, Е. Е. Краснова, А. Л. Дорошенко*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ФОКУС» В ЛЕЧЕНИИ МИОПИИ СТУДЕНТОВ**

Исследовались терапевтические эффекты витаминно-минерального препарата «Фокус» в группе 30 пациентов молодого возраста (16—18 лет, студенты вузов в период обучения). Сравнение исследованных показателей зрения до и после приема препарата выявило ряд статистически значимых различий в показателях, относящихся к электрочувствительности, пространственной контрастной чувствительности и яркостной чувствительности.

**Ключевые слова:** миопия, студенты, «Фокус».

The progressive myopia is one of the leading problems of contemporary ophthalmology. The present research deals with the therapeutic effects of the vitamin — mineral preparation «Focus» tested by the group of 30 young patients (16—18 years old, graduate high school students). The comparison of the obtained data on eyesight before and after taking the preparation revealed a number of statistically significant differences in the resulting indices, which relate to electro-sensitivity, three-dimensional contrasting sensitivity and brightness sensitivity. In general, the usage of this preparation results in the increase of visual functions and compensation of asthenopia phenomena for the controlled students.

**Key words:** myopia, student, «Focus».

### **Введение**

Прогрессирующая миопия является одной из ведущих проблем современной офтальмологии. Актуальность и социальная значимость углубленного изучения ее патогенеза и разработки новых методов лечения неоспоримы. В нашей стране в структуре инвалидности вследствие офтальмопатологии миопия занимает третье место, а в структуре детской инвалидности — второе место [4, 5]. Медико-социальная значимость проблемы увеличивается в связи с тем, что осложненная миопия развивается у лиц молодого работоспособного возраста, 30 % из которых впоследствии становятся слабовидящими [8]. В связи с этим борьба с миопией — важная задача, для решения которой необходимо проведение активных мер по профилактике и лечению близорукости и ее осложнений, особенно в молодом возрасте.

Зрительное утомление — астенопия является главным звеном в «синдроме информационной усталости». По данным отечественных и зарубежных источников, астенопия встречается у 60—90 % пользователей дисплеев. Случаи астенопии, при которых не происходит восстановление зрительных функций (во время отдыха), могут приводить к тяжелым последствиям. У лиц с астенопией могут развиваться вегетоневрозы, снижается активность ориентировочных реакций, психоэмоциональное состояние становится неустойчивым, а зрительное перенапряжение способствует развитию близорукости. Способы предупреждения ее остаются малоэффективными.

---

© Егорова Е. Ю., Алексин Ю. И., Беляков А. П., Чемоданов В. В., Краснова Е. Е., Дорошенко А. Л., 2011

Дефицит эссенциальных микронутриентов, таких как витамины и микроэлементы, оказывает значительное влияние на протекание глазной патологии [2]. В связи с повсеместной распространенностью дефицита витаминов и минералов у россиян [7, 10] дефицит микронутриентов представляет собой значительный фактор риска глазной патологии в молодом возрасте. Поэтому необходима профилактика заболеваний глаз посредством использования специализированных витаминно-минеральных комплексов.

Витаминно-минеральный комплекс «Фокус» содержит важные для здоровья глаз вещества: антоцианы черники (12,5 мг антоцианов в каждой капсуле), цинк, каротиноиды (лютеин, ликопин, бета-каротин) и другие витамины. Прием препарата способствует улучшению зрительных функций и, в частности, снижает утомляемость глаз при повышенных зрительных нагрузках. В состав препарата входят стандартизованный экстракт черники (50 мг), каротиноиды : лютеин (2 мг), ликопин (1 мг) и бета-каротин (3 мг); витамины А (0,5 мг, 1667 МЕ), В2 ( 1,7 мг), С (70 мг), Е (10 мг), минералы — цинк (15 мг). Препарат «Фокус» успешно применяется при лечении возрастной макулярной дегенерации и глаукомной оптической нейропатии у пациентов пожилого возраста [1, 3, 6]. Представляет интерес изучение терапевтических эффектов препарата в группе более молодых пациентов, особенно в категории лиц, испытывающих повышенные зрительные нагрузки (студенты). В настоящем исследовании изучалась эффективность применения биологически активной добавки «Фокус» в лечении миопии — широко распространенной патологии зрения в молодом возрасте.

### Материалы и методы

Исследование проводилось на базе лечебно-диагностического центра НЦ «Оптикор». Была отобрана группа пациентов (30 человек в возрасте 16 — 18 лет) — студентов очной формы обучения первого, второго и третьего курсов Ивановского государственного университета. Группа была набрана из 100 студентов, прошедших плановое обследование и профилактическое лечение в профилактории ИвГУ и направленных в НЦ «Оптикор» для дополнительного обследования в связи с жалобами на зрение и повышенную зрительную утомляемость. Из 30 наблюдаемых (16 девушек, 14 юношей) 7 человек обучались на физико-математическом факультете, 10 — на биолого-химическом, 10 — на экономическом и 3 — на юридическом факультете. Среди пациентов 17 человек являлись жителями г. Иванова и 13 человек — жителями Ивановской, Костромской и Владимирской областей.

Все обследуемые по роду своей деятельности проводили перед экраном монитора более 6 часов в день, имели большую умственную нагрузку, много читали, т. е. испытывали зрительное утомление — астенопию. Больные жаловались на наличие зуда глаз (5), ощущение песка в глазах (5), покраснение глаз (11), боли в области глазниц и лба (13), затуманивание (19), чувство тяжести в глазах (21), замедленную перефокусировку (15), быстрое утомление при чтении (16), трудности в восприятии печатного текста (16), ухудшение зрения вдаль (21). Всем отобраным в группу пациентам был поставлен офтальмологический диагноз «миопия»: миопия слабой степени (8 человек), миопия слабой степени со спазмом аккомодации (7 человек), миопия средней степени (12 человек), миопия высокой степени (3 человека). Группу с миопией со спазмом аккомодации выделили отдельно, т. к. в остальных случаях отмечалась слабость аккомодации. Впервые пожаловались на снижение остроты зрения

вследствие миопии 7 пациентов, 23 студента наблюдались у окулиста по месту жительства до обращения в профилакторий. Семейный анамнез по патологии зрения был отягощен у 33 % больных (миопия у одного из родителей — в 9 случаях, у двоих — в 1 случае), у 67 % семейный анамнез не был отягощен.

Всем пациентам проводилось полное диагностическое обследование, которое включало тщательный сбор анамнеза и жалоб, визометрию с коррекцией и без, определение резерва относительной аккомодации по методу Э. С. Аветисова и объема абсолютной аккомодации проксиметрическим способом, состояния глазного дна, оценку центрального поля зрения с помощью компьютерной программы «Окуляр» путем исследования порога яркостной чувствительности (цветовой и световой), электрочувствительности, электролабильности, измерения пространственной контрастной чувствительности.

Всем студентам дополнительно проводилось полное диагностическое обследование на базе лечебно-диагностического центра клиники ИГМА. Были определены следующие сопутствующие патологии: в группе обследованных диагноз «вегетососудистая дистония» был установлен у 21 человека, «затруднение венозного оттока» — у 17, «хронический гастродуоденит» — у 5, «хронический пиелонефрит» — у 4 человек. Отметим, что все эти сопутствующие патологии ассоциированы с дефицитом тех или иных витаминов и микроэлементов [7, 9].

В качестве терапии нами был выбрана биологически активная добавка к пище «Фокус» (производство ЗАО «Аквион») как источник витаминов, минералов и растительных антиоксидантов. Препарат применялся по 1 таблетке в день в течение 3 месяцев в период осеннего семестра. Оценка зрительной функции проводилась дважды: день «0» и день «90». Повторное обследование проводили в конце ноября, когда студенты имели большие зрительные и умственные нагрузки.

Определение остроты зрения с помощью таблицы дало возможность врачам количественно измерять зрительные функции. Однако многие пациенты жаловались на зрительный дискомфорт даже при нормальной остроте зрения. Тестирование контрастной чувствительности стало не только способом оценки нормального развития зрительных функций, но и средством выявления начальных стадий различных заболеваний зрительной системы. Поэтому особое внимание было уделено исследованию пространственно-контрастной чувствительности, проводимому с использованием метода оценки функции контрастной чувствительности, разработанного в ООО Астроинформ-СПЕ (автор — А. Е. Белозеров). Метод осуществлялся с помощью специального пакета программ. На дисплее компьютера предъявлялась решетка, яркость которой менялась в направлении, перпендикулярном ее ориентации. Контраст решетки плавно менялся вдоль линии ориентации от минимума (0,25 %), до максимума (100 %) (в расчете от контраста, обеспечиваемого данным монитором в принятых условиях адаптации), при этом средняя яркость решетки оставалась постоянной. Пространственная частота определялась количеством циклов черно-белых полос (решеток) на один угловой градус поля зрения и измерялась в циклах на градус. Контрастная чувствительность определялась как величина, обратная минимальному контрастному порогу решетки, при которой она была различима согласно данной пространственной частоте. Функция контрастной чувствительности определялась как логарифм контрастной чувствительности для 12 пространственных частот 0,5—16 цикла на градус угла зрения.

Измерение проводилось монокулярно при средней освещенности комнаты 10—12 кд/м<sup>2</sup>, при освещенности экрана 40—60 кд/м<sup>2</sup>. Поле стимуляции составляло 6 градусов, при расстоянии 2 м до экрана. Были использованы ахроматическая и хроматические (красно-черная, зелено-черная и сине-черная) решетки как для исследования функции контрастной чувствительности, так и для выявления доли участия фоторецепторов в формировании контрастной цветовой чувствительности. Исследование проводилось с оптимальной для каждого пациента очковой коррекцией. Время исследования одной решетки составляло 2—5 минут. Длительность предъявления стимула не ограничивалась. Для исключения ошибок восприятия контраста испытуемому предоставлялся весь экран, на котором появлялась шторка, закрывавшая область с более высоким контрастом. В сомнительных случаях или при неуверенности пациента предлагалось повторять процедуру три раза, закрывая шторкой области с более высоким контрастом, смещаясь к минимальному контрасту и наоборот. Предъявление решеток происходит последовательно от низких к высоким частотам с предоставлением всего паттерна в начале исследования для более адекватного понимания испытуемым задачи исследования, для адаптации зрительной системы. По результату исследования строится кривая пороговой частотноконтрастной характеристики, где величина чувствительности откладывается в дБ.

Контрастная чувствительность у обследованных студентов была не одинакова в пределах различных пространственных частот. Более низкий уровень пространственной чувствительности в области низких и высоких по сравнению с областью средних пространственных частот обусловлен разрешающей способностью нервных элементов сетчатки, различием в величине рецептивных полей ганглиозных клеток сетчатки в центральных и периферических отделах, а также разрешающей способностью оптики глаза.

Высокочастотная составляющая графика пространственной контрастной чувствительности в значительной мере определяется установкой глаза, поэтому многие исследователи стали использовать эту составляющую для определения качества и оптимальности различных форм оптической коррекции при аномальных рефракциях. В целом исследование функции контрастной чувствительности может предоставить информацию о состоянии фоторецепторов сетчатки, межнейронных взаимодействиях, рецептивных полях, о работе высших отделов зрительного анализатора, что позволяет использовать эту методику в комплексном исследовании особенностей органа зрения, в оценке работы цветowych, световых и контрастных каналов.

Статистическая значимость изменений в значениях исследуемых показателей зрения до и после приема препарата (день «0» и день «90») оценивалась двухсторонним гетероскедастическим тестом Стьюдента, хи-квадрат-тестом и тестом Фишера. Поскольку дисперсия исследованных показателей значительно отличалась на день «0» и день «90», был использован именно гетероскедастический тест. В табл. 1—3 приведены значения *P*, соответствующие гетероскедастическому тесту Стьюдента.

## Результаты

Применение витаминно-минерального комплекса «Фокус» не вызывало побочных явлений и аллергических реакций в течение 3-месячного курса. В ходе проведенного лечения у пациентов отмечалась положительная динамика зрительных функций и работы аккомодационного аппарата глаза. Сравнение иссле-

дованных показателей зрения в день «0» и в день «90» выявило ряд статистически значимых различий в показателях, относящихся к остроте зрения, резервам относительной аккомодации, резервам абсолютной аккомодации, электрочувствительности, пространственной контрастной чувствительности. Ниже последовательно рассматриваются отличия в выявленных группах параметров.

В ходе проведенного лечения в исследуемых группах отмечена положительная динамика зрительных функций и работы аккомодационного аппарата глаза. Снижение отрицательного сферического компонента оптимальной коррекции отмечено в 62 % случаев ( $p < 0,05$ ) в среднем на 0,67 дптр ( $p < 0,05$ ).

Отмечено улучшение функционального состояния аккомодационного аппарата глаза. Нормальные показатели относительной аккомодации восстановлены в 65 % случаев. Запас относительной аккомодации повысился в среднем на 1,1 дптр (с  $2,91 \pm 0,11$  до  $4,0 \pm 0,13$  дптр,  $p < 0,05$ ). Объем абсолютной аккомодации увеличился в 60,3 % случаев с  $8,76 \pm 0,2$  до  $9,89 \pm 0,25$  дптр,  $p < 0,05$ ).

По данным анкетирования, уменьшение зрительного утомления — астенопии, улучшение четкости, яркости изображения, повышение зрительной работоспособности определялись в 71,4 % случаев ( $p < 0,05$ ).

После курса приема препарата в группе пациентов наблюдалась статистически значимая динамика *снижения порога электрочувствительности и повышения порога электролабильности*. Динамика снижения была сравнима для обоих глаз (табл. 1). Например, для правого глаза порог электрочувствительности снижался от  $54 \pm 31$  до  $30 \pm 3$  мкА и от  $53 \pm 29$  до  $30 \pm 1,5$  мкА — для левого. Порог электрочувствительности снизился в 83 % случаев (25 из 30 пациентов), порог электролабильности увеличился в 87 % случаев (26 из 30 пациентов), т. е. по отношению к электрочувствительности и электролабильности положительная динамика наблюдалась у большинства пациентов.

Таблица 1

**Статистически значимые отличия в электрочувствительности и электролабильности зрительного нерва и сетчатки пациентов после 3-месячного приема препарата «Фокус»**

Электрочувствительность			
Показатель	До приема	После приема	Значение p
ЭЧ OD, мкА	$54 \pm 31$	$30 \pm 3$	0,01
ЭЧ OS, мкА	$53 \pm 29$	$30 \pm 1,5$	0,005
ЭЛ OD, Гц	$27 \pm 4$	$32 \pm 2$	0,001
ЭЛ OS, Гц	$26 \pm 4$	$33 \pm 2$	0,0001

При статистическом анализе показателей *пространственной контрастной чувствительности* данные для левого и правого глаз были объединены, поскольку в исследованной выборке не наблюдалось значительных дисбалансов в стереоскопическом зрении. При сравнении данных до и после лечения выяснилось, что статистически значимые отличия наблюдались практически по всему спектру частот (табл. 2). Кроме того, усредненный спектр контрастной чувствительности имел выраженное плато в районе средних частот («2..8»). Поэтому в таблице отдельно проводится сравнение данных для низких частот (н. ч., 0,4..1), средних частот (с. ч., 2..8) и высоких частот (в. ч., 11..16). Следует подчеркнуть, что положительная динамика пространственной контрастной чувствительности наблюдалась у 100 % пациентов.

Таблица 2

**Статистически значимые отличия в показателях пространственной контрастной чувствительности у пациентов после курсового приема препарата «Фокус»**

Пространственная контрастная чувствительность			
Показатель	До приема чувствительность, дБ	После приема чувствительность, дБ	Значение p
Синие решетки, н. ч.	24 ± 5	35 ± 5	4·10 <sup>-5</sup>
Синие решетки, с. ч.	27 ± 4	37 ± 4	10 <sup>-7</sup>
Синие решетки, в. ч.	12 ± 2	24 ± 6	1,5·10 <sup>-10</sup>
Красные решетки, н. ч.	21 ± 7	34 ± 5	10 <sup>-6</sup>
Красные решетки, с. ч.	24 ± 6	37 ± 4	3·10 <sup>-8</sup>
Красные решетки, в. ч.	12 ± 4	24 ± 7	2·10 <sup>-10</sup>
Зеленые решетки, н. ч.	21 ± 5	32 ± 5	4·10 <sup>-7</sup>
Зеленые решетки, с. ч.	28 ± 5	40 ± 7	10 <sup>-6</sup>
Зеленые решетки, в. ч.	11 ± 4	25 ± 7	3,7·10 <sup>-8</sup>
Белые решетки, н. ч.	17 ± 7	26 ± 8	0.004
Белые решетки, с. ч.	24 ± 7	34 ± 4	6·10 <sup>-6</sup>
Белые решетки, в. ч.	10 ± 6	23 ± 3	1,8·10 <sup>-9</sup>

*Примечания:* н. ч. — низкие частоты; с. ч. — средние частоты; в. ч. — высокие частоты.

В исследованной выборке пациентов пространственная контрастная чувствительность до приема препарата была значительно ослаблена на высоких частотах (табл. 2). Прием препарата «Фокус» приводил к повышению чувствительности во всем диапазоне и прежде всего к восстановлению чувствительности в области более высоких частот. Например, высокочастотная чувствительность на синем фоне увеличивалась от 12 ± 2 до 24 ± 6 ( $p = 10^{-10}$ ) и т. д. В низко- и среднечастотной областях спектра прием препарата также приводил к повышению контрастной чувствительности ( $p = 10^{-5} \dots 10^{-7}$  (рис. 1).

Цветовое зрение человека определяется поглощением света тремя классами колбочковых фоторецепторов, имеющих максимальную чувствительность в области 560, 530 и 420 нм и перекрывающих друг друга спектрами поглощения [9]. Эти спектры дают название максимально реагирующим на них колбочкам: соответственно «красночувствительные», или чувствительные к длинным волнам (ДВ-колбочки), «зеленочувствительные», или чувствительные к средним волнам (СВ-колбочки), и «синечувствительные», или чувствительные к коротким волнам (КВ-колбочки). Согласно результатам многих психофизических исследований, зрительная система состоит из множества параллельных каналов — фильтров, каждый из которых чувствителен к определенным пространственным частотам, т. е. имеет свою полосу пропускания.

Различный характер изменений контрастной чувствительности, найденный в настоящем исследовании, может быть связан с утомлением различных отделов головного мозга.

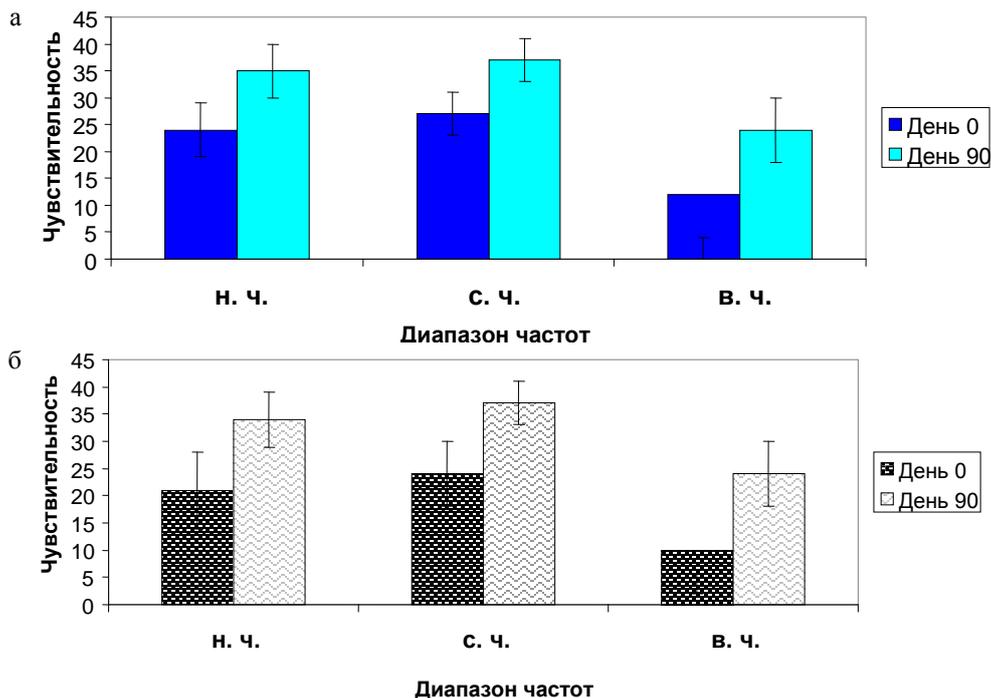


Рис. 1. Улучшение показателей пространственной чувствительности на синей решетке (а) и красной решетке (б) до и после приема препарата «Фокус»

Одним из методических подходов, которые позволили бы объединить знания о нейрофизиологии зрительной системы и интегративной яркостной и цветовой чувствительности в единой форме эксперимента, является метод поточечного сканирования поля зрения мелкими световыми пятнами с их топографической локализацией на глазном дне. При анализе данных по порогу яркостной чувствительности данные для левого и правого глаз были объединены. Статистически значимые различия наблюдались для различных фоновых цветов (черного, желтого, синего); в табл. 3 приведены данные для черного цвета. Положительная динамика наблюдалась у 28 из 30 пациентов (93 %).

Таблица 3

**Статистически значимые отличия в показателях порога яркостной чувствительности в динамике (фон: черный)**

Порог яркостной чувствительности (ВСМР), мсек			
Показатель	До приема	После приема	Значение p
Максимум	23 ± 5	18 ± 3	0,006
СВКТ	13,1 ± 0,4	12,5 ± 0,4	0,002
СНКТ	17 ± 2	15 ± 1	0,05
СВНК	14,4 ± 1,5	13,5 ± 0,6	0,05
СННК	15,3 ± 2,3	13,5 ± 0,9	0,006

Примечания: СВКТ — среднее время сенсомоторной реакции по внутреннему кольцу точек; СНКТ — среднее время сенсомоторной реакции по наружному кольцу точек; СВНК — среднее время сенсомоторной реакции в верхненазальном квадранте; СННК — среднее время сенсомоторной реакции в нижненазальном квадранте; ВСМР — время сенсомоторной реакции.

Сравнение параметров яркостной чувствительности в динамике лечения показало статистически значимое уменьшение максимального значения порога чувствительности ( $p = 0,006$ ), среднего по внутреннему кольцу точек (СВКТ,  $p = 0,002$ ), среднего по наружному кольцу точек (СНКТ,  $p = 0,05$ ), среднего в верхне-назальном квадранте (СВНК,  $p = 0,05$ ) и среднего в нижне-назальном квадранте (СННК,  $p = 0,006$ ). Эти изменения указывают на снижение порогов чувствительности, т. е. соответствуют улучшению светочувствительности зрения пациентов.

### Выводы

Применение витаминно-минерального комплекса «Фокус» в лечении миопии эффективно и безопасно, не вызывает побочных явлений и аллергических реакций в течение 3-месячного курса. Использование препарата «Фокус» способствует улучшению таких показателей, как острота зрения, резервы относительной аккомодации, объем абсолютной аккомодации, электрочувствительность, пространственная и яркостная чувствительность, уменьшение или исчезновение астигматизма. Повышая пространственную контрастную чувствительность и улучшая функциональное состояние зрительного анализатора на фоне применения препарата «Фокус», мы способствуем оптимизации зрительной работы, снятию утомляемости, профилактике прогрессирования миопии, т. к. известно, что один из главных факторов ухудшения зрения у молодежи — это зрительная перегрузка.

В целом прием препарата способствует повышению зрительных функций и устранению явлений астигматизма. Назначение препарата «Фокус» по 1 таблетке 1 раз в день курсами по 3 месяца в год может быть рекомендовано как в профилактических, так и лечебных целях при миопии или глазной астигматизме.

### Библиографический список

1. Алексеев И. Б., Шиналиева О. Н. Применение препарата «Фокус» у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией и глаукомной оптической нейропатией // Вестн. оптометрии. 2009. № 6. С. 40—42.
2. Громова О. А., Ребров В. Г. Витамины, макро- и микроэлементы в офтальмологии / под ред. В. Н. Нероева. М. : Медицина, 2008. 73 с.
3. Егоров Е. А., Романенко И. А. Возрастная макулярная дегенерация : вопросы патогенеза, диагностики и лечения // Клиническая офтальмология. 2009. № 10. С. 42—47.
4. Либман Е. С., Шахова Е. В. О применении препарата «Лютеин-форте» в лечении центральной возрастной неэкссудативной хориоретинальной дистрофии // Тез. докл. VIII съезда офтальмологов России. М., 2005. С. 78—79.
5. Максимов И. Б. Визоконтрастопериметрия в диагностике заболеваний глаз : метод. рек. М. : ГВКГ им. Н. Н. Бурденко, 1999. 40 с.
6. Нестеров А. П., Теплинская Л. Е., Балашова Л. М. Клинические и иммунологические аспекты воздействия ВМК «Фокус» на течение возрастной макулярной дистрофии // Офтальмология. 2008. № 5. С. 39—42.
7. Спиричев В. Б. Справочник по витаминологии. М. : Медицина, 2004. 456 с.
8. Хватова Н. В. Клинико-функциональные симптомы дисбинокулярной амблиопии и нейрофизиологические механизмы развития зрительных функций : автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008. 140 с.
9. Шаповалов С. Л., Александров А. С. Материалы к проблеме зрительного утомления операторов видеодисплейных терминалов. М., 1999. 174 с.
10. Merbs S., Nathans J. Absorption spectra of the hybrid pigments responsible for anomalous color vision // Science. 1992. Vol. 258. № 1. P. 464—466.

УДК 379.092

*А. Л. Дорошенко, Е. Е. Соколов***ОСНОВЫ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ.  
ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ**

Рассматривается понятие «здоровье», его содержание и критерии. Исследуются ценностные ориентации человека на здоровый образ жизни и их отражение в жизнедеятельности.

**Ключевые слова:** здоровье, жизнедеятельность, физический, самовоспитание.

The notion «health», its contents and criteria are considered. Valuable orientation of a person on sound lifestyle and its reflection in vital activity is analysed.

**Key words:** health, vital activity, physical, self-education.

Во все времена у всех народов мира непреходящей ценностью человека и общества являлось и является физическое и психическое здоровье. Еще в древности оно понималось врачами и философами как главное условие свободной деятельности человека, его совершенствования.

Несмотря на значимость, придаваемую здоровью, понятие «здоровье» не имело конкретного научного определения. И в настоящее время существуют разные подходы к его определению. При этом большинство авторов: философов, медиков, психологов (Ю. А. Александровский, В. Х. Василенко, В. П. Казначеев, В. В. Николаева, В. М. Воробьев) согласны друг с другом лишь в одном, что сейчас отсутствует единое, общепринятое, научно обоснованное понятие «здоровье индивида» [11].

Самое раннее из определений здоровья — определение Алкмеона — имеет своих сторонников вплоть до сегодняшнего дня: «Здоровье есть гармония противоположно направленных сил». Цицерон характеризовал здоровье как правильное соотношение различных душевных состояний. Стоики и эпикурейцы ценили здоровье превыше всего, противопоставляя его энтузиазму, стремлению ко всему неумеренному и опасному. Эпикурейцы считали, что здоровье — это полное довольство при условии полного удовлетворения всех потребностей. Психиатры рассматривают здоровье как способность реализовать «естественный врожденный потенциал человеческого призвания». Существуют и другие формулировки: здоровье — обретение человеком своей самости; «реализация Я», полноценная и гармоничная включенность в сообщество людей.

К. Роджерс также воспринимает здорового человека как подвижного, открытого, а не постоянно использующего защитные реакции, независимого от внешних влияний и опирающегося на себя. Оптимально актуализируясь, такой человек постоянно живет в каждый новый момент жизни. Этот человек подвижен и хорошо приспосабливается к меняющимся условиям, терпим к другим, эмоционален и рефлексивен [12].

В Уставе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) записано, что здоровье представляет собой не только отсутствие болезней и физических дефектов, но и состояние полного социального и духовного благополучия. В

БМЭ оно определяется как состояние организма человека, когда функции всех его органов и систем уравновешены с внешней средой и отсутствуют какие-то болезненные изменения. В основу данного определения положена категория состояния здоровья, которое оценивается по трем признакам: соматическому, социальному и личностному. Соматический признак — это совершенство саморегуляции в организме, гармония физиологических процессов, максимальная адаптация к окружающей среде. Социальный — мера трудоспособности, социальной активности, деятельное отношение человека к миру. Личностный признак подразумевает стратегию жизни человека, степень его господства над обстоятельствами жизни [8]. Организм на протяжении всего своего развития не находится в состоянии равновесия или уравновешенности с окружающей средой. Наоборот, будучи неравновесной системой, организм на протяжении своего развития меняет формы своего взаимодействия с условиями окружающей среды [4]. Г. Л. Апанасенко указывает, что если рассматривать человека как биоэнергоинформационную систему, характеризующуюся пирамидальным строением подсистем, к которым относятся тело, психика и духовность, понятие здоровья подразумевает гармонию данной системы. Нарушения на любом уровне отражаются на устойчивости всей системы [2]. Многие определения здоровья исходят из того, что организм человека должен сопротивляться, приспосабливаться, преодолевать, сохранять, расширять свои возможности и т. д. При таком понимании здоровья человек рассматривается как воинствующее существо, находящееся в агрессивной природной и социальной среде. Но ведь биологическая среда не порождает организм, который ею не поддерживается, а если это происходит, то такой организм обречен уже в начале своего развития. Исследователи предлагают определять здоровье, исходя из основных функций организма человека (реализации генетической, безусловно, рефлекторной программы, инстинктивной деятельности, генеративной функции, врожденной и приобретенной нервной деятельности). В соответствии с этим здоровье может быть определено как способность взаимодействующих систем организма обеспечивать реализацию генетических программ, безусловно-рефлекторных, инстинктивных процессов, генеративных функций, умственной деятельности и фенотипического поведения, направленных на социальную и культурную сферы жизни.

Для философского рассмотрения понятия «здоровье» важно понимать, что оно отражает необходимость, вытекающую из сущности явлений, а болезнь — это случайность, не имеющая всеобщего характера. Таким образом, современная медицина занимается преимущественно случайными явлениями — болезнями, а не здоровьем, являющимся закономерным и необходимым [3].

И. А. Гундаров и В. А. Палесский отмечают: «При определении здоровья следует учитывать мнение, что здоровье и болезнь не соотносятся между собой по принципу дихотомии: либо есть, либо нет; либо человек здоров, либо болен. Здоровье предстает в виде жизненного континуума от 0 до 1, на котором оно присутствует всегда, хотя и в разном количестве. Даже у тяжело больного есть некое количество здоровья, хотя его очень мало. Абсолютно полное исчезновение здоровья равнозначно смерти» (цит. по: [4]).

В подавляющем большинстве работ подчеркивается, что абсолютное здоровье является абстракцией. Здоровье человека считается не только медико-биологической, но прежде всего социальной категорией, определяемой, в

конечном счете, природой и характером общественных отношений, социальными условиями и факторами, зависящими от способа общественного производства.

Выделяется несколько подходов к определению здоровья, прослеживающихся в прикладных исследованиях. Одним из них является подход «от противного», в котором здоровье рассматривается как отсутствие болезни. В рамках этого подхода осуществляются исследования в медицинской психологии и психологии личности, особенно выполненные медиками. Естественно, такое рассмотрение феномена «здоровье» не может быть исчерпывающим. Некоторые исследователи приводят следующие недостатки такого понимания здоровья: 1) в рассмотрении здоровья как не болезни изначально заложена логическая ошибка, т. к. определение понятия через отрицание не может считаться полным; 2) данный подход субъективен, поскольку в нем здоровье видится как отрицание всех известных болезней, но при этом за бортом остаются все неизвестные болезни; 3) такое определение имеет описательный и механистический характер, что не позволяет раскрыть сущность феномена индивидуального здоровья, его особенности и динамику [8]. Ю. П. Лисицын отмечает: «Можно сделать вывод, что здоровье есть нечто большее, чем отсутствие болезней и повреждений, это — возможность полноценно трудиться, отдыхать, словом, выполнять присущие человеку функции, свободно, радостно жить» [8].

Второй подход характеризуется как комплексно-аналитический. В данном случае при изучении здоровья путем подсчета корреляционных связей выделяются отдельные факторы, оказывающие влияние на здоровье. Затем анализируется частота встречаемости данного фактора в жизненной среде конкретного человека и на основании этого делается заключение о его здоровье. Но существуют следующие минусы такого подхода: возможность недостаточности конкретного фактора для заключения о здоровье человека; отсутствие единого абстрактного эталона здоровья как суммы набора факторов; отсутствие единой количественной выраженности отдельного признака, характеризующей здоровье человека.

В качестве альтернативы предыдущим подходам к исследованию проблем здоровья рассматривается системный подход, принципами которого являются: отказ от определения здоровья как не болезни; выделение системных, а не изолированных критериев здоровья (гештальт-критериев системы здоровья человека); обязательное изучение динамики системы; выделение зоны ближайшего развития, показывающей, насколько пластична система при различных воздействиях, т. е. насколько возможна ее самокоррекция или коррекция; переход от выделения определенных типов к индивидуальному моделированию.

А. Я. Иванюшкин предлагает 3 уровня для описания ценности здоровья:

1) биологический — изначальное здоровье предполагает совершенство саморегуляции организма, гармонию физиологических процессов и, как следствие, минимум адаптации;

2) социальный — здоровье является мерой социальной активности, деятельного отношения человека к миру;

3) личностный, психологический — здоровье есть не отсутствие болезни, а скорее отрицание ее, в смысле преодоления. Здоровье в этом случае выступает не только как состояние организма, но как «стратегия жизни человека» [7].

Один из основателей валеологии Т. Ф. Акбашев называет здоровье характеристикой запаса жизненных сил человека, которая задается природой и реализуется или не реализуется человеком [1].

При определении понятия «здоровье» часто возникает вопрос о его норме. При этом, само понятие нормы является дискуссионным. Так, в статье «Норма», опубликованной во втором издании БМЭ, этот феномен рассматривается как условное обозначение равновесия организма человека, отдельных его органов и функций в условиях внешней среды. Тогда здоровье определяется как равновесие организма и его среды, а болезнь — как нарушение равновесия со средой. Но, как замечает И. И. Брехман, организм никогда не находится в состоянии равновесия со средой, т. к. в противном случае прекратилось бы развитие, а значит, и возможность дальнейшей жизни [3]. Критики данного определения нормы предлагают понимать ее как биологический оптимум живой системы, имеющий подвижные границы, в рамках которых сохраняются оптимальная связь со средой и согласованность всех функций организма. И тогда нормальным следует считать функционирование в пределах оптимума, что и будет рассматриваться как здоровье организма. По мнению В. М. Дильмана, говорить о здоровье организма и его норме в принципе невозможно, т. к. индивидуальное развитие является патологией, отклонением от нормы, которую можно относить только к 20—25-летнему возрасту, характеризующемуся минимальной частотой главных болезней человека [5]. И. И. Брехман, рассматривая проблему здоровья как одну из глобальных проблем человечества, указывает на неправомерность такого подхода. Он отмечает, что понятие нормы остается абстрактным потому, что означает состояние, предшествующее заболеванию, а оно может быть неодинаковым у разных людей. При определении здоровья автор отходит от относительной и противоречивой категории нормы в сторону понимания здоровья с позиций качества. Он говорит о том, что проблема здоровья, как и все глобальные проблемы, возникает в кризисной ситуации [3].

Здоровье рассматривается как интегративная характеристика личности, охватывающая внутренний мир и все своеобразие взаимоотношений с окружающим миром и включающая в себя физический, психический, социальный и духовный аспекты.

Наблюдения и эксперименты давно позволили медикам и исследователям разделить факторы, влияющие на здоровье человека, на биологические и социальные. Подобное деление получило философское подкрепление в понимании человека как существа биосоциального. К числу социальных факторов медики относят прежде всего жилищные условия, уровень материального обеспечения и образования, состав семьи и т. д. Среди биологических факторов выделяют возраст матери, когда родился ребенок, возраст отца, особенности протекания беременности и родов, физические характеристики ребенка при рождении. Рассматриваются также психологические факторы как результат действия биологических и социальных факторов [6]. Ю. П. Лисицын, исследуя факторы риска здоровья, указывает на вредные привычки (курение, употребление алкоголя, неправильное питание), загрязнение среды обитания, а также на «психологическое загрязнение» (сильные эмоциональные переживания, дистресс) и генетические факторы [9]. Так, например, выявлено, что длительный дистресс подавляет иммунитет, делая людей более уязвимыми к инфекциям и злокачественным опухолям; кроме того, при стрессе у реактивных людей, легко впадающих в гнев, в кровь выбрасывается большое количе-

ство стрессовых гормонов, которые, как полагают ученые, ускоряют процесс образования бляшек на стенках коронарных артерий [10].

Г. А. Апанасенко предлагает различать несколько групп факторов здоровья, определяющих, соответственно, его воспроизводство, формирование, функционирование, потребление и восстановление, а также характеризующих здоровье как процесс и как состояние. Так, к факторам (показателям) воспроизводства здоровья относятся: состояние генофонда, состояние репродуктивной функции родителей, ее реализация, здоровье родителей, наличие правовых актов, охраняющих генофонд и беременных, и т. д. К факторам формирования здоровья автор причисляет образ жизни, к которому относит уровень производства и производительности труда; степень удовлетворения материальных и культурных потребностей; общеобразовательный и культурный уровни; особенности питания, двигательной активности, межличностных отношений; вредные привычки и т. д., а также состояние окружающей среды. В качестве факторов потребления здоровья автор рассматривает культуру и характер производства, социальную активность индивида, состояние нравственной среды и т. д. Восстановлению здоровья служат рекреация, лечение, реабилитация [2].

Как отмечает И. И. Брехман, в условиях современной научно-технической революции большое количество причин приводит к определенной дезорганизации природных основ эффективной жизни личности, кризису эмоциональности, основными проявлениями чего являются эмоциональная дисгармония, отчужденность и незрелость чувств, ведущие к ухудшению здоровья и заболеваниям. Автор констатирует, что большое значение для здоровья имеет установка человека на долгую здоровую жизнь [3].

Как уже отмечалось, в качестве одного из факторов здоровья можно рассматривать культуру. Согласно В. С. Семенову, культура выражает меру осознания и овладения человеком собственным отношением к самому себе, к обществу, природе, а также степень и уровень саморегуляции его существенных потенций [13]. Если наши предки были в значительной степени беззащитны перед различными заболеваниями в силу своего незнания, и такое положение дел отчасти спасали лишь различные табу, то современный человек знает несоизмеримо больше своих предшественников о природе, собственном организме, болезнях, факторах риска здоровья, живет в гораздо лучших условиях. Но, несмотря на это, уровень заболеваемости является довольно высоким, причем довольно часто люди болеют теми болезнями, для профилактики которых достаточно вести определенный образ жизни. Такую ситуацию И. И. Брехман объясняет тем, что «очень часто люди не знают, что они способны сделать с самими собой, какими огромными резервами физического и психического здоровья обладают, сумеют ли они сохранить и задействовать их, вплоть до увеличения продолжительности активной и счастливой жизни» [3]. Автор указывает, что, несмотря на общую грамотность, люди многого просто не знают, а если и знают, то не следуют правилам здоровой жизни: «Для здоровья нужны такие знания, которые стали бы бытием» [3].

Другие исследователи проблему связи культуры и здоровья рассматривают следующим образом: культурный человек не может позволить себе болеть, следовательно, высокий уровень заболеваемости населения (в особенности такими хроническими заболеваниями, как атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, диабет и др.), рост числа лиц с избыточной массой тела,

а также курящих, употребляющих алкоголь, являются показателями низкого уровня их культуры.

Опираясь на наличие ряда составляющих здоровья, в частности таких, как физическое, психическое, социальное и духовное здоровье, следует рассматривать факторы, оказывающие преимущественное влияние на каждую из них. Так, к числу основных факторов, влияющих на физическое здоровье, относятся: система питания, дыхания, физических нагрузок, закаливания, гигиенические процедуры. На психическое здоровье в первую очередь воздействует система отношений человека к себе, другим людям, жизни в целом, а также его жизненные цели и ценности, личностные особенности. Социальное здоровье личности зависит от соответствия личностного и профессионального самоопределения, удовлетворенности семейным и социальным статусом, гибкости жизненных стратегий и их соответствия социокультурной ситуации (экономическим, социальным и психологическим условиям). И наконец, на духовное здоровье, являющееся предназначением жизни, влияют высокая нравственность, осмысленность и наполненность жизни, творческие отношения и гармония с собой и окружающим миром, Любовь и Вера. Однако рассмотрение этих факторов, как отдельно влияющих на каждую составляющую здоровья, достаточно условно, т. к. все они находятся в тесной взаимосвязи.

Итак, здоровье человека зависит от многих факторов: наследственных, социально-экономических, экологических, деятельности системы здравоохранения. Но особое место среди них занимает образ жизни человека.

#### *Библиографический список*

1. Акбашев Т. Ф. Третий путь. М., 1996. 139 с.
2. Апанасенко Г. А. Валеология: имеет ли она право на самостоятельное существование? // Валеология. 1996. № 2. С. 9—14.
3. Брехман И. И. Введение в валеологию — наука о здоровье. Л.: Наука, 1987. 125 с.
4. Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. СПб.: Наука, 1993. 269 с.
5. Дильман В. М. Четыре модели медицины. Л.: Медицина, 1987. 287 с.
6. Здоровье, развитие, личность / под ред. Ф. Г. Мурзакаева. Уфа, 1987. 280 с.
7. Иванюшкин А. Я. «Здоровье» и «болезнь» в системе ценностных ориентаций человека // Вестн. АМН СССР. 1982. Т. 45. № 4. С. 29—33.
8. Лисицын Ю. П. Образ жизни и здоровье населения. М.: Знание, 1982. 90 с.
9. Лисицын Ю. П., Полунин И. В. Здоровый образ жизни ребенка. М., 1984. 380 с.
10. Московичи С. Социальное представление: исторический взгляд // Психол. журн. 1995. № 2. С. 3—14.
11. Психология и практика: ежегод. Рос. психол. о-ва. Ярославль: ЯрГУ им. П. Г. Демидова, 1998. 410 с.
12. Роджерс К. Взгляд на психотерапию. Становление человека. М.: Прогресс: Универс, 1994. 478 с.
13. Семенов В. С. Культура и развитие человека // Вопр. философии. 1982. № 4. С. 15—29.

УДК 379.092

Н. М. Айгубов

## КИКБОКСИНГ КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ

Рассматривается использование двигательных действий из арсенала кикбоксинга в физкультурных занятиях студентов. Анализируются результаты, полученные в ходе педагогического наблюдения и пульсометрии. Исследуются функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма студентов в начале и по окончании эксперимента.

**Ключевые слова:** физическая культура, физкультурные занятия, студенты, морфофункциональное состояние, средства кикбоксинга.

The use of impellent actions from a kickboxing arsenal in sports employment of students is considered. The results received during pedagogical supervision and pulse measurement are analyzed. A functional condition of cardiovascular and respiratory systems of an organism at the beginning and after the completion of the experiment is examined.

**Key words:** physical training, sports employment, students, morphofunctional state, kickboxing means.

Физической культуре и спорту принадлежит одна из важных ролей в воспитании физически здорового молодого поколения. В последнее время растет количество молодых людей, занимающихся кикбоксингом. Растущую популярность кикбоксинга можно объяснить его зрелищностью, высоким эмоциональным накалом спортивных поединков и разносторонним воздействием на двигательные, психические, волевые качества и на формирование личности в целом.

Возможности существующих видов спорта и физической культуры очень велики: в укреплении здоровья, коррекции осанки и телосложения, повышении общей работоспособности, психической устойчивости, повышении самооценки и, наконец, в формировании личности. Здоровье при этом выступает главным фактором, который определяет не только гармоническое развитие студента, но и успешное освоение им своей будущей профессии.

В настоящее время выходит огромное количество литературы, посвященной единоборствам, их положительной роли в воспитании, повышении уровня физической подготовленности и формировании личности студентов.

С целью изучения влияния занятий физической культурой с применением упражнений из арсенала кикбоксинга на морфофункциональное состояние студентов нами было проведено исследование. В соответствии с программой исследования были сформированы контрольная и экспериментальная группы.

Экспериментальная программа реализовывалась в течение 8 месяцев. В каждое второе занятие включались упражнения из арсенала кикбоксинга.

В процессе педагогического эксперимента проводился контроль, который позволил определить степень влияния средств кикбоксинга на показатели морфофункционального состояния студентов.

Влияние экспериментальной методики занятий оценивалось по показателям антропометрии и функциональному состоянию сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма студентов. Полученные в ходе тестирования результаты определения морфофункциональных параметров обобщены и статистические характеристики распределений полученных результатов представлены в таблице.

**Результаты морфофункциональных характеристик студентов, участвующих в эксперименте**

Экспериментальная группа — начальное тестирование			
	Рост	Вес	Жизненная емкость легких
X	171,15 ± 1,44	70,15 ± 2,56	4010,75 ± 58,02
S <sup>2</sup>	10,87	34,19	17528,41
Экспериментальная группа — заключительное тестирование			
X	171,21 ± 1,6	68,7 ± 2,37	4140,65 ± 55,8
S <sup>2</sup>	13,41	29,48	16215,19
Контрольная группа — начальное тестирование			
X	170,6 ± 1,66	69,4 ± 2,72	4008,9 ± 57,53
S <sup>2</sup>	14,35	38,67	17235,35
Контрольная группа — заключительное тестирование			
X	170,9 ± 1,66	69,85 ± 2,6	4009,45 ± 57,76
S <sup>2</sup>	14,41	35,39	17373,63

Анализ всех показателей, характеризующий уровень морфофункциональных параметров студентов, не выявил достоверных различий между контрольной и экспериментальной группами до начала педагогического эксперимента. Все экспериментальные значения t-критерия Стьюдента меньше табличного (при числе степеней свободы  $k = 38$  и уровне значимости  $p = 0,05$ ).

Занятия кикбоксингом за наблюдаемый период времени не оказали существенного влияния на росто-весовые показатели студентов экспериментальной группы. Анализ данных физического развития студентов контрольной и экспериментальной групп, проводимый в конце эксперимента, показал отсутствие достоверно значимых различий между средними значениями групп исследуемых. Это свидетельствует о том, что средства физкультурно-оздоровительной работы, используемые в ходе педагогического эксперимента, не оказали негативного влияния на физическое развитие студентов.

Одним из важных результатов влияния экспериментальной методики занятий на организм занимающихся является повышение показателей деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма студентов.

По показателям жизненной емкости легких у студентов контрольной и экспериментальной групп в начале педагогического эксперимента достоверно значимая разница отсутствовала ( $4008,9 \pm 57,5$  и  $4010,7 \pm 58,0$  мл соответственно). Позитивные сдвиги отмечены в результате обследования в конце педагогического эксперимента. Показатели жизненной емкости легких у студентов, занимавшихся с использованием элементов кикбоксинга, выше ( $4140,7 \pm 55,8$  мл), чем у их оппонентов ( $4009,5 \pm 57,8$  мл) (рис. 1).

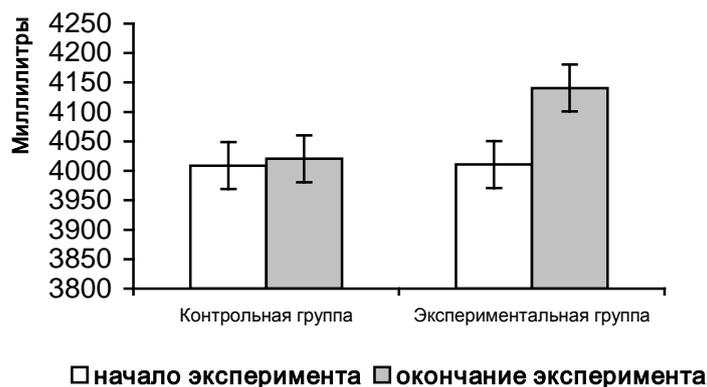


Рис. 1. Результаты измерения жизненной емкости легких студентов контрольной и экспериментальной групп в начале и по окончании педагогического эксперимента

Наиболее важным фактором, способствующим сохранению, укреплению и формированию здоровья, является оптимальная физическая нагрузка — определенная величина воздействий физических упражнений на организм, характеризующийся объемом и интенсивностью. При управлении процессом изменения функциональных возможностей организма под влиянием различных нагрузок в нашем исследовании мы исходили из общих теорий адаптации организма.

В начале эксперимента было проведено тестирование, которое отражало реакцию ЧСС на стандартную нагрузку (20 приседаний за 30 с). В экспериментальной группе через 3 минуты восстановленная величина ЧСС равнялась в среднем 97,7 уд./мин, а в контрольной группе этот средний показатель был равен 97,3 уд./мин.

Оптимальность нагрузки оценивается по отношению к исходному уровню. При оптимальной нагрузке у студентов ЧСС до исходного уровня восстанавливается на 3-й минуте. Нагрузка на занятиях определяется не только мышечным, но и интеллектуальным, эмоциональным напряжением.

Педагогические наблюдения и данные пульсометрии показали, что средние показатели ЧСС студентов во время максимальной нагрузки имеют различия между контрольной и экспериментальной группами. При этом у студентов экспериментальной группы в процессе экспериментальных занятий на основе использования средств кикбоксинга был отмечен более высокий тренировочный эффект: 180,5 уд./мин. В контрольной группе тренировочный эффект оказался ниже — 123,5 уд./мин (рис. 2).

В контрольной группе этот факт объясняется прежде всего нерациональным распределением физической нагрузки во время физкультурных занятий, а именно в части обучения основным видам движений. Напротив, во время физкультурного занятия с использованием средств кикбоксинга наблюдается тенденция к стабильному росту уровня показателей ЧСС. Выявлено, что к концу педагогического эксперимента у студентов экспериментальной группы наблюдается улучшение реакции ЧСС на стандартную нагрузку (20 приседаний за 30 с). В экспериментальной группе через 3 минуты восстановленная величина конечной ЧСС практически соответствовала исходной и равнялась в среднем 80,5 уд./мин, в то время как в контрольной группе этот показатель выше — 91,4 уд./мин (рис. 3).

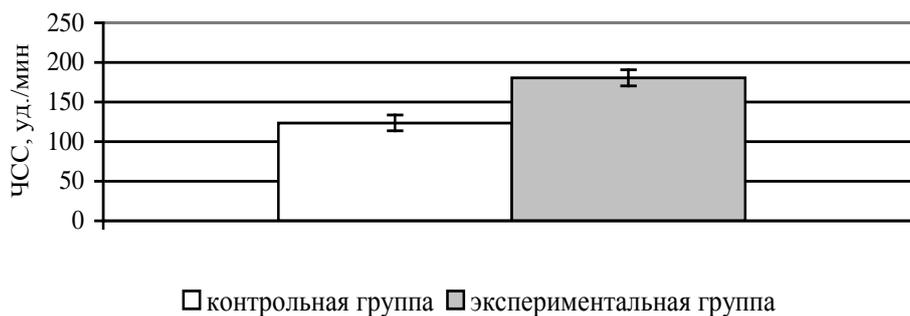


Рис. 2. Средние значения величины ЧСС у студентов контрольной и экспериментальной групп во время выполнения максимальных (по интенсивности нагрузки) упражнений

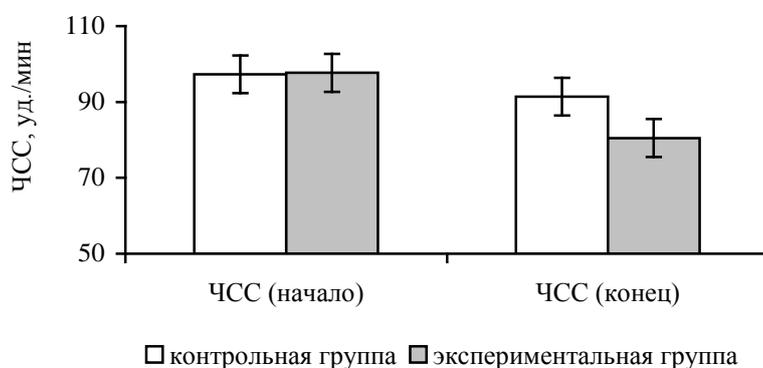


Рис. 3. Средние значения измерения ЧСС студентов контрольной и экспериментальной групп во время занятий

В конце эксперимента у студентов экспериментальной группы наблюдается положительная тенденция развития уровня функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. Это объясняется внедрением средств кикбоксинга в занятия физической культурой, что способствует более быстрому восстановлению ЧСС после стандартной нагрузки до исходного уровня (80,5 уд./мин), по сравнению с уровнем ЧСС студентов контрольной группы (91,4 уд./мин).

Таким образом, применение двигательных действий из арсенала кикбоксинга в процессе физкультурных занятий со студентами положительно влияет на развитие функциональных возможностей дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма.

#### Библиографический список

1. Гагонин С. Г. Развитие теории и практики физической культуры путем обобщения опыта боевых искусств Востока : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. СПб., 2000. 42 с.
2. Долганов О. В. Организация физкультурно-спортивной деятельности студентов вузов в процессе занятий борьбой дзюдо : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Тюмень, 2006. 25 с.

УДК 541.128; 542.943; 542.97

*М. В. Клюев, Д. Н. Рамазанов*

## ОКИСЛЕНИЕ ЦИКЛОГЕКСАНА $H_2O_2$ В ПРИСУТСТВИИ НЕКОТОРЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ

Изучено окисление циклогексана пероксидом водорода в мягких условиях в присутствии некоторых фталоцианинов. Показано, что в водно-ацетонитрильных смесях при оптимальных условиях наблюдается окисление циклогексана с образованием – циклогексанола (17 %), циклогексанона (10 %) и кислот (3 %).

**Ключевые слова:** катализ, окисление, фталоцианины, пероксид водорода, циклогексан, циклогексанон, циклогексанол.

Cyclohexane oxidation with hydrogen peroxide is studied under mild conditions in presence of several phthalocyanines. It is shown that in water-acetonitrile mixtures at optimal conditions cyclohexane undergoes oxidation with formation of cyclohexanol (17 %), cyclohexanon (10 %) and acids (3 %).

**Key words:** catalysis, oxidation, phthalocyanines, hydrogen peroxide, cyclohexane, cyclohexanon, cyclohexanol.

Окисление С–Н связи в углеводородах является одной из значимых задач современной органической химии и нефтехимии, поскольку позволяет получать в одну стадию различные типы кислородсодержащих соединений — спирты, кетоны и кислоты.

Совершенствование известных и разработка новых процессов, малоотходных и безотходных, создание эффективных катализаторов, позволяющих проводить химические превращения с меньшими затратами энергии, с использованием альтернативного сырья и реагентов, экологически более благоприятных, — все это имеет огромное значение при проведении реакций окисления [5].

Основной промышленный способ окисления циклогексана (ЦГ) до ценных кислородсодержащих соединений циклогексанона (ЦГН) и циклогексанола (ЦГЛ), используемых в синтезе капролактама и адипиновой кислоты (АДП) — мономера для производства полиамидных материалов, в частности капрона и нейлона, на сегодняшний день заключается в окислении ЦГ кислородом воздуха в присутствии растворимых нафтената и стеарата кобальта. Процесс проводится в жестких условиях: давление 1,7—2,5 МПа, 433—453 К, с конверсией субстрата 4—15 % за один проход, при этом селективность по полезным продуктам не превышает 70—85 % [11].

---

© Клюев М. В., Рамазанов Д. Н., 2011

Работа выполнена при частичной поддержке программы Министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы», проект РНП 2.2.1.1.2820 и гранта РФФИ 09-03-97556.

В последнее время в качестве альтернативы указанному процессу интенсивно изучается окисление углеводов пероксидом водорода ( $H_2O_2$ ). Пероксид водорода становится все более доступным и все шире используется в органическом синтезе и нефтехимии [1, 2, 4, 6, 9, 13, 14, 16]. Кроме того, следует учесть, что  $H_2O_2$  выступает как экологически благоприятный окислитель, т. к. не дает вредных побочных продуктов. К тому же стоимость технологического оборудования при его использовании ниже по сравнению с использованием  $O_2$ .

В качестве катализаторов применяются модели ферментов, которыми могут быть комплексы переходных металлов [3, 7, 12, 15]. Изучение модельных реакций в присутствии таких катализаторов, несомненно, способствует выяснению роли порфиринов, входящих в состав белковых молекул, в сложных биохимических процессах, протекающих в живых системах. Несмотря на обилие работ, проблема создания доступных катализаторов для окисления углеводов  $H_2O_2$  остается актуальной.

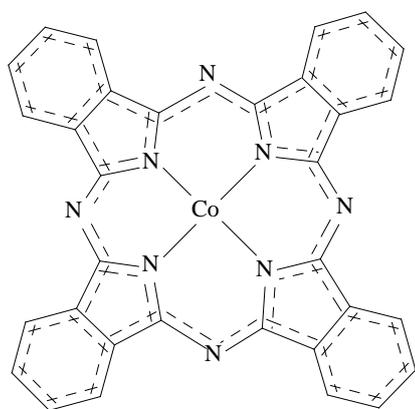
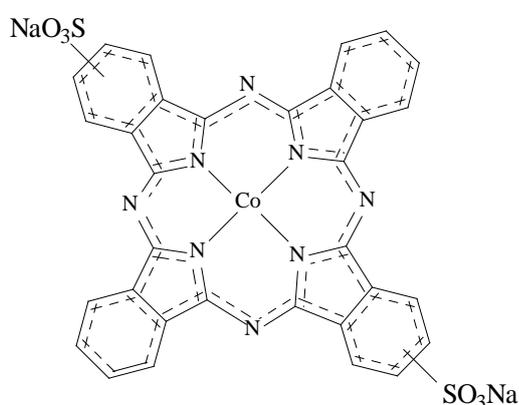
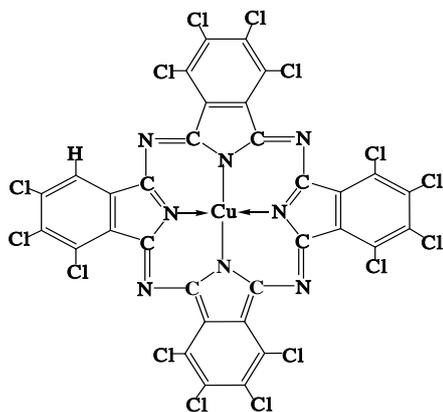
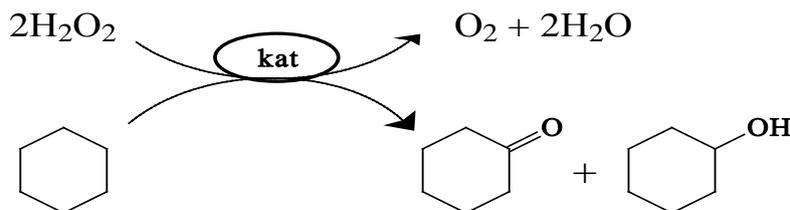
Фталоцианин кобальта  $CoPc$ Динатриевая соль дисульфокислоты фталоцианина кобальта  $CoPc(SO_3Na)_2$ Хлорированный ( $Cl_{15}$ ) фталоцианин меди ( $CuPcCl_{15}$ )

Рис. 1. Фталоцианины (изученные в данной работе)

В данной работе изучена каталитическая активность некоторых фталоцианинов (рис. 1) в модельных реакциях – разложения пероксида водорода ( $H_2O_2$ ) и окисления циклогексана (ЦГ) пероксидом водорода:



Анализ литературы, проведенный в [8], показывает, что металлопорфирины или их аналоги (фталоцианины, тетрафенилпорфирины, тетрабензопорфирины) можно использовать в качестве катализаторов окисления углеводородов и разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

**Экспериментальная часть.** Эксперименты по окислению циклогексана водным раствором  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30—33 %) проводили при интенсивном перемешивании в трехгорлой колбе, снабженной магнитной мешалкой, обратным холодильником и термометром, или в стеклянном термостатируемом реакторе типа «утка» с частотой колебаний 720 об/мин при атмосферном давлении. Температуру реакционной смеси поддерживали при помощи термостата с точностью  $\pm 0,5^\circ$ .

При проведении эксперимента придерживались следующего общего порядка опыта: вначале загружали катализатор, затем растворители и субстрат. Реакционную смесь термостатировали в течение 2—3 минут при интенсивном перемешивании. Затем добавляли водный раствор  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Отсчет времени реакции проводили с момента добавления первой капли  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Концентрацию водного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  контролировали методом иодометрического титрования. Для анализа продуктов реакции в заданное время отбирали пробу реакционной смеси. Количественное определение выхода продуктов реакции проводили методом ГЖХ на хроматографе модели 3700 (Россия) с пламенно-ионизационным детектором (колонка из нержавеющей стали (3 мм  $\times$  1 м) с неподвижной фазой 5 % ХЕ-60 на носителе Chezasorb AW (0,20—0,36 мм); газ-носитель — гелий (1,8 л/ч)) и «Chrompack CP 9001» (кварцевая колонка 30 м  $\times$  0,2 мм с неподвижной привитой фазой SE-30; газ-носитель-азот (3 л/ч)); методом ГХ-МС на приборе «Varian 3500» с использованием в качестве детектора ионной ловушки, при энергии-ионизации 80 эВ (в этом методе использовали стеклянную капиллярную колонку длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм, с неподвижной фазой SE-30 (5 %) при программировании температуры анализа от 70 до 200  $^\circ\text{C}$ ); и методом ВЭЖХ-МС на хроматографе Agilent SL-1100 series в качестве подвижной фазы выступала смесь вода/ацетонитрил (градиент от 100 % воды при 0 мин до 50 % воды при 20 мин); скорость подвижной фазы 0,25 мл/мин; колонка Zorbax SBC-C18 (2,4  $\times$  150 мм)). В качестве внутреннего стандарта были использованы нафталин, нонан и анизол. Концентрация кислых продуктов окисления контролировалась также методом титрования КОН [10].

**Полученные результаты и их обсуждение.** Исследование окисления ЦГ  $\text{H}_2\text{O}_2$  в присутствии  $\text{CuPcCl}_{15}$  выявило, что при низких температурах соотношение ЦГЛ/ЦГН составляет примерно 1,5—2, а выход кислотных продуктов, согласно методу ВЭЖХ-МС, был невелик и не превысил 3 %.

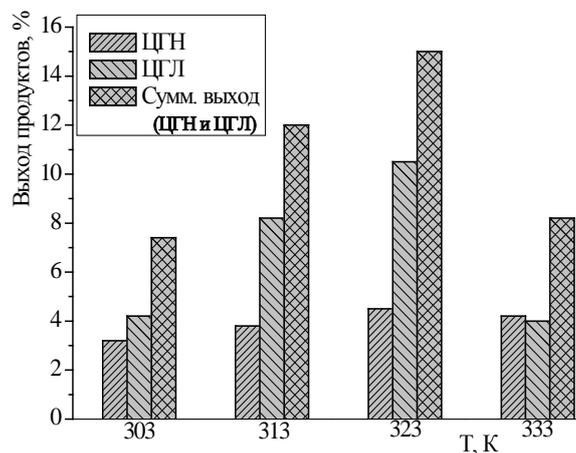
Изучение влияния природы и состава растворителя на каталитическую активность  $\text{CuPcCl}_{15}$  в окислении ЦГ и разложении  $\text{H}_2\text{O}_2$  показало, что по

скорости расходования  $H_2O_2$  рассмотренные бинарные растворители располагаются в следующий ряд:  $CH_3CN-H_2O < CH_3COOH-H_2O < CH_3NO_2-H_2O$ . В то же время выходы ЦГЛ и ЦГН в  $CH_3NO_2-H_2O$  и  $CH_3COOH-H_2O$  были существенно ниже, чем в  $CH_3CN-H_2O$  (см. табл.). В этой связи дальнейшие исследования проводили в смесях  $CH_3CN-H_2O$ .

**Влияние природы растворителя на расходование  $H_2O_2$   
и на выход ЦГЛ, ЦГН в процессе окисления ЦГ**

№ п/п	Растворитель		$H_2O_2$			Выход продукта, %	
	Состав	Мол. % в воде	Расход., %	W, $10^{-3}$ моль/л·мин	TN, мин $^{-1}$	ЦГЛ	ЦГН
1	$CH_3CN-H_2O$	67,75	15	7	1	4	4
2	$CH_3NO_2-H_2O$	65,17	70	31	6	0,7	0,7
3	$CH_3COOH-H_2O$	63,68	19	8	2	1	0,2

*Примечание.* Условия (моль/л):  $C_6H_{12} - 0,48$ ;  $CH_3CN - 14,66$ ;  $CH_3NO_2 - 14,29$ ;  $CH_3COOH - 13,38$ ;  $H_2O - 7,63$ ;  $H_2O_2 - 1,32$ ;  $Cu^{2+} - 5,0 \cdot 10^{-3}$ .  $T = 323$  К. Время реакции — 30 мин.



*Рис. 2.* Зависимость выхода ЦГЛ и ЦГН от температуры в присутствии  $CuPcCl_{15}$ : условия (моль/л):  $C_6H_{12} - 0,456$ ;  $CH_3CN - 13,868$ ;  $H_2O - 11,05$ ;  $H_2O_2 - 1,199$ ;  $Cu^{2+} - 5,0 \cdot 10^{-3}$ . Время реакции — 30 мин

При изменении температуры в интервале от 303 до 333 К выход ЦГЛ проходит через максимум при 323 К, тогда как на выход ЦГН увеличение температуры существенного влияния не оказало (рис. 2). При этом селективность процесса по спирту — 58 %, по кетону — 25 %, а по кислотам — 17 %. Увеличение температуры влияет как на соотношение  $[ЦГЛ]/[ЦГН]$  (рис. 3), так и на расходование  $H_2O_2$  (рис. 4). При увеличении температуры выше 323 К наблюдается снижение выхода продуктов окисления. По-видимому, в этом случае наблюдается непродуктивное разложение  $H_2O_2$ , его конверсия увеличивается с 28 % при 323 К до 60 % при 333 К (рис. 4). По уравнению Аррениуса (рис. 5), эффективная энергия активации реакции разложения  $H_2O_2$  составила  $37 \pm 6$  кДж/моль.

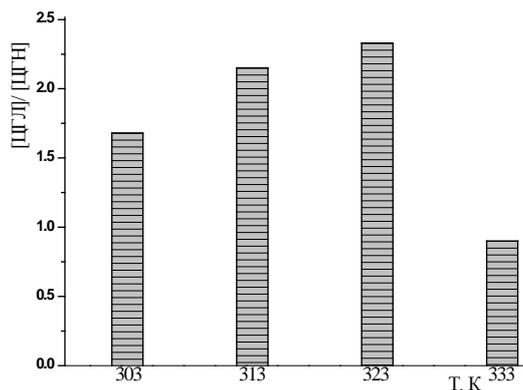


Рис. 3. Зависимость выхода соотношения [ЦГЛ]/[ЦГН] от температуры в присутствии  $\text{CuPcCl}_{15}$ :

условия (моль/л):  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,456;  $\text{CH}_3\text{CN}$  – 13,868;  $\text{H}_2\text{O}$  – 11,05;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 1,199;  $\text{Cu}^{2+}$  –  $5,0 \cdot 10^{-3}$ . Время реакции – 30 мин

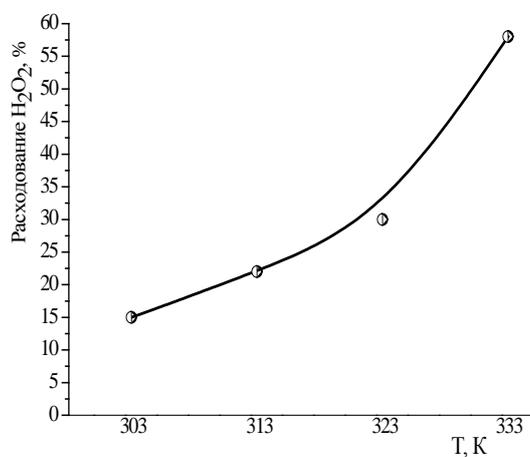


Рис. 4. Влияние температуры на расходование  $\text{H}_2\text{O}_2$  в присутствии  $\text{CuPcCl}_{15}$ :

условия (моль/л):  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,456;  $\text{CH}_3\text{CN}$  – 13,868;  $\text{H}_2\text{O}$  – 11,05;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 1,199;  $\text{Cu}^{2+}$  –  $5,0 \cdot 10^{-3}$ . Время реакции — 30 мин

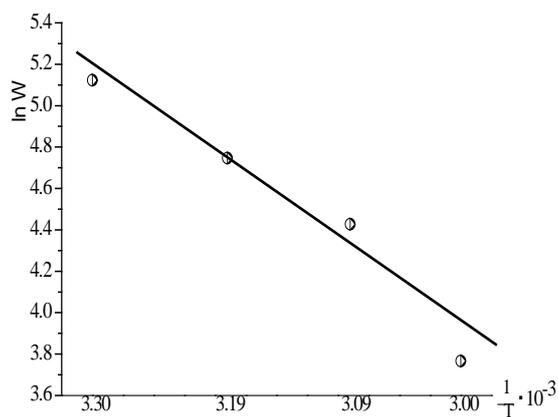


Рис. 5. Зависимость логарифма скорости расходования  $\text{H}_2\text{O}_2$  от обратной температуры в присутствии  $\text{CuPcCl}_{15}$ :

условия (моль/л):  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,456;  $\text{CH}_3\text{CN}$  – 13,868;  $\text{H}_2\text{O}$  – 11,05;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 1,199;  $\text{Cu}^{2+}$  –  $5,0 \cdot 10^{-3}$ . Время реакции — 30 мин

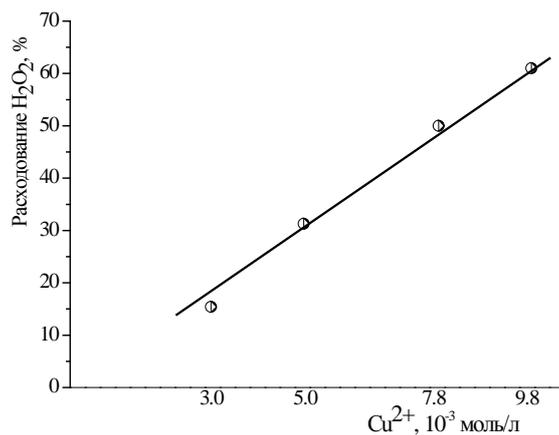


Рис. 6. Зависимость расходования  $\text{H}_2\text{O}_2$  от концентрации  $\text{CuPcCl}_{15}$ : условия (моль/л):  $\text{C}_6\text{H}_{12} - 0,409$ ;  $\text{CH}_3\text{CN} - 15,257$ ;  $\text{H}_2\text{O} - 7,674$ ;  $\text{H}_2\text{O}_2 - 1,077$ ;  $T = 323 \text{ К}$ .  
Время реакции — 30 мин

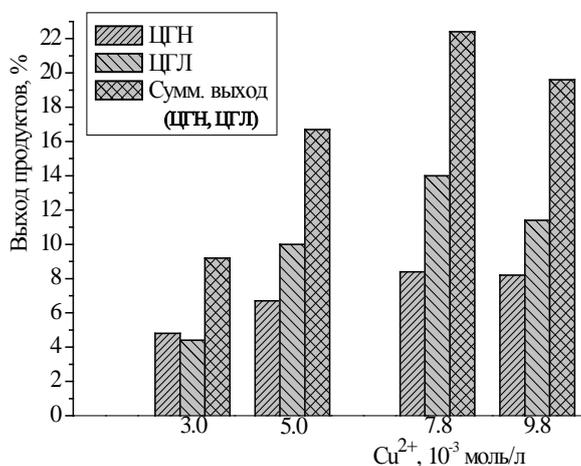


Рис. 7. Зависимость выхода продуктов окисления ЦГ от концентрации  $\text{CuPcCl}_{15}$ : условия (моль/л):  $\text{C}_6\text{H}_{12} - 0,409$ ;  $\text{CH}_3\text{CN} - 15,257$ ;  $\text{H}_2\text{O} - 7,674$ ;  $\text{H}_2\text{O}_2 - 1,077$ ;  $T = 323 \text{ К}$ .  
Время реакции — 30 мин

С увеличением концентрации катализатора до  $9,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л расходование  $\text{H}_2\text{O}_2$  возрастает, зависимость имеет линейный вид (рис. 6). Выход ЦГЛ имеет максимальные значения при концентрации катализатора  $7,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л (рис. 7) и падает при дальнейшем увеличении содержания  $\text{CuPcCl}_{15}$  в реакционной массе. При этом выход ЦГН достигает максимального постоянного значения. Учитывая, что выход кислот невелик, наблюдаемое падение выхода продуктов (рис. 7), по-видимому, также связано с непродуктивным разложением  $\text{H}_2\text{O}_2$ . При оптимальной концентрации  $7,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л за 30 мин реакции получен суммарный выход ЦГЛ и ЦГН — 22 %. Селективность по спирту — 56 %, по кетону — 32 %, а по кислотам — 12 %. Увеличение времени реакции до 60 мин приводит к увеличению суммарного выхода ЦГН и ЦГЛ до 27 % при неизменной селективности. При этом конверсия  $\text{H}_2\text{O}_2$  составила около 76 %.

Каталитическая активность  $\text{CoPc}$  и  $\text{CoPc}(\text{SO}_3\text{Na})_2$  первоначально была изучена в реакции разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  в бинарной системе  $[\text{CH}_3\text{CN}]/[\text{H}_2\text{O}]$ . Каталитическая активность  $\text{CoPc}$  в реакции разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  оказалось значительно выше (около 5 раз) по сравнению с  $\text{CoPc}(\text{SO}_3\text{Na})_2$  (рис. 8). Оба катализатора в рассмотренных условиях оказались гетерогенными.

Внесение ЦГ в качестве окисляющегося субстрата в присутствии  $\text{CoPc}$  не оказало существенного влияния на скорость разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  по сравнению с использованием  $\text{CoPc}(\text{SO}_3\text{Na})_2$ , где скорость реакции падает. Выход продуктов окисления ЦГЛ и ЦГН в присутствии  $\text{CoPc}(\text{SO}_3\text{Na})_2$  также оказался значительно ниже (не более 3 %) по сравнению с  $\text{CoPc}$ . В этой связи дальнейшие исследования проводились в присутствии  $\text{CoPc}$ .

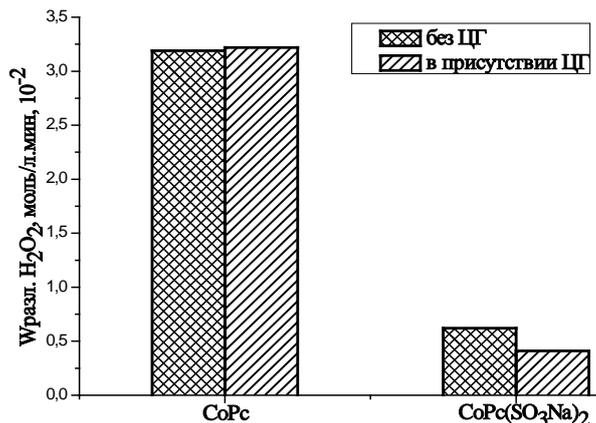


Рис. 8. Зависимость скорости разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  в присутствии  $\text{CoPc}$  и  $\text{CoPc}(\text{SO}_3\text{Na})_2$ :

условия опытов (концентрация, моль/л): без ЦГ —  $\text{CH}_3\text{CN}$  — 16,643;  $\text{H}_2\text{O}$  — 5,426;  $\text{H}_2\text{O}_2$  — 1,443;  $\text{CoPc}$  — 100,5 мг;  $T = 323$  К. Время реакции — 30 мин. В присутствии ЦГ —  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  — 0,385;

$\text{CH}_3\text{CN}$  — 15,95;  $\text{H}_2\text{O}$  — 5,2;  $\text{H}_2\text{O}_2$  — 1,383;  $\text{CoPc}(\text{SO}_3\text{Na})_2$  — 100,5 мг;  $T = 323$  К.

Время реакции — 30 мин

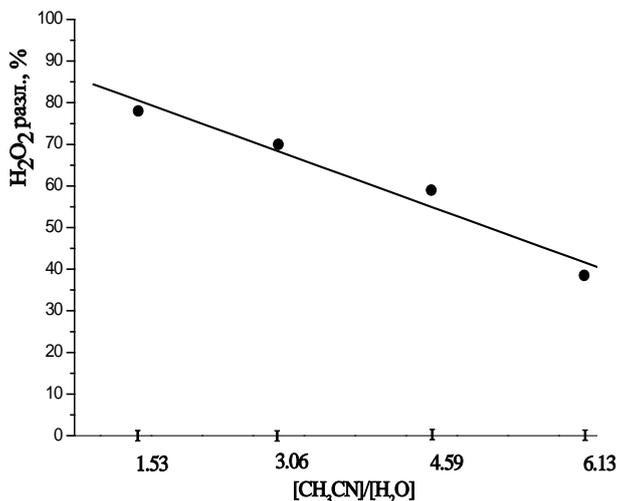


Рис. 9. Влияние соотношения  $[\text{CH}_3\text{CN}]/[\text{H}_2\text{O}]$  на разложение  $\text{H}_2\text{O}_2$ :

условия опытов (концентрация, моль/л): 1)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  — 0,66;  $\text{H}_2\text{O}$  — 8,914;  $\text{H}_2\text{O}_2$  — 2,371;

2)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  — 0,385;  $\text{H}_2\text{O}$  — 5,2;  $\text{H}_2\text{O}_2$  — 1,383; 3)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  — 0,272;  $\text{H}_2\text{O}$  — 3,67;  $\text{H}_2\text{O}_2$  — 0,976;

4)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  — 0,21;  $\text{H}_2\text{O}$  — 2,836;  $\text{H}_2\text{O}_2$  — 0,754.  $T = 323$  К;  $\text{CoPc}$  — 100 мг. Время реакции — 30 мин

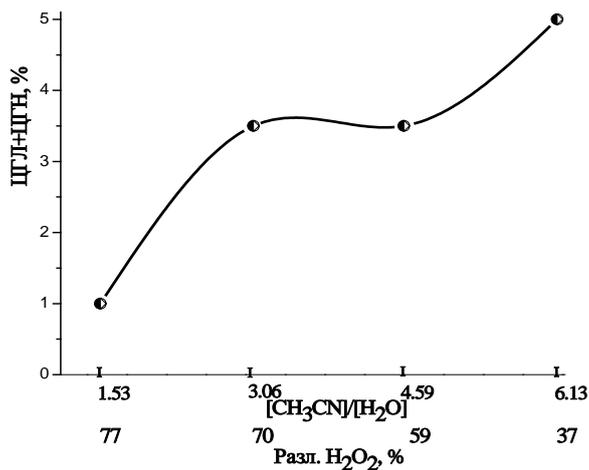


Рис. 10. Влияние соотношения  $[\text{CH}_3\text{CN}]/[\text{H}_2\text{O}]$  на выход ЦГЛ и ЦГН: условия опытов (концентрация, моль/л): 1)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,66;  $\text{H}_2\text{O}$  – 8,914;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 2,371; 2)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,385;  $\text{H}_2\text{O}$  – 5,2;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 1,383; 3)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,272;  $\text{H}_2\text{O}$  – 3,67;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 0,976; 4)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,21;  $\text{H}_2\text{O}$  – 2,836;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 0,754;  $T = 323 \text{ K}$ ;  $\text{CoPc}$  – 100 мг. Время реакции — 30 мин

Изучение влияния соотношения бинарного растворителя  $[\text{CH}_3\text{CN}]/[\text{H}_2\text{O}]$  на каталитическую активность  $\text{CoPc}$  показало, что с увеличением доли  $\text{CH}_3\text{CN}$  от 1,5 до 6,1 скорость «непродуктивного» разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  линейно снижается с 80 до 37 % (рис. 9). При этом выход продуктов окисления — циклогексанола (ЦГЛ) и циклогексанона (ЦГН) — в сумме увеличивается от 1 до 5 % (рис. 10).

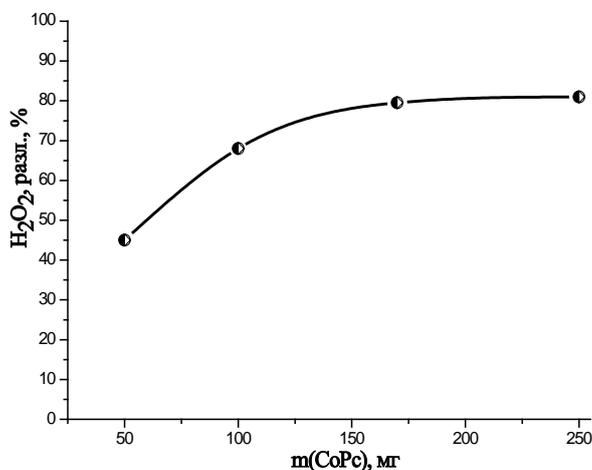


Рис. 11. Влияние концентрации  $\text{CoPc}$  на разложение  $\text{H}_2\text{O}_2$ : условия опытов (концентрация, моль/л):  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  – 0,216;  $\text{CH}_3\text{CN}$  – 14,953;  $\text{H}_2\text{O}$  – 8,13;  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 2,164;  $T = 323 \text{ K}$ . Время реакции — 30 мин

С увеличением концентрации  $\text{CoPc}$  с 50 до 100 мг скорость разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$  заметно возрастает (рис. 11), дальнейшее увеличение не приводит к существенным изменениям. При этом наиболее оптимальные выходы ЦГЛ и ЦГН также наблюдались при концентрации катализатора 100 мг (рис. 12).

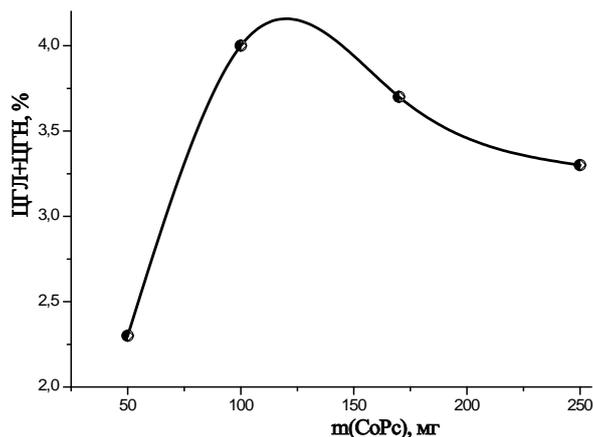


Рис. 12. Влияние концентрации CoPc на выход ЦГЛ и ЦГН:  
 условия опытов (концентрация, моль/л):  $C_6H_{12}$  – 0,216;  $CH_3CN$  – 14,953;  $H_2O$  – 8,13;  
 $H_2O_2$  – 2,164;  $T = 323$  К. Время реакции — 30 мин

### Выводы

1. Показано, что все изученные фталоцианины проявляют каталитическую активность в реакции окисления циклогексана  $H_2O_2$  и в реакции разложения  $H_2O_2$  в мягких условиях. При этом каталитическая активность CoPc и  $CoPc(SO_3Na)_2$  существенно ниже, чем у  $CuPcCl_{15}$ .

2. Установлено, что  $CuPcCl_{15}$  проявляет высокую селективность в окислении циклогексана до кетона и спирта.

3. Найдено, что при оптимальных условиях выходы циклогексанола и циклогексанона за 60 мин реакции составили 17 и 10 % соответственно.

### Библиографический список

1. Ароматические углеводороды : выделение, применение, рынок : справ. СПб. : Химиздат, 2000. 544 с.
2. Долгопоск Б. А., Тинякова Е. И. Окислительно-восстановительные системы как источники свободных радикалов. М. : Наука, 1972. 240 с.
3. Елисеева В. И. Полимерные дисперсии. М. : Химия, 1980. 295 с.
4. Кань-Чен Гуо, Гуань Хуан, Дон-Кай Гуо // Кинетика и катализ. 2006. Т. 47. № 1. С. 98—102.
5. Караханов Э. А. // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 2. С. 65—73.
6. Караханов Э. А., Максимов А. Л., Иванова Е. А. // Изв. АН. Сер.: Химия. 2007. Т. 56. № 4. С. 621—630.
7. Кисленко В. Н., Берлин Ад. А. // Успехи химии. 1991. Т. 50. № 5. С. 949—981.
8. Клюев М. В., Рамазанов Д. Н., Михеева Н. Н. // Вестн. ИвГУ. 2007. № 3. С. 13—23.
9. Козлов Ю. Н., Гонзалез-Куэрво Л., Зюсс-Финк Г., Шульпин Г. Б. // ЖФХ. 2003. Т. 77. № 4. С. 652—656.
10. Коростелев П. П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М. : Изд-во АН СССР, 1962. 311 с.
11. Фурман М. С. и др. Производство циклогексанона и адипиновой кислоты окислением циклогексана. М. : Химия, 1967. 240 с.
12. Целлюлоза и ее производные / под ред. Н. Байклза, Л. Сегала. М. : Мир, 1974. Т. 2. 510 с.
13. Шамб У., Сеттерфилд Ч., Вентворс Р. Перекись водорода. М. : Изд-во иностр. лит., 1958. 578 с.

14. Ying Y., Hongbing J., Yixia C. // Org. Process Res. and Dev. : an International Journal. 2004. Vol. 8. № 3. P. 418—420.
15. Ying Y., Hongbing J., Yixia C., Yong H., Xuufeng S., Yuanbin S., Rugang Z. // Ibid. P. 421—426.
16. Sheldon R. A., Dakka J. Catal. Today // Today. 1994. Vol. 19. P. 215—245.

УДК 547.534.2`021:547.541:547.562.3:542.06:543.544.45

*Е. Н. Крылов, Е. А. Зубанова,  
Ю. М. Иванова, М. В. Белякова, Е. А. Люткова*

## СИНТЕЗ БРОМ- И НИТРОПРОИЗВОДНЫХ 1,2-ДИМЕТИЛБЕНЗОЛА

Проведен синтез функциональных производных 1,2-диметилбензола, используемых в производстве синтетического витамина В<sub>2</sub> и мепфенаминовой кислоты с использованием N-бромсукцинимид и нитрата мочевины. Обнаружены условия достижения практически количественного выхода нитропродуктов с селективностью, достаточной для использования их после разделения в обоих процессах и бромпроизводных с высоким выходом и селективностью.

**Ключевые слова:** 1,2-диметилбензол, 4-бром,1,2-диметилбензол, 4-нитро, 1,2-диметилбензол, трифторуксусная кислота, N-бромсукцинимид, нитрат мочевины.

The synthesis of functional derivatives of 1,2-dimethylbenzene for production of the synthetic vitamine В<sub>2</sub> and mephenamic acid are carry out. Nitroxylenes are formed with almost quantitative efficacy under found conditions. The syntheses of bromoxylenes is organized with high selectivity.

**Key words:** 1,2-dimethylbenzene, 4-bromo,1,2-dimethylbenzene, 4-nitro,1,2-dimethylbenzene, trifluoroacetic acid, N-bromosuccinimide, urea nitrate.

Синтез функциональных производных *ортоксилола* направлен на получение интермедиатов, используемых в производстве синтетического витамина В<sub>2</sub> (рибофлавина), который получают из изомерно чистого 4-амино-1,2-диметилбензола. Синтетический рибофлавин широко применяется в медицине, а также для синтеза важного производного — его кофермента рибофлавин-5'-фосфат натрия, применяемого для инъекций [9]. Синтез витамина В<sub>2</sub> назван «вызовом биотехнологии» [3], поскольку биотехнологический витамин используется только в животноводстве, а для медицинских целей до сих пор применяется синтетический рибофлавин.

Получение 4-амино-1,2-диметилбензола из технического 4-ксилидина, который, в свою очередь, синтезируют из технического 1,2-диметилбензола, является неэффективным из-за недостаточно высокого содержания в них чистого вещества [9]. Промышленно реализованы два процесса синтеза 4-ксилидина: из чистого 1,2-диметилбензола бромированием с образованием 4-бром-1,2-диметилбензола. Аминирование последнего водным раствором

---

© Крылов Е. Н., Зубанова Е. А., Иванова Ю. М., Белякова М. В., Люткова Е. А., 2011

аммиака под давлением при температуре 195 °С в присутствии однохлористой и металлической меди дает 66 % 4-ксилидина. Общий выход 4-ксилидина составляет 62 %. Второй способ использует 4-нитро-1,2-диметилбензол, получаемый нитрованием 1,2-диметилбензола (рис. 1). В обоих вариантах побочно образуется также изомер по положению 3.

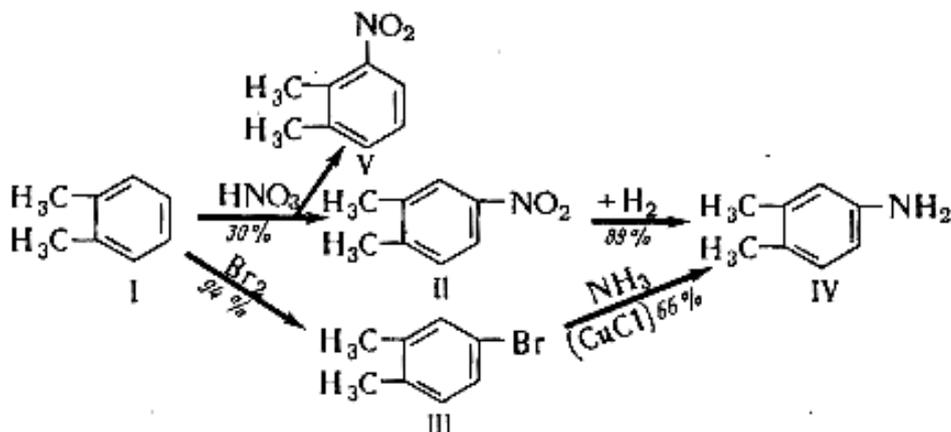


Рис. 1. Синтез 4-ксилидина в двух вариантах

Известно, однако, что, в свою очередь, 3-нитро-1,2-диметилбензол используется при синтезе 3-ксилидина – интермедиата в синтезе мефенаминовой кислоты (нестероидного противовоспалительного средства) [1]. Поскольку между 3- и 4-нитро-1,2-диметилбензолами наблюдается достаточно большая разница в температурах кипения (примерно 10—12 °С [5]), их разделяют вакуумной ректификацией [12]. Таким образом, позиционная селективность процесса нитрования 1,2-диметилбензола может не иметь существенного значения, главное — достижение как можно большего выхода нитропродуктов. Однако поскольку различие в температурах кипения бромпроизводных 1,2-диметилбензола всего 1 °С [12], селективность реакции бромирования, напротив, играет существенную роль.

Поэтому исследование бромирования 1,2-диметилбензола «зеленым» реагентом [10, 13] N-бромсукцинимидом (NBS) проводилось с целью определения селективности процесса и достижения возможно большего образования 4-бром-1,2-диметилбензола. При нитровании с использованием нитрата мочевины процесс направлен на возможно больший выход нитропроизводных, поскольку селективность играет меньшую роль. Взаимодействие алкилбензолов с указанными реагентами ранее не исследовалось, хотя NBS давно используется как реагент бромирования [8], в основном для введения брома в алкильные группы.

Анализ экспериментальных данных (табл. 1) показывает, что среда 99,2 % CF<sub>3</sub>COOH является наиболее подходящей для синтетических целей, поскольку при довольно высоком выходе продуктов (89,3 % по 1,2-диметилбензолу) достигается достаточно высокая селективность процесса. Количество целевого 4-бром-1,2-диметилбензола в продуктах реакции в этих условиях достигает 77,6 %. Остальные использованные среды не вполне обеспечивают либо селективность процесса, либо выход продуктов бромирования.

Таблица 1

## Бромирование 1,2-диметилбензола N-бромсукцинимидом

Среда	N	T	$\eta$	1,2-Me <sub>2</sub> -3-BrPh, %	1,2-Me <sub>2</sub> -4-BrPh, %
99,2 % CF <sub>3</sub> COOH	1	25	50,2	43,7 ± 1,2	56,3 ± 1,2
	2	40	61,3	22,9 ± 0,1	77,1 ± 0,1
	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>89,7</b>	<b>22,4 ± 1,3</b>	<b>77,6 ± 1,3</b>
CF <sub>3</sub> COOH : (CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O (0,17 : 0,83 мол. %)	4	25	40,3	22,4 ± 0,3	77,6 ± 0,3
	5	40	48,0	30,5 ± 0,1	69,5 ± 0,1
	6	50	73,5	31,0 ± 0,6	69,0 ± 0,6
CF <sub>3</sub> COOH : CH <sub>3</sub> CN (0,24 : 0,76 мол. %)	7	25	35,6	26,4 ± 1,5	73,6 ± 1,5
	8	40	76,3	29,4 ± 0,9	71,0 ± 0,9
	9	50	77,4	31,0 ± 0,6	69,0 ± 0,6

*Примечание:* здесь и далее время реакции 4200 с, T — температура, °C;  $\eta$  — выход продуктов нитрования, % от теоретического; содержание 1,2-Me<sub>2</sub>-3-BrPh и 1,2-Me<sub>2</sub>-4-BrPh — в % от их суммы.

Вероятно, при бромировании 1,2-диметилбензола NBS в среде CF<sub>3</sub>COOH возможна реализация циклического переходного состояния, как это показано на рис. 2. Поскольку циклический эстафетный перенос протонов энергетически выгоден, реакция идет в этой среде быстрее, а относительное количество 3-изомера уменьшается при увеличении температуры (рис. 3), в отличие от других сред [4]. Эстафетный перенос протона обусловлен сильным взаимодействием жесткого протона  $\sigma$ -комплекса ( $\sigma$ -комплексы очень сильные кислоты, т. к. ароматические углеводороды — слабые основания) и жесткого карбонильного атома кислорода CF<sub>3</sub>COOH, с одной стороны, и жесткого протона карбоксильной группы CF<sub>3</sub>COOH и жесткого атома азота сукцинимидного фрагмента, находящегося под сильным акцепторным действием двух карбонильных групп имида, с другой стороны. Как известно, взаимодействие жесткий — жесткий всегда является сильным [11, 14]. Наличие соразтворителей, вероятно, этот процесс нарушает, поскольку ацетонитрил не может обеспечить циклический перенос протона, а Ac<sub>2</sub>O является менее жестким по сравнению с CF<sub>3</sub>COOH.

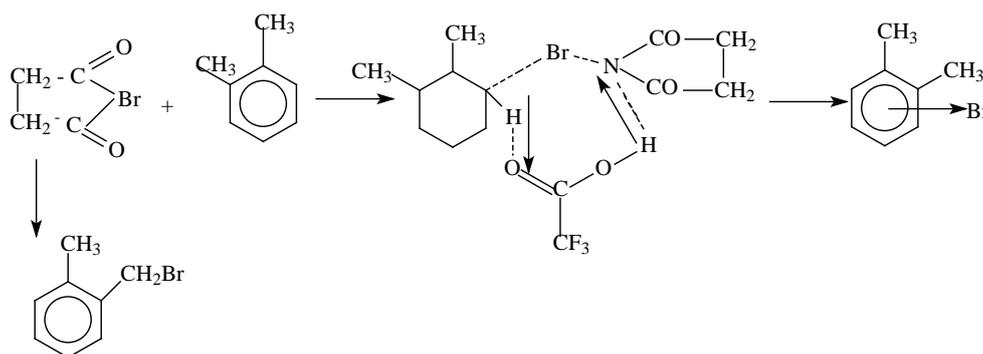


Рис. 2. Возможные пути реакции и структура вероятного переходного состояния реакции бромирования

Хроматографически (см. экспериментальную часть) продукт бромирования в боковую цепь (1-метил-2-бромметилбензол) не обнаружен, что свидетельствует о практически полном подавлении свободнорадикального процесса бензильного бромирования в среде CF<sub>3</sub>COOH вследствие преобладания

воздействия электрофильности среды. В экспериментах по бромированию достигнуто соотношение 4-/3-бром-1,2-диметилбензолов, равное 3,46.

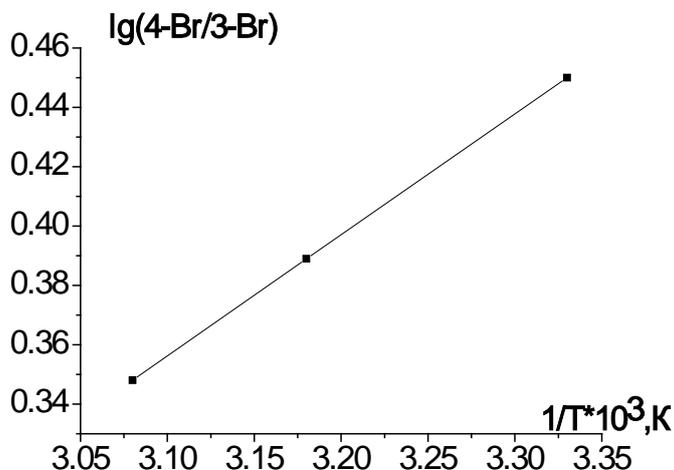


Рис. 3. Изменение позиционной селективности при бромировании в среде  $\text{CH}_3\text{CN}:\text{CF}_3\text{COOH}$  в политермических условиях: 4-Br  $\equiv$  4-бром-1,2-диметилбензол, 3-Br  $\equiv$  3-бром-1,2-диметилбензол

Уравнение реакции нитрования 1,2-диметилбензола нитратом мочевины представлено на рис. 4:

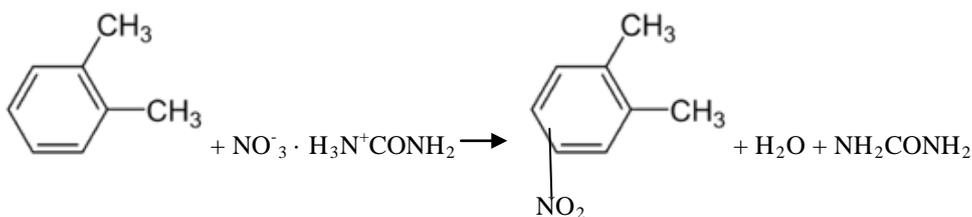


Рис. 4. Образование нитропроизводных 1,2-диметилбензола при взаимодействии с нитратом мочевины

Наблюдаемая картина соответствует теоретическим представлениям об увеличении степени *орто*ориентации (для данного случая 3-ориентации) электрофила при увеличении кислотности среды, поскольку в более жесткой (по Пирсону) среде становится преобладающей ориентация электрофила в более жесткий реакционный центр, каким является *орто*положение в алкилбензолах и 3-положение в 1,2-диметилбензоле [7].

Увеличение температуры приводит к относительно малому увеличению содержания 4-изомера в смеси нитропродуктов при поведении реакции в среде  $\text{CF}_3\text{COOH}$  в соответствии с большей энергией активации 4-замещения. Однако 3-замещение почти не отличается от замещения в положение 4 по энергии активации, следовательно, различие в их относительном количестве определяется не энергетическим, а энтропийным фактором.

Тем не менее при нитровании толуола в аналогичных условиях относительный выход *орто*изомера ( $O = 56,3\%$ ) сопоставим с выходом *пара*изомера ( $P = 42,4\%$ ) [4], а с учетом статистической поправки (с учетом наличия двух *орто*положений в толуоле) величина  $O-/2P-$  для толуола (0,66) существенно меньше, чем относительное количество 3- и 4-изомеров при

нитровании 1,2-диметилбензола (1.42) (или 2П-/О- = 1,52, 4-/3- = 0,70). Наблюдаемая картина соответствует нарушению принципа аддитивности действия заместителей (метильных групп). Скорее всего, это связано с различием в сольватации углеводородов (толуола и 1,2-диметилбензола) и  $\sigma$ -комплексов молекулами  $\text{CF}_3\text{COOH}$ .

С точки зрения синтеза, наиболее приемлем эксперимент № 2 табл. 2, поскольку при указанных условиях достигнут почти теоретический выход продуктов нитрования с приемлемым содержанием как одного, так и другого изомера нитро-1,2-диметилбензола, причем относительный выход 3-изомера достигает 60 % от суммы изомеров, что облегчает его выделение методом вакуумной ректификации.

Таблица 2

### Нитрование 1,2-диметилбензола нитратом мочевины

№ п/п	Растворитель	$\eta$	Т	Изомерный состав, %	
				1,2-диметил-3-нитробензол	1,2-диметил-4-нитробензол
1	$\text{CF}_3\text{COOH}$ , 99%	66.9	25	61,4	38,6
<b>2</b>	<b><math>\text{CF}_3\text{COOH}</math>, 99%</b>	<b>98.0</b>	<b>40</b>	<b>60,5</b>	<b>39,5</b>
3	$\text{CF}_3\text{COOH}$ , 99%	77.2	50	58,6	41,4
4	$\text{CF}_3\text{COOH}$ - $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	3.5	25	33,8	66,2
5	$\text{CF}_3\text{COOH}$ - $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	14.0	40	32,0	68,0
6	$\text{CF}_3\text{COOH}$ - $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	24.9	50	33,9	66,1
7	$\text{HNO}_3$ - $\text{H}_2\text{SO}_4$ (73%)	56.8	25	51,2	41,7
8	$\text{HNO}_3$ - $\text{H}_2\text{SO}_4$ (54%)	64.9	25	33,3	66,7

Таким образом, процессы бромирования и нитрования *ортоксилола* можно направить как по пути синтеза нитропроизводных, которые после разделения можно использовать в синтезе двух лекарственных препаратов, либо по пути селективного бромирования 1,2-диметилбензола с последующим выделением целевого 4-изомера. Растворитель ( $\text{CF}_3\text{COOH}$ ) достаточно легко может быть регенерирован вследствие различия в температурах кипения ее и продуктов, а также реагентов, а сукцинимид экстрагируется водой. Во всех случаях предлагаемые процессы эффективнее используемых промышленно.

### Экспериментальная часть

Реакцию бромирования действием NBS проводили при исключении воздействия солнечного света, т. к. в противном случае 1,2-диметилбензол стал бы взаимодействовать с бромом в фотохимической свободнорадикальной реакции по метильным группам. Оба колена чистого и сухого реактора обертывают черной фольгой. Реактор — стеклянный сосуд, разделенный на два колена; закрывается обратным холодильником. После этого реактор взвешивают и помещают: в *первое колено*: 1) половину растворителя (количество определяется по требуемому мольному соотношению всех компонентов); 2) ~ 0,11 мл 1,2-диметилбензола; 3) ~ 0,01 мл 2-бром-1,4-диметилбензол (внутренний стандарт); во *второе колено*: 4) вторую половину растворителя;

5) N-бромсукцинимид (количество рассчитывается по требуемому мольному соотношению с субстратом (~ 1 : 1).

После добавления каждого компонента взвешивают колбу вместе с пробкой на аналитических весах. Заранее приготавливают серию (7 штук) центрифужных пробирок (на 10 мл) для контроля процесса во времени, в которые помещают 5 мл 10 %-го раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и 0,5 мл  $\text{CCl}_4$  для экстракции органических компонентов реакционной массы. Смесь термостатируют при рабочей температуре (10 мин). Затем содержимое реактора перемешивают и всю реакционную смесь помещают в одно колено. Реактор выдерживают в термостате до окончания эксперимента. Отбор проб осуществляется через равные промежутки времени, каждую пробу (0,4 мл) для анализа отбирают отдельной пипеткой (объем 1 мл) и вливают в подготовленные пробирки в слой  $\text{CCl}_4$ . Контроль pH среды осуществляется универсальным индикатором до достижения нейтральной или слабощелочной реакции. Аналогично проводят реакцию нитрования, однако для разложения остаточной азотной кислоты, выделяющейся при взаимодействии нитрата мочевины с реакционной средой, используется 5 %-й раствор соды. Внутренним стандартом при определении выхода изомерных нитро-1,2-диметилбензолов служит 4-нитротолуол.

Анализ проб проводили методом газо-жидкостной хроматографии с внутренним стандартом [2] на хроматографе ЛХМ-80М6. Газ-носитель: водород — 30 мл/мин. Детектор ионизационно-пламенный. Колонка 2000 x 3 мм. Неподвижная жидкая фаза — полинитрилсилоксан ХЕ-60, 5 % на хезасорбе NAW-GMDS ( $d = 0,2 — 0,35$  мм). Скорость движения диаграммной ленты — 240 мм/ч. Температура в испарителе — 150, в термостате детектора — 120 °С. Температура в термостате колонок для изомерных бром-1,2-диметилбензолов составляет 95, для изомерных нитро-1,2-диметилбензолов 145 °С. Пробы — 0,1—2 мкл, чувствительность ИМТ-05 —  $50 \cdot 10^{-10}$  А. Расчет изомерного состава и выхода продуктов исследуемых реакций проведен по методике [6].

#### Библиографический список

1. *Вартамян Р. С.* Синтез основных лекарственных средств. М. : МИА, 2004. 845 с.
2. *Видерауз М. С.* Расчеты в газовой хроматографии. М. : Химия, 1978. С. 147—168.
3. *Волова Т. Г.* Биотехнология. Новосибирск : Изд-во СО РАН. 1999, 252 с.
4. *Днепровский А. С., Темникова Т. И.* Теоретические основы органической химии. Л. : Химия, 1991. 324 с.
5. *Козлов Н. С.* О зависимости физико-химических свойств органических соединений от строения их молекул. VIII. Температуры кипения нитросоединений ароматического ряда // Сб. ст. по общ. химии. 1952. Т. 2. С. 1505—1508.
6. *Новак Й.* Количественный анализ методом хроматографии. М. : Мир, 1978. 180 с.
7. Реакционная способность и пути реакций / под ред. Г. Клопмана. М. : Мир, 1977. 384 с.
8. *Физер Л., Физер М.* Реагенты для органического синтеза. М. : Мир, 1999. С. 82, 156—157.
9. *Шнайдман Л. О.* Производство витаминов. М. : Пищевая пром-сть, 1973. 442 с.
10. *Horaguchi T.* Halogenation of Aromatic Compounds by N-chloro-, N-bromo-, and N-iodosuccinimide // Chem. Lett. 2003. Vol. 32. № 10. P. 932—933.
11. *Pearson R. G.* Chemical Hardness. Weinheim : Wiley and Sons, 1997. 198 p.
12. Reference Handbook of Fine Chemicals. Geel : ACROS Organics NV, 2006/2007. 2112 p.
13. *Sheldon R., Arends I., Hanefeld U.* Green Chemistry and Catalysis. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH, 2007. 423 p.

14. Theoretical aspects of chemical reactivity / ed. by A. Toro-Labbe. Oxford : Elsevier, 2007. 125 p.

УДК 541.128; 542.943; 542.97

*Н. Н. Осипов, Н. А. Магдалинова,  
В. В. Чесноков, А. С. Чичкань, М. В. Клюев*

## ПАЛЛАДИЙСОДЕРЖАЩИЕ МНОГОСТЕННЫЕ НАНОТРУБКИ КАК КАТАЛИЗАТОРЫ ГИДРИРОВАНИЯ

Получены палладийсодержащие углеродные нанотрубки и изучена их каталитическая активность в модельной реакции гидрирования нитробензола. Показано, что скорость реакции ниже, чем у платиновых аналогов.

**Ключевые слова:** углеродные наноматериалы, многостенные нанотрубки, катализаторы гидрирования.

Palladium-containing nanotubes are obtained and their catalytic activity in model reaction of hydrogenation of nitrobenzene is studied. It is shown that the reaction rate is lower than that of platinum analogues.

**Key words:** carbon nanomaterials, multiwall nanotubes, catalysts of hydrogenation.

Углеродные наноматериалы (УНМ) нашли широкое применение в различных сферах промышленности. Так, использование УНМ в качестве добавки к цементу в концентрации 0,5 % при производстве бетона позволяет увеличить его прочность на 15—20 % [4, 10]. Добавление углеродных нанотрубок (УНТ) к смазочным материалам улучшает трибологические характеристики смазки [1]. УНМ применяются в адсорбции [3] и в качестве носителей для катализаторов, в том числе реакции гидрирования [5, 6, 8].

В настоящей работе получены палладийсодержащие УНТ и изучена их каталитическая активность в модельной реакции гидрирования нитробензола.

### Экспериментальная часть

УНТ получены пиролизом пропан-бутановой смеси в Институте катализа им. Г. К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск). Содержание УНТ в материале составило около 95 %. Насыпной вес УНТ равен 0,08—0,1 г/см<sup>3</sup>. Синтезированные УНТ, по данным сканирующей электронной микроскопии, имеют следующие характеристики: длина до 10<sup>4</sup> нм, внешний и внутренний диаметры — 10—20 нм и 6—10 нм соответственно, толщина стенок, состоящих из 6—14 графеновых слоев, 2—5 нм. Удельная площадь поверхности составляет 250 м<sup>2</sup>/г.

При получении катализаторов на основе УНМ необходимым условием для закрепления металла является наличие функциональных групп на поверхности носителя. В настоящее время разработаны и успешно реализованы различные способы модификации УНТ [2, 3, 7, 9].

---

© Осипов Н. Н., Магдалинова Н. А., Чесноков В. В., Чичкань А. С., Клюев М. В., 2011

Функционализацию углеродных нанотрубок проводили по методике, приведенной в работе [5]. В результате обработки УНТ концентрированной азотной кислотой на их поверхности образуются карбоксильные группы. Подтверждение наличия карбоксильной группы на поверхности УНТ проводили с помощью инфракрасного спектрометра VERTEX 80v (Германия).

Для закрепления палладия функционализированные нанотрубки помещали в 5 %-й раствор  $\text{PdCl}_2$  в 1н  $\text{HCl}$  и перемешивали на магнитной мешалке в течение 60 мин при температуре 20 °С. Затем катализатор отфильтровывали, промывали водой и сушили на воздухе. Далее проводили активацию катализатора в токе водорода при температуре 45 °С в этаноле (25 мл) в присутствии  $\text{NaBH}_4$  (20 мг). После активации катализатор отфильтровывали, промывали водой и сушили на воздухе. Количество закрепившегося палладия определяли на аналитическом рентгеновском коротковолновом спектрометре «Спарк 1-2м». Массовое содержание палладия в УНТ составило 2,8 %.

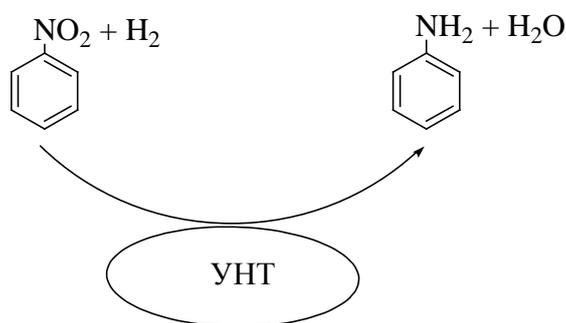


Схема модельной реакции гидрирования нитробензола

Модельную реакцию гидрирования нитробензола (схема) проводили следующим образом: в реактор под слой растворителя (этанол, 25 мл) помещали навеску катализатора ( $\text{Pd}/\text{УНТ}$ , 100 мг) и  $\text{NaBH}_4$  (20 мг), проводили активацию водородом в течение 10 мин. Затем в токе водорода вносили 1 ммоль нитробензола и проводили гидрирование при  $T = 45$  °С,  $P_{\text{H}_2} = 0,1$  МПа. Согласно данным анализа продукта реакции, сделанным с помощью хромато-масс-спектрометра «Clarus 500» (Perkin Elmer, США), оказалось, что нитробензол нацело прореагировал в анилин. Продуктов гидрирования ароматического кольца и неполного восстановления нитрогруппы не обнаружено.

#### Характеристики Pd- и Pt-УНТ в реакции гидрирования нитробензола

№ п/п	Катализатор	$S$ , м <sup>2</sup> /г	$W \cdot 10^4$ , моль/(л · с)	TN, моль/(г · ат. · мин)
1	2,8 % Pd/УНТ	160	0,46	6,8
2	4,43 % Pt/УНТ	22	1,1	14,6
3	22,6 % Pt/УНТ	24	1,9	4,9

Pd-содержащие многостенные нанотрубки имеют высокую удельную площадь поверхности по сравнению с Pt/УНТ (табл., срав. поз. 1 и 2, 3). Однако скорость гидрирования нитробензола на Pd/УНТ по сравнению Pt/УНТ

существенно ниже. Вместе с тем число оборотов реакции для катализатора 2,8 % Pd/УНТ выше, чем для 22,6 % Pt/УНТ, что свидетельствует в пользу более рационального использования металла (табл., срав. поз. 1 и 3).

Наблюдаемые различия могут быть следствием разной природы УНТ и/или природы переходного металла. Дальнейшие исследования помогут более точно объяснить причины наблюдаемых эффектов.

#### **Библиографический список**

1. Гинзбург Б. М., Байдакова М. В., Киреенко О. Ф., Точильников Д. Г., Шепелевский А. А. Влияние фуллерена C<sub>60</sub>, фуллереновых саж и других углеродных материалов на граничное трение скольжения металлов // ЖТФ. 2000. Т. 70. Вып. 12. С. 87—98.
2. Глебова Н. В., Нечитайлов А. А. Функционализация поверхности многостенных углеродных нанотрубок // Письма в ЖТФ. 2010. Т. 36. Вып. 19. С. 8—14.
3. Елецкий А. В. Углеродные нанотрубки // Успехи физ. наук. 1997. Т. 167. № 9. С. 945—971.
4. Ковальд Т., Эзер С., Треттин Р. Углеродные наноструктуры, вводимые в состав вяжущих на основе C<sub>3</sub>S и цемента // Цемент и его применение. 2009. № 3. С. 89—92.
5. Куц С. Д., Куюнко Н. С., Тарасов Б. П. Приготовление катализаторов гидрирования на основе наночастиц платины, нанесенных на углеродные наноматериалы // Кинетика и катализ. 2009. Т. 50. № 6. С. 895—898.
6. Магдалинова Н. А., Ключев М. В., Волкова Т. Г. Платина-углеродные наноматериалы как катализаторы гидрирования и гидрогенизационного аминирования // Альтернативная энергетика и экология. 2009. № 10(78). С. 89—93.
7. Пятков А. Фуллерены и нанотрубки // Информационный бюллетень: наноструктуры, сверхпроводники, фуллерены и нанотрубки. 2010. Т. 17. Вып. 21. С. 2—5.
8. Украинцев В. Б., Хохряков К. А. Катализаторы гидрирования на основе наноразмерного палладия, нанесенного на наноуглеродные материалы // Журн. Рос. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. 2006. Т. 50. № 4. С. 154—156.
9. Prato M. Organic Functionalization of Carbon Nanotubes : Synthesis and Applications. N. Y. : The Electrochemical Society, Inc. 2004. 335 p.
10. Tagmatarchis N. Carbon-based materials : from fullerene nanostructures to functionalized carbon nanotubes // Pure Appl. Chem. 2005. Vol. 77. №. 10. P. 1675—1684.

УДК 541.128.547.312.2.532-533

*А. З. Абильмагжанов, А. Т. Масенова,  
А. С. Жумаканова, А. М. Жаксибаева*

### **АЛКИЛИРОВАНИЕ БЕНЗОЛА ЭТАНОЛОМ НА ДЕКАТИОНИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ**

Проведено исследование влияния степени декатионирования и деалюминирования природных цеолитов месторождений Кербулак и Шанканай и синтетических цеолитов HZSM-5 и HY на конверсию бензола, селективность и выход этилбензола в процессе алкилирования бензола этанолом. Найдены оптимальные условия проведения процессов декатионирования и деалюминиро-

---

© Абильмагжанов А. З., Масенова А. Т., Жумаканова А. С., Жаксибаева А. М., 2011

2011. Вып. 2. Биология. Химия. Физика. Математика •

вания (продолжительности процесса и концентрации соляной кислоты). Установлено, что подобранные методы деалюминирования и декатионирования синтетических цеолитов не приводят к изменению кристаллической поверхности цеолитных частиц. Проведены исследования физико-химических характеристик разработанных катализаторов (кислотность, структурные и поверхностные характеристики катализаторов).

**Ключевые слова:** цеолит, алкилирование, декатионирование, бензол, этанол.

Research of influence of degree cations removing and dealuminizing natural zeolites of deposits of Kerbulak and Shankanaj and synthetic zeolites HZSM-5 and HY on benzene conversion, selectivity and a yield of ethyl benzene in the course of alkylation of benzene by ethanol is conducted. Optimum conditions of carrying out of processes cations removing and dealuminizing (durations of process and concentration of muriatic acid) are found. It is positioned that the picked up methods dealuminizing and cations removing synthetic zeolites do not lead to change of a crystal surface zeolite particles. Researches of physical and chemical characteristics of the developed catalysts (acidity, structural and superficial characteristics of catalysts) are conducted.

**Key words:** zeolite, alkylation, cations removing, benzene, ethanol.

Учитывая отказ от традиционных экологически опасных и трудно утилизируемых катализаторов алкилирования ароматических углеводородов, разработка и использование экологически безопасных селективных цеолитсодержащих катализаторов является важной задачей [4, 5, 9]. Сейчас мировое производство цеолитов и аналогичных им микропористых твердых тел составляет несколько сот тысяч тонн в год и продолжает непрерывно расширяться. И в то же время, несмотря на очевидные научные и практические достижения в области синтеза и использования молекулярных сит, их потенциальные возможности как многофункциональных материалов далеко не исчерпаны [9, 11]. Области применения синтетических и природных цеолитов в различных отраслях промышленности могут быть расширены путем их целенаправленного модифицирования веществами различной природы, позволяющего придать им ценные свойства [1, 10, 11, 12].

В литературе имеется множество данных о том, что направленное регулирование отношения Si/Al в цеолите позволяет воздействовать на активность, селективность и стабильность катализаторов, в состав которых входит этот цеолит [2, 6]. Повышение отношения Si/Al способствует уменьшению отложения кокса на катализаторах, повышает их термическую стабильность. Основными способами увеличения Si/Al модуля и создания компонентов катализаторов с заданными свойствами в настоящее время остаются декатионирование и деалюминирование [3, 7, 8].

Поэтому исследование процессов алкилирования бензола и его производных и создание высокоселективных катализаторов на основе цеолитсодержащих композиций являются актуальными.

Основными целями данного этапа исследований являлись подготовка природных и синтетических цеолитов (декатионирование, деалюминирование); разработка режимов активации приготовленных катализаторов (температура, продолжительность); испытание разработанных катализаторов в процессах алкилирования бензола.

### Экспериментальная часть

Исследование процесса алкилирования бензола этанолом на цеолитных

катализаторах проводилось в проточной установке алкилирования при атмосферном давлении.

В качестве катализаторов использовались синтетические цеолиты HZSM-5, HY и природные цеолиты месторождения Шанканай и Кербулак. Для получения из аммонийной формы используемых синтетических цеолитов водородной формы их прокаливали в течение двух часов в токе воздуха при температуре 500 °С, после чего оставляли в герметично закрытой трубчатой печи до полного охлаждения.

Природные цеолиты предварительно очищались от механических примесей, измельчались, фракционировались и подвергались гидрообработке с целью удаления пыли. Декатионирование цеолитов проводили растворами соляной кислоты различной концентрации при 50—100 °С с последующим фильтрованием и промывкой дистиллированной водой на вакуумфильтре. Процесс проводился в течение 1—4 часов. Проводили промежуточные термообработки между стадиями катионного обмена (чередование кислотной и термообработки). Термообработка осуществлялась в муфельной печи при 500—550 °С в течение 6—8 часов с целью удаления остатков примесей органического происхождения. Гидро- и термообработка проводились многократно до визуальной чистоты.

Перед опытом цеолитсодержащие катализаторы активировали в токе воздуха при температуре 600 °С в течение 1 часа, затем температуру снижали до температуры опыта. Эксперименты проводились в оптимальных подобранных ранее условиях: соотношение *бензол* : *этанол* = 1 : 1, температура — 450 °С, объемная скорость подачи реакционной смеси — 0,86 ч<sup>-1</sup>.

Анализ продуктов реакции проводили методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе Chrom-5 с использованием стеклянной капиллярной колонки длиной 5 м, заполненной 10 % SE-30-Chromaton NAW.

### Результаты и их обсуждения

В результате проведенной отчистки природных цеолитов месторождений Шанканай и Кербулак происходит отмывка подготовленных образцов от ионов железа, кальция, натрия, калия и магния. Кроме того, частично вымываются ионы алюминия, что положительно влияет на термическую устойчивость цеолитов и повышает силикатный модуль. После всех этапов отчистки весовой анализ показал, что цеолит Шанканайского месторождения содержит до 10 % примесей разного рода, а Кербулакский цеолит — до 8 %.

Для увеличения экстракции алюминия, железа, кальция, натрия, калия и магния из цеолитов отмывку осуществляли путем чередования термической и кислотной обработки.

Кислотная активация природных цеолитов вызывает сильное изменение химического состава цеолитов в сторону увеличения содержания кремневой кислоты и уменьшения суммы катионов. С ростом концентрации кислоты происходят увеличение содержания SiO<sub>2</sub> и уменьшение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Данные элементного анализа природных цеолитов до и после отчистки приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав природных цеолитов месторождений Казахстана по результатам элементного анализа**

Содержание	Кербулак	Шанканай
------------	----------	----------

оксидов, %	до	после	до	после
SiO <sub>2</sub>	63,0	69,8	62,0	68,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,2	7,5	9,0	6,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,3	4,7	10,5	2,8
CaO	2,7	2,1	2,9	2,1
MgO	2,3	1,8	2,5	2,1
Na <sub>2</sub> O	1,9	1,6	1,6	1,4
K <sub>2</sub> O	2,5	1,4	2,0	0,8

Изменением концентрации кислоты, температуры термообработки и времени реакции цеолита с кислотой регулируется глубина деалюминирования и получают образцы природного цеолита практически с любым значением модуля Si/Al. С ростом концентрации HCl от 1 до 6 н происходит увеличение содержания SiO<sub>2</sub> в природных цеолитах Кербулак и Шанканай от 66,3 до 76,2 % и от 65,0 до 76,8 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

**Химический состав природных цеолитов по результатам элементного анализа после 6-часового деалюминирования**

	Концентрация HCl	Содержание оксидов, %							SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	
Кербулак	1н	66,3	8,2	9,3	2,2	2,1	1,6	2,1	8,1
	3н	70,9	6,2	4,2	1,6	1,6	1,0	1,6	11,4
	6н	76,2	1,9	1,3	0,4	0,5	0,6	0,7	40,1
Шанканай	1н	65,0	7,3	6,5	2,3	2,3	1,1	1,6	8,9
	3н	68,9	5,3	3,1	1,5	1,6	0,5	1,1	13,0
	6н	76,8	2,1	1,3	0,4	0,8	0,2	0,3	35,6

Анализ данных табл. 2 показывает, что с увеличением концентрации кислоты (HCl) от 1 до 6 н в природных цеолитах повышается относительное содержание SiO<sub>2</sub> и значительно понижается содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO и MgO, а величина отношения SiO<sub>2</sub> к Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> повышается во всех пробах, максимальные значения SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в цеолитах Кербулак и Шанканай составляют 40,1 и 35,6 соответственно.

Рентгенофазовый анализ этих цеолитов показал, что их кристаллическая структура сохраняется. Кислотная активация природных цеолитов, по существу, не приводит к изменению кристаллической поверхности цеолитных частиц и показывает, что этот процесс больше связан с высвобождением эффективной кристаллической поверхности путем удаления посторонних веществ и замещения обменных металлических ионов на ион водорода.

Синтетические цеолиты ZSM-5 и Y подвергались мягкой термокислотной обработке — декатионированию и более жесткой — деалюминированию. Изучено изменение состава катализаторов от деалюминирования синтетических цеолитов раствором соляной кислоты, условий активирования путем последовательных многократных термообработок и катионных обменов.

Для достижения высокой степени деалюминирования проводили несколько обработок. По данным ИК-спектроскопии, при таких условиях обработки поверхностный алюминий отсутствует в составе мостиковых групп. При обработке достигнута 90 %-я степень декатионирования цеолитов.

Установлено, что подобранные методы dealюминирования и декатионирования синтетических цеолитов не приводят к изменению кристаллической поверхности цеолитных частиц, что этот процесс больше связан с высвобождением эффективной кристаллической поверхности путем удаления посторонних веществ и замещения обменных металлических ионов на ион водорода.

Условия кислотной обработки влияют на активность катализаторов. Было исследовано влияние степени dealюминирования на процесс алкилирования бензола этанолом. Следует отметить, что на чистых природных цеолитах реакция не происходит вследствие их низкой активности. Поэтому испытания проводились только на синтетических цеолитах.

В табл. 3 представлены результаты алкилирования бензола этанолом на цеолите HZSM-5 в зависимости от времени кислотной обработки от 1 до 4 часов. При обработке в течение 1—2 часов конверсия бензола увеличивается с 61,1 (у необработанного цеолита) до 63,5 %, выход этилбензола (ЭБ) возрастает с 26,4 до 29,7 %. С увеличением продолжительности обработки с 2 до 4 часов эти показатели снижаются и при 4 часах наблюдается значительное снижение конверсии — до 47,5 %, выход ЭБ также понижается — до 24,2 %. Селективность по ЭБ с продолжительностью обработки растет и достигает максимума при 4 часах — 51,0 %.

Таблица 3

**Алкилирование бензола этанолом на цеолите ZSM-5  
с разной степенью dealюминирования**

Время, ч	Конверсия, %	Выходы продуктов реакции, %					S по ЭБ, %
		ЭБ	диэтил-бензол	толуол	ксилол	другие	
—	61,1	26,4	5,8	6,9	17,6	0,7	43,2
1,0	62,8	27,1	5,8	4,8	18,5	0,4	44,9
2,0	63,5	29,7	6,8	4,9	17,9	—	46,7
3,0	57,3	28,3	5,8	4,6	17,8	—	49,4
4,0	47,5	24,2	3,7	3,9	18,7	—	51,0

Для цеолита Y наблюдается аналогичная картина увеличения конверсии бензола с ростом продолжительности обработки (табл. 4). Но в отличие от ZSM-5 максимум конверсии замечен при 3 часах обработки. Выход ЭБ максимален при 2 часах. Селективность достигает наибольшей величины при 4 часах и равна 48,0 %. Выходы побочного продукта (толуола) на обоих катализаторах снижаются во времени обработки — с 6,9 до 3,9 %. На Y цеолите выход ксилола снижается с 14,6 до 12,7 %, тогда как на ZSM-5 выход ксилола практически не изменяется.

Таблица 4

**Алкилирование бензола этанолом на цеолите Y  
с разной степенью dealюминирования**

Время, ч	Конверсия, %	Выходы продуктов реакции, %					S по ЭБ, %
		ЭБ	диэтил-бензол	толуол	ксилол	другие	
—	60,1	25,3	8,8	6,9	14,6	0,7	40,2
1,0	61,8	26,1	8,9	4,8	13,5	0,4	42,9
2,0	62,5	27,7	7,8	4,9	13,9	—	43,7
3,0	67,3	27,3	7,8	4,6	12,8	—	46,4

4,0	45,5	23,2	5,7	3,9	12,7	—	48,0
-----	------	------	-----	-----	------	---	------

Было исследовано влияние степени dealюминирования катализатора, полученной при обработке соляной кислотой разной концентрации на процесс алкилирования бензола этанолом. Концентрация кислоты варьировалась от 1 до 6 н.

На обоих цеолитах наблюдается одинаковая картина — обработанные кислотой цеолиты более активны, чем необработанные, о чем свидетельствуют значения конверсии бензола, выходы ЭБ и селективность по ЭБ (табл. 5, 6).

Таблица 5

**Алкилирование бензола этанолом на цеолите ZSM-5  
с разной степенью dealюминирования HCl разной концентрации**

Концентрация HCl, н	Конверсия, %	Выходы продуктов реакции, %					S по ЭБ, %
		ЭБ	диэтил-бензол	толуол	ксилол	другие	
—	61,1	26,4	5,8	6,9	17,6	0,7	43,2
1,0	62,8	27,1	5,8	4,8	18,6	0,4	44,5
3,0	67,3	32,3	5,8	4,6	18,7	—	49,4
6,0	69,5	34,2	5,7	4,9	18,7	—	49,5

Зависимость активности катализатора от концентрации кислоты также похожа для обоих цеолитов: конверсия бензола растет с концентрацией — на ZSM-5 с 61,1 до 69,5 % (табл. 5), на цеолите Y с 60,1 до 67,5 % (табл. 6). Выход ЭБ также растет с концентрацией — до 34,2 и 29,2 % соответственно. Выходы диэтилбензола и ксилола изменяются незначительно. Селективность по ЭБ на обоих катализаторах непрерывно растет с концентрацией соляной кислоты до 49,9 и 48,8 % соответственно.

Проведение термической обработки цеолитов способствует десорбции цеолитной воды из пор и каналов. Был отработан температурный режим активации декатионированных и dealюминированных синтетических цеолитов Y и ZSM-5 и приготовленных композиций *синтетический — природный цеолит*. Активацию проводили прокалкой на воздухе в интервале температур 450—750 °С с шагом в 50 градусов и временем обработки 1 час.

Таблица 6

**Алкилирование бензола этанолом на цеолите Y  
с разной степенью dealюминирования HCl разной концентрации**

Концентрация HCl, н	Конверсия, %	Выходы продуктов реакции, %					S по ЭБ, %
		ЭБ	диэтил-бензол	толуол	ксилол	другие	
—	60,1	25,3	8,8	6,9	14,6	0,7	40,2
1,0	62,5	26,3	8,7	4,9	14,7	0,4	43,6
3,0	65,3	27,2	8,7	4,6	14,9	—	46,9
6,0	67,5	29,2	8,7	3,9	14,8	—	48,8

С повышением температуры конституционная вода постепенно удаляется из кристаллов синтетических и природных цеолитов. Это было установлено весовым анализом цеолитов до и после прокаливания. Потеря массы при весовом анализе для образца увеличилась до 7 %. Общая потеря массы составляет до 13,8 %.

В табл. 7 представлены данные по потере массы в температурном интервале 200—500 °С. Для всех четырех цеолитов повышение температуры с

200 до 500 °С повышает потерю массы в 3 раза для природных и в 4—5 раз для синтетических цеолитов.

Таблица 7

**Потеря массы в цеолитах в зависимости от температуры обработки**

Цеолит	Потеря массы, %			
	200 °С	300 °С	400 °С	500 °С
Кербулак	4,6	6,9	11,7	13,8
Шанканай	5,2	7,9	10,4	11,7
HZSM-5	1,2	2,6	4,6	5,2
Y	1,2	2,2	3,7	4,9

Для использования цеолитов в качестве катализаторов и адсорбентов необходимо удаление органического катиона и освобождение пор цеолита. Это осуществляется путем термолиза — нагреванием полученных цеолитов на воздухе. При 623—723 К органические катионы разлагаются с выделением аммиака, аминов и соответствующих углеводородов без изменения каркаса цеолита. При этом разрушение структуры не происходит. В дегидратированном состоянии в большей степени проявляются адсорбционные и каталитические свойства, молекулярно-ситовое действие минералов.

В прокаленном состоянии в большей степени проявляются каталитические свойства цеолитов при алкилировании бензола этанолом (максимальный выход ЭБ — до 58 %, конверсия бензола — до 65 %), что обусловлено большей дегидратационной эффективностью прокаленных цеолитных композиций.

Каталитическая активность цеолитов обусловлена кислотными свойствами. Одним из возможных способов их регулирования являются предварительная термообработка и продолжительность активации.

Было исследовано влияние высокотемпературной активации на состояние поверхности синтетических цеолитов. ИК-спектры показали, что после прокаливания образуются новые полосы поглощения, характерные для свободных ОН-групп, образующихся в результате разрыва непрочных связей Al—ОН и, как следствие, новых кислотных центров. По результатам ИК-спектроскопии у образцов, активированных в интервале 0,5—2,0 ч, обнаружены полосы поглощения в области 3500—3800 см<sup>-1</sup>, свидетельствующие о наличии как брэнстедовских, так и льюисовских кислотных центров. По данным ИК-спектроскопии, при таких условиях обработки поверхностный алюминий отсутствует в составе мостиковых групп.

При кислотной обработке происходит дегидратирование посредством исчезновения 2 брэнстедовских центров и появление двух льюисовских центров. Деалюминирование приводит к понижению общей кислотности и росту средней силы — выгодной для алкилирования.

Были проведены измерения кислотности цеолитов методом ТПД аммиака (данные представлены в табл. 8 на примере ZSM-5 в температурном интервале 100—400 °С). С ростом температуры термообработки количество кислотных центров — слабых, средних и сильных — уменьшается, общая кислотность также снижается. Этот факт объясняется выведением алюминия из состава цеолитов: алюминий, как известно, обеспечивает кислотность поверхности цеолита.

Таблица 8

**Изменение кислотных свойств ZSM-5 от температуры термообработки**

t, °C	T <sub>max</sub> пиков, °C			Количество КЦ, моль NH <sub>3</sub> /г КТ			Σ КЦ, ммоль/г
	I	II	III	I	II	III	
100	110	250	430	0,38	0,55	1,34	2,27
200	75	215	415	0,29	0,44	1,20	1,91
300	65	215	400	0,27	0,49	1,15	1,81
400	66	215	400	0,21	0,54	0,85	1,61

Было исследовано влияние параметров продолжительности и температуры активации на состояние поверхности катализаторов. Данные БЭТ по всем цеолитам до и после термообработки представлены в табл. 9.

Площадь поверхности у всех цеолитов снижается незначительно: у природных на 1—2 м<sup>2</sup>/г, а у синтетических цеолитов от 4 до 38 м<sup>2</sup>/г. Это обусловлено снижением содержания алюминия после термо- и кислотной обработки. Объем пор также уменьшается после термообработки: у природных цеолитов незначительно, а у Y — с 342,72 до 289,6 мл/г, в случае ZSM-5 — с 285,20 до 232,5 мл/г.

Таблица 9

**Поверхность, радиус пор и объем пор цеолитов до и после обработки**

Цеолиты	SW, м <sup>2</sup> /г		V <sub>ADS</sub> , мл/г		R <sub>эф</sub> , нм	
	до	после	до	после	до	после
Кербулак	98,80	98,0	378,2	370,9	5,0	4,9
Шанканай	107,50	106,7	406,3	403,5	5,5	5,5
Y	578,60	540,0	342,6	289,6	0,8	0,7
ZSM-5	307,90	303,72	285,20	232,5	1,0	0,8

Таким образом, деалюминированные и декатионированные цеолиты проявляют большую активность и селективность при алкилировании бензола этанолом. Установлено, что подобранные методы деалюминирования и декатионирования синтетических цеолитов не приводят к изменению кристаллической поверхности цеолитных частиц, что этот процесс больше связан с высвобождением эффективной кристаллической поверхности путем удаления посторонних веществ и замещения обменных металлических ионов на ион водорода. Оптимальная кислотность, определяющая активность катализатора в процессе алкилирования бензола этанолом, достигается при температуре прокалывания 500 °C и продолжительности активации 2 часа.

**Библиографический список**

1. Абиьмагжанов А. З., Жумаканова А. С. Модифицированные высококремнистые цеолитные катализаторы в процессе алкилирования бензола спиртами // Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Алматы, 2003. С. 122—123.
2. Величкина Л. М., Коробицына Л. Л., Восмериков А. В. Синтез, кислотные и каталитические свойства высококремнеземных цеолитов типа ZSM-5 // Нефтепереработка и нефтехимия. 2005. № 10. С. 32—35.
3. Клячко А. Л., Мишин И. В. Регулирование каталитических, кислотных и структурных свойств цеолитов путем изменения состава каркаса // Нефтехимия. 1990. Т. 30. № 3. С. 33—36.
4. Крылов О. В. Гетерогенный катализ: учеб. пособие для вузов. М.: Академкнига, 2004. 679 с.

5. Липович В. Г., Полубенцова М. Ф. Алкилирование ароматических углеводородов. М.: Химия, 1985. 244 с.
6. Мишин И. В., Бруева Т. Р., Капустин Г. И. Адсорбционные свойства высококремнеземных цеолитов // Кинетика и катализ. 1997. Т. 38. № 4. С. 626—632.
7. Мишин И. В., Клячко-Гурвич А. Л., Рубинштейн А. М. О некоторых факторах регулирования глубины dealюминирования // Изв. АН СССР. Сер.: Химия. 1973. № 5. С. 445.
8. Степанов В. Г., Ионе К. Г. Физико-химические и каталитические свойства СВК-цеолитов // Журн. физ. химии. 2007. Т. 81. № 10. С. 1814—1819.
9. Chen N. Y., Degnan T. Y. Industrial catalytic application of zeolites // Chem. Eng. Progr. 1998. Vol. 84. № 2. P. 32.
10. Kosslick H., Lischke G., Parltitz B., Storek W., Fricke R. Acidity and active sites of Al-MSM-41 // Appl. Catal. A. 1999. Vol. 184. № 1. P. 49—60.
11. Massenova A. T., Zhumakanova A. S., Abilmagzhanov A. Z. Physico-chemical modification of natural zeolite and use in catalytic processes // First International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials. Tours (France), 2009. С. 326—332.
12. Shinjiro Kato, Kiyoharu Nakagawa, Na-oki Ikenaga, Toshimitsu Suzuki. Alkylation of benzene with ethane over platinum-loaded zeolite catalyst // Catalysis Letters. 2001. Vol. 73. № 2/4. P. 175—180.

УДК 542.943.7:546.215

*А. К. Жармагамбетова, К. А. Алтынбекова, А. С. Ауезханова*

## ОКСИГЕНИРОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА НА НАНЕСЕННЫХ ПОЛИМЕРМЕДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Изучено окисление циклогексана (ЦГ) и н-октана пероксидом водорода в мягких условиях (40 °С, атмосферное давление) на полимермодифицированных катализаторах на основе Cu (II), закрепленных на оксидах кремния, алюминия, цинка и алюмосиликате. Показано, что процесс окисления протекает с образованием спиртов и кетонов. Определено влияние природы полимера-модификатора и кислотно-основных характеристик носителей на свойства катализатора. Оптимальным является Cu-PHMG/SiO<sub>2</sub> система, модифицированная полигексаметиленгуанидином (ПГМГ), на которой конверсия ЦГ достигает 51,8 %, селективность по циклогексанону — 83,3 %; степень превращения н-октана — 22,5 % при селективности по сумме кетонов  $S_{\text{кетон}}$  — 68,9 %.

**Ключевые слова:** окисление, нанесенный медный катализатор, пероксид водорода, полимер-модификатор, циклогексан, н-октан.

Oxidation of cyclohexane (CH) and n-octane with hydrogen peroxide under mild conditions (40 °C, atmospheric pressure) over polymer-modified Cu (II) catalysts immobilized on silica, alumina, aluminosilicate and zinc oxide has been studied. It was shown that the oxidation process occurred with formation of alcohols and ketones. The effects of the polymer-modifier nature and acid-base characteristics of the supports on the properties of the catalyst have been determined. The optimal catalyst was Cu-PHMG/SiO<sub>2</sub>. The conversion of CH reached 51,8 %, the selectivity to

---

© Жармагамбетова А. К., Алтынбекова К. А., Ауезханова А. С., 2011

cyclohexanone was 83,3 %, the n-octane conversion was 22,5 % at  $S_{\text{sum of ketones}}$  — 68,9 %.

**Key words:** oxydation, supported copper catalysts, hydrogen peroxide, polymer modifier, cyclohexane, n-octane.

Около четверти всей продукции химической промышленности в настоящее время получают в результате осуществления реакций окисления. Однако многие из них относятся к стехиометрическим процессам и проводятся с применением достаточно токсичных окислителей, таких как оксиды хрома и марганца, бихроматы и перманганаты, азотная кислота. Современные жесткие экологические стандарты диктуют необходимость создания новых энергосберегающих технологий с применением безвредных реактивов [1, 4, 6].

Для решения вышеуказанной проблемы интенсивные исследования проводятся в нескольких направлениях, два из которых представляются наиболее перспективными: разработка процессов, основанных на использовании экологически чистых окислителей — молекулярного кислорода, озона и пероксида водорода. Преимуществами последнего являются растворимость в воде, высокое содержание кислорода и образование воды в качестве продукта разложения. Другой путь — создание новых эффективных ферментоподобных катализаторов для активации инертных C–H связей алканов с последующим их окислением пероксидом водорода в мягких условиях, т. к. известно, что в живой природе в присутствии ферментов моно- и диоксигеназ предельные углеводороды могут окисляться кислородом воздуха при комнатной температуре и атмосферном давлении [2, 4, 5, 9]. Оба пути важны для решения экологических проблем химических производств и отвечают принципам «зеленой» химии [10].

Для создания высокоселективных катализаторов, способных проводить процесс окисления в мягких условиях, внимание привлекают полимерсодержащие металлокомплексные катализаторы. Их получают путем иммобилизации полимерметаллических комплексов на твердые неорганические носители [7, 8]. При этом сохраняются как технологические преимущества гетерогенных катализаторов (простота отделения от продуктов реакции, способность к регенерации и др.), так и активность, и селективность гомогенных систем за счет относительной структурной подвижности полимерных лигандов.

Медь входит в состав некоторых ферментов (энзимы класса метанмонооксигеназа, супероксиддисмутаза и др.), являясь активным катализатором в окислительно-восстановительных реакциях. В присутствии комплексов меди с высокими скоростями могут быть окислены различные по своей природе углеводороды.

Цель настоящей работы — изучение каталитических свойств нанесенных полимермедных каталитических систем в реакциях селективного окисления циклогексана и *n*-октана пероксидом водорода в мягких условиях.

#### **Экспериментальная часть**

Медьсодержащие комплексы готовились методом адсорбции водного раствора соли меди ( $\text{CuCl}_2$ ) на полимермодифицированную поверхность носителя при комнатной температуре по разработанной ранее методике [7, 8]. В качестве полимеров-модификаторов использовались водорастворимые полимеры, содержащие азотные и кислородные функциональные группы — полигексаметиленгуанидин (ПГМГ), полиэтиленгликоль (ПЭГ), поливинилпирроли-

дон (ПВПД) и полиакриловую кислоту (ПАК). Полимеры, как и носители, различаются также по кислотно-основным свойствам: ПАК — кислота, ПГМГ — сильное полиоснование, а ПВПД и ПЭГ — слабые основания. В качестве носителя использованы оксиды кремния, алюминия, цинка и алюмосиликат (АС) с содержанием  $\text{SiO}_2$  40 %.

Для проведения реакции окисления использовали перегнанные циклогексан и *n*-октан марки «х. ч.». Окислитель — 30 %-й водный раствор пероксида водорода марки «о. с. ч.», концентрацию которого определяли с помощью рефрактометра. Растворитель — ацетонитрил ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ) марки «о. с. ч.».

Реакцию окисления проводили в стеклянном термостатированном реакторе при интенсивном перемешивании с помощью магнитной мешалки, в атмосфере воздуха при  $T = 40^\circ\text{C}$ . В сосуд помещали 5 мл ацетонитрила, 0,3 мл субстрата. Навеска катализатора — 0,03 г. Пероксид водорода вводили в реакционную смесь одновременно в виде 30 %-го водного раствора (0,9 мл). Длительность реакции — 4 часа для ЦГ и 6 часов для *n*-октана.

Продукты реакции окисления определяли на хроматографе «Кристалл 2000 м».

### Результаты и их обсуждение

Изучена катализная и оксидная активность синтезированных образцов в реакциях разложения пероксида водорода и окисления ЦГ и *n*-октана.

На рис. 1 представлены результаты исследования катализной активности комплексов меди (II), закрепленных на  $\text{SiO}_2$ , модифицированных различными полимерными лигандами.

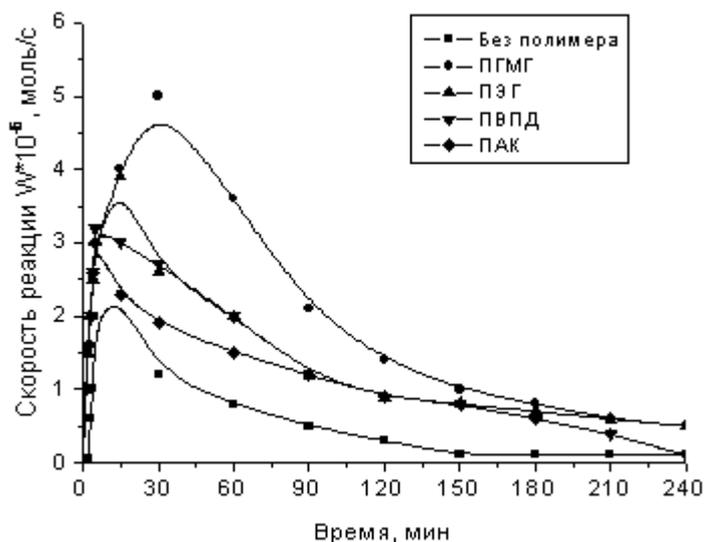


Рис. 1. Зависимость скорости разложения пероксида водорода от природы полимерного модификатора в Cu-полимер/ $\text{SiO}_2$  катализаторе:

условия опыта:  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,31 \cdot 10^2$  моль/л,  $\text{CH}_3\text{CN}$  — 5 мл,  
 $m_{\text{кат}} = 0,03$  г,  $T = 40^\circ\text{C}$ ,  $P = 1$  атм, 240 мин

По уменьшению активности изученные катализаторы располагаются в ряд:  $\text{Cu-ПГМГ/SiO}_2 > \text{Cu-ПЭГ/SiO}_2 > \text{Cu-ПВПД/SiO}_2 > \text{Cu-ПАК/SiO}_2$ , т. е. с

уменьшением основности полимеров скорость разложения пероксида водорода падает. В таком же порядке происходит снижение объема выделившегося кислорода при разложении  $H_2O_2$  (рис. 2). Наименьшей катализаторной активностью (рис. 1, 2) обладает каталитическая система, приготовленная без обработки носителя полимерами.

Аналогичная зависимость по скорости образования молекулярного кислорода и его количественному выходу от природы модифицирующего полимерного лиганда в нанесенных медных катализаторах получена и в процессе оксигенирования ЦГ пероксидом водорода, однако реакция протекает медленнее (рис. 2). С уменьшением основности полимеров скорость реакции оксигенирования падает в ряду ПГМГ > ПЭГ > ПВПД > ПАК.

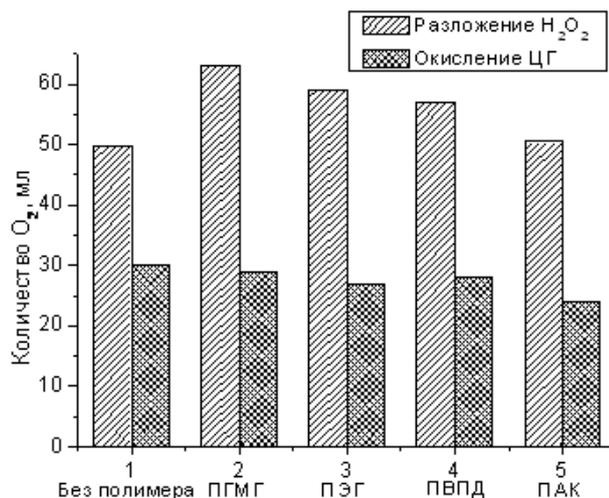


Рис. 2. Количество выделившегося кислорода при разложении  $H_2O_2$  и окислении циклогексана на 7 % Cu-полимер/ $SiO_2$  катализаторах (условия опыта см. под рис. 1)

В процессе окисления ЦГ пероксидом водорода в присутствии полимермедных нанесенных катализаторов, по данным хроматографического анализа, происходит селективное образование только двух продуктов — циклогексанола и циклогексанона — с преобладанием кетона в составе смеси. На примере 7 % Cu-полимер/ $SiO_2$  катализатора (табл. 1) показано, что конверсия ЦГ на полимермодифицированных медных катализаторах в 2,0—2,6 раза выше, чем на каталитической системе без полимера, однако по селективности образования кетона различия выражены не столь ярко.

Таблица 1

**Окисление циклогексана на 7 % Cu/ $SiO_2$  катализаторе, модифицированном различными полимерами**

Полимеры	ПГМГ	ПЭГ	ПВПД	ПАК	Без полимера
Конверсия, %	51,8	44,2	41,0	38,8	19,5
$S_{\text{кетон}}$ , %	83,3	79,6	78,4	78,1	66,0

Примечания. Условия опыта:  $[H_2O_2] = 0,31 \cdot 10^2$  моль/л,  $CH_3CN$  — 5 мл,  $m_{\text{кат}} = 0,03$  г,  $T = 40$  °С,  $P = 1$  атм, 240 мин

Таким образом, оптимальным катализатором оксигенирования ЦГ с конверсией 51,8 % при селективности по циклогексанону 83,3 % является 7 % Cu-ПГМГ/SiO<sub>2</sub> катализатор (табл. 1).

Результаты исследований по влиянию природы носителей на свойства нанесенных медных катализаторов, модифицированных ПГМГ, в процессах разложения пероксида водорода и окисления ЦГ и *n*-октана представлены на рис. 3, 4 и в табл. 2, 3.

Наибольшая каталазная активность и максимальное количество выделившегося кислорода, как при разложении H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, так и окислении ЦГ и *n*-октана, наблюдаются на катализаторе, нанесенном на оксид кремния. С переходом к носителям с более выраженными основными свойствами (ZnO) происходит снижение скорости разложения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и объема выделившегося кислорода. Наименее активным носителем оказался ZnO. Соответственно, наибольший суммарный выход продуктов при окислении ЦГ и *n*-октана достигается на образце, нанесенном на SiO<sub>2</sub>, а минимальная конверсия обнаружена в присутствии медьполимерного катализатора, закрепленного на оксиде цинка (табл. 2,3).

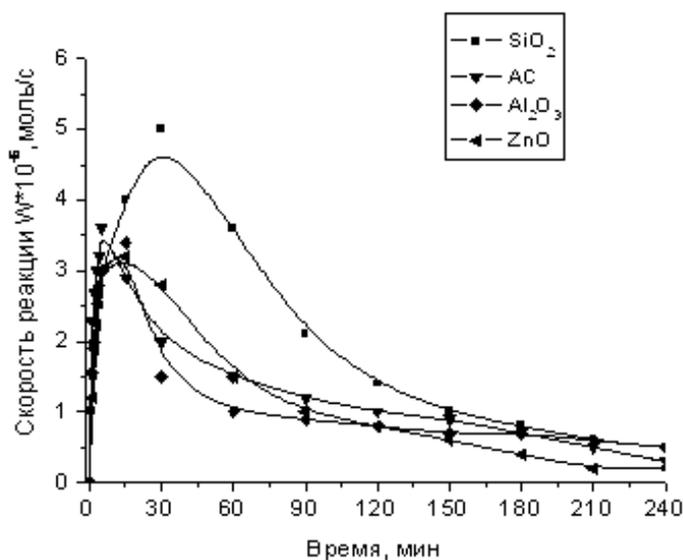


Рис. 3. Влияние природы носителя в катализаторе Cu-ПГМГ/носитель на скорость разложения пероксида водорода (условия опыта см. под рис. 1)

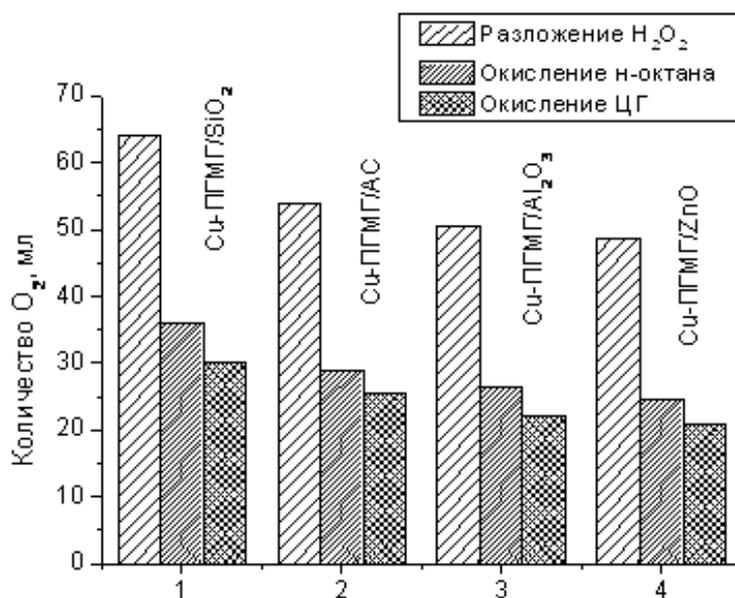


Рис. 4. Зависимость количества выделившегося кислорода от природы носителя при разложении H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и окислении ЦГ и *n*-октана на системах Cu-ПГМГ/носитель (условия опыта см. под рис. 1)

Таблица 2

**Влияние природы носителя в катализаторах Cu-ПГМГ/носитель  
на выход продуктов окисления циклогексана**

Носитель	Продукты реакции		Конверсия, %	S <sub>кетон</sub> , %
	ЦОН, %	ЦОЛ, %		
SiO <sub>2</sub>	43,1	8,7	51,8	83,3
АС	30,8	8,0	38,8	79,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,8	7,7	36,5	78,9
ZnO	25,1	7,0	32,1	78,2

*Примечания.* Условия опыта см. под табл. 1.

Следует отметить, что при заметном снижении конверсии на катализаторах, нанесенных на все вышеперечисленные носители (на ~ 20 %), селективность по циклогексанону остается высокой и близкой по значениям (от 78,9 до 83,3 %) на всех системах, что косвенно указывает на формирование идентичных активных центров, вероятнее всего, Cu-ПГМГ комплексов, закрепленных на поверхности носителей.

Продуктами реакции окисления *n*-октана являются преимущественно кетоны и незначительное количество спиртов (табл. 3). Образование карбоновых кислот и других побочных соединений не наблюдалось (отсутствие RCOOH подтверждалось методом ИКС). Следует отметить, что в ходе изучаемой реакции селективно образуются вторичные спирты, что согласуется с данными литературы [3].

Поскольку наряду с ПГМГ выявлены высокие модифицирующие свойства ПЭГ (табл. 1), этот полимер также исследован в медных системах, нанесенных на различные носители.

Таблица 3

**Влияние природы носителя в катализаторах Cu-ПГМГ/носитель  
на выход продуктов окисления *n*-октана**

Носитель	Продукты реакции, %		Конверсия, %	S <sub>кетон</sub> , %
	Σкетоны	Σспирты		
SiO <sub>2</sub>	15,5	6,0	22,5	68,9
АС	9,7	6,3	16,0	61,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,6	5,9	14,5	59,3
ZnO	7,5	5,3	12,8	58,5

*Примечания.* Условия опыта см. под табл. 1.

Из рис. 5 и 6 следует, что по увеличению каталазной активности и объему выделившегося кислорода в процессах разложения пероксида водорода и окисления углеводородов катализаторы располагаются в ряд: Cu-ПЭГ/SiO<sub>2</sub>>Cu-ПЭГ/АС>Cu-ПЭГ/ZnO.

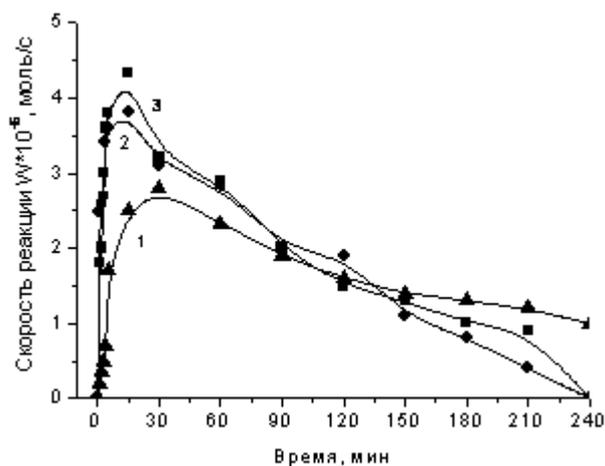


Рис. 5. Разложение пероксида водорода на ПЭГ-модифицированных медных катализаторах: 1 — Cu-ПЭГ/ZnO, 2 — Cu-ПЭГ/AC, 3 — Cu-ПЭГ/SiO<sub>2</sub>. (условия опыта см. под рис. 1)

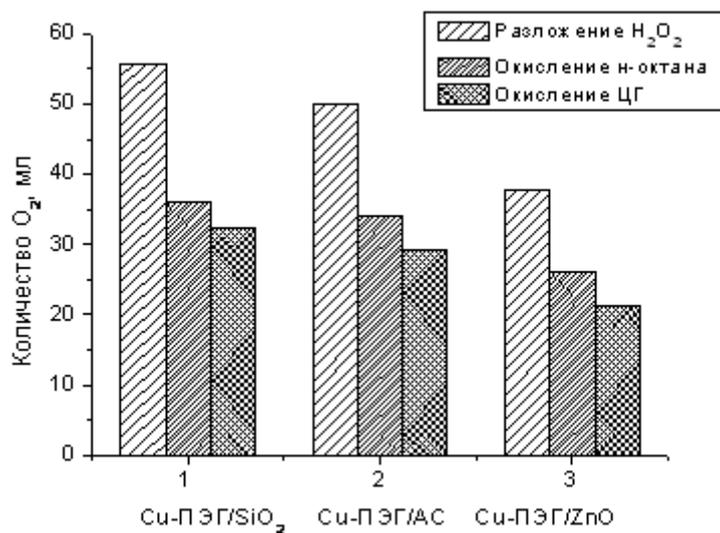


Рис. 6. Количество выделившегося кислорода при разложении H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и окислении ЦГ и n-октана на ПЭГ-модифицированных медных катализаторах на различных носителях (условия опыта см. под рис. 1)

Такая же последовательность наблюдается по конверсии ЦГ, n-октана и их селективности (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние природы носителя в катализаторах Си-ПЭГ/носитель  
на выход продуктов окисления циклогексана и *n*-октана**

Носитель	Продукты реакции, %		Конверсия, %	S <sub>кетон</sub> , %
	∑кетоны	∑спирты		
циклогексан				
SiO <sub>2</sub>	33,2	8,4	41,6	79,8
AC	30,5	7,9	38,4	79,5
ZnO	26,6	7,0	33,6	79,2
<i>n</i> -октан				
SiO <sub>2</sub>	12,5	6,0	18,5	67,4
AC	9,7	5,6	14,6	62,0
ZnO	7,5	4,9	11,2	60,5

*Примечание.* Условия опыта см. под табл. 1.

Таким образом, полимермедные катализаторы, нанесенные на неорганические носители, проявили высокую каталазную и оксидазную активность в мягких условиях (40 °С, атмосферное давление). Медный катализатор, закрепленный на оксиде кремния, модифицированном полигексаметиленгуанидином проявил наибольшую активность и селективность в процессах разложения пероксида водорода и окисления ЦГ и *n*-октана.

**Библиографический список**

1. Баландина Т. А., Ларина Т. Ю., Кузнецова Н. И., Бальжинимаев Б. С. Медные катализаторы на основе стекловолоконистых носителей для реакций окисления углеводородов с участием пероксида водорода // Кинетика и катализ. 2008. Т. 49. № 4. С. 522—528.
2. Вей-юн Янг, Канн-ченг Гу, Ненг-е Тао, Юн Као. Аэробное окисление кумола в гидроперекись кумола, катализируемое металлопорфиринами // Там же. 2010. Т. 51. № 21. С. 210—215.
3. Гехман А. Е., Столяров И. П., Ершова Н. В., Моисеева Н. И., Моисеев И. И. Гидропероксидное окисление трудноокисляемых субстратов: беспрецедентный разрыв связи С—С в алканах, окисление молекулярного азота // Там же. 2004. Т. 45. № 1. С. 45—66.
4. Карасевич Е. И., Карасевич Ю. К. Окисление циклоалканов пероксидом водорода в биомиметической железопорфириновой системе // Там же. 2002. Т. 43. № 1. С. 23—33.
5. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия : концепция и перспективы. Новосибирск : Наука, 1998. 250 с.
6. Рамазанов Д. И., Ключев М. В. Окисление циклогексана пероксидом водорода в присутствии комплексов меди (II) // Вестн. ИвГУ. 2008. № 2. С. 33—39.
7. Селенова Б. С., Тумабаев Н. Ж., Молдабеков А. К., Токтабаева Ф. М., Картоножкина О. И., Жармагамбетова А. К. Модифицированные полимером ферроцианидные катализаторы окисления циклогексана // Изв. НАН РК. Сер. : Химия. 2003. № 3. С. 72—78.
8. Сафаров Р. З., Картоножкина О. И., Жармагамбетова А. К. Окисление циклогексана на полимермодифицированном ферроцианидном комплексе Mn, закрепленном на алюмосиликате // Там же. 2005. № 3. С. 3—10.
9. Guo C. C., Chu M. F., Liu X. Q. Effective catalysis of simple metalloporphyrins for cyclohexane oxidation with air in the absence of additives and solvents // Appl. Catal. A : Gen. 2003. Vol. 246. № 2. P. 303—309.
10. Noyori R. Pursuing practical elegance in chemical synthesis // Chemical Commun. 2005. Vol. 14. P. 1807—1811.

УДК 536.24

*М. И. Давидзон*

## О ВОЗМОЖНОЙ ТЕОРИИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА БЕЗ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООБМЕНА

Показано, что лежащее в основе теории конвективного теплообмена и практических расчетов понятие коэффициента теплообмена, похоже, строго физической величиной не является. Предложено вместо коэффициента теплообмена ввести в теорию и расчеты поверхностную плотность энтропии.

**Ключевые слова:** Ньютон, Рихман, коэффициент теплообмена, конвективный теплообмен, поверхностная плотность энтропии.

It is shown that the notion of heat-transfer coefficient underlying the theory of heat transfer by convection and in calculations in practice is not a physical magnitude. It is offered to introduce into the theory and research the notion of the surface density of entropy.

**Key words:** Newton, Rihman, heat-transfer coefficient, heat transfer by convection, the surface density of entropy.

Теоретические построения и практические расчеты теплообмена конвекцией до сих пор основаны на утверждении, именуемом в зарубежной научно-технической литературе законом охлаждения Ньютона, а в отечественной — законом охлаждения Ньютона — Рихмана. Им утверждается, что плотность потока тепла  $q$  от нагретого тела пропорциональна разности температур поверхности тела  $T_w$  и окружающей среды  $T_{o.c}$ :

$$q = \alpha(T_w - T_{o.c}). \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности  $\alpha$  называют коэффициентом теплообмена. Его определяют как количество тепла, которое передается в единицу времени через единицу поверхности, приходящееся на один градус. Измеряется  $\alpha$  в [ Дж/с · м<sup>2</sup> · К ].

Мы настолько привыкли к этому определению, что нам оно кажется понятным и ясным. Между тем различают физические величины, их производные и приведенные. Для описания интенсивности процессов передачи энергии используют физическую величину — плотность потока энергии (вектор Умова). По определению, это энергия, передаваемая через единицу площади в единицу времени перпендикулярно к поверхности. Плотность потока энергии можно отнести к каким-либо условиям передачи энергии (например, к одному вольту напряжения или одному амперу тока). Тогда плотность потока энергии следует поделить на подводимое напряжение или ток.

---

© Давидзон М. И., 2011

Из размерности следует, что под коэффициентом теплообмена понимается плотность потока энергии, отнесенная к одному градусу. По формальному определению из выражения (1) получается, что этот градус есть разность между температурами стенки и среды. Выходит, что коэффициент теплообмена — это плотность теплового потока, приведенная к некоторой искусственной величине, учитывающей одновременно нагрев одной и охлаждение другой среды. Таким образом, коэффициент теплообмена — некоторая приведенная величина и по сему выступает в роли псевдофизической величины со всеми вытекающими отсюда сложностями ее нахождения и обобщения.

В термодинамике известна величина, имеющая размерность  $Дж / К$ , — энтропия (функция состояния системы). Но в данном случае энергия относится к температуре, при которой производится передача тепла. Если это температура стенки, то можно говорить об изменении энтропии источника тепла. Если же это температура окружающей среды, то следует говорить об изменении энтропии приемника энергии (окружающей среды). По-видимому, сложность описания процесса теплообмена как раз заключается в том, что предпринимаются попытки одновременно учитывать изменение термодинамического состояния двух систем: отдающей тепло и воспринимающей его. В этом плане подход к описанию явления теплообмена, предложенный Ньютоном и независимо от него Рихманом, явился предвестником второго закона термодинамики, а в практическом плане появилась возможность расчета теплообменных устройств. Однако из-за того, что коэффициент теплообмена не является физической величиной, все конструктивные расчеты должны основываться исключительно на эмпирических данных.

Как показано в работе [3], закон охлаждения Ньютона — Рихмана имеет ограниченную область применения. Тем не менее исследователи полагают, что используют его и для описания нагревания (охлаждения) движущейся среды в каналах (трубах и пр.). В этом случае выражение (1) записывают в форме (2). По виду оно аналогично закону охлаждения (1). Однако в нем вместо неизменяющейся в процессе обмена теплом температуры окружающей среды записывается некоторая средняя по сечению канала температура потока  $T$ :

$$q = \alpha(T_w - T). \quad (2)$$

Различия в выражениях (1) и (2) подробно рассмотрены в работе [3]. В настоящем исследовании будет обращено внимание на возможности расчета теплообмена без использования коэффициента теплообмена.

Когда говорят о коэффициенте теплообмена как плотности теплового потока, приходящегося на один градус, то имеется в виду определенный размер поверхности, фиксируемой, например, размерами стенок канала. На некотором расстоянии от стенок канала поверхность уже другая. Другой будет и плотность теплового потока. Коэффициент теплообмена меняется по сечению канала. В экспериментах это обстоятельство не учитывается. Вероятно, именно по этой причине коэффициенты теплообмена так трудно рассчитываются, экспериментально определяются и обобщаются в виде критериальных зависимостей (ассоциирующихся с малыми дракончиками). Однако, похоже, это не единственная причина сложившегося состояния в теории и практике теплообмена.

Обратим внимание, что при расчете теплообмена в каналах вектор скорости движения среды направлен вдоль канала, а тепло подводится нормаль-

но к поверхности канала. Имеет место перенос тепла в поперечном и продольном направлениях. Когда экспериментально определяют локальные коэффициенты теплообмена по зависимости (2), то учитывают только поперечный подвод тепла непосредственно у стенки.

Правда, скорость течения среды входит в критериальные комплексы, например в число Рейнольдса. Но скорость направлена вдоль потока, а при расчете коэффициента теплообмена по выражению (2) учитывается поперечный перенос тепла.

Представляется, что во всех теоретических и экспериментальных моделях расчета коэффициента теплообмена не учитывается еще одна очень существенная особенность процессов конвективного теплообмена — их зависимость от времени взаимодействия теплоотдатчика и теплоприемника. По видимому, считается, что если в размерность коэффициента теплообмена входит время, то его больше незачем учитывать. В действительности время, входящее в коэффициент теплообмена, учитывает только мощность источника энергии, а при расчете теплообмена следует как-то учитывать время теплового взаимодействия систем. При теплообмене в каналах это время можно определить, зная длину канала и скорость движения среды.

Развитие теплотехники и запросы промышленности потребовали проведения многих тысяч исследований по определению коэффициента теплообмена. Можно гордиться изобретательностью человеческого ума и удивляться ей, ибо были не только проведены экспериментальные исследования, но и созданы физические модели для приближенного расчета этой сложной величины. В основе всех многочисленных исследований лежит выражение (2). Похоже, исследователи начинают понимать сложность величины коэффициента теплообмена. Если ранее в учебниках по теплопередаче физический смысл коэффициента теплообмена определяли так, как это сделано выше (по размерности), то более поздние издания учебников [6], не вдаваясь в физический смысл коэффициента теплообмена, утверждают, что величина  $\alpha$ , найденная из выражения (2), и есть определение коэффициента теплообмена. В последнее время в учебниках ее именуют удобной для практических расчетов вспомогательной величиной [7, 10].

Равенство (2) только внешне напоминает закон охлаждения Ньютона — Рихмана (1). При нагревании среды в каналах все подводимое тепло идет на изменение внутренней энергии и соответственно температуры. Температура  $T$  меняется от одного сечения канала к другому. У системы в канале нет единой температуры  $T_{o,c}$ , которая бы в процессе теплообмена не меняла своего значения. В некоторых ситуациях выражение (2) становится принципиально неверным. Так, например, в условиях однородного по длине канала подвода тепла ( $q = const$ ) плотность теплового потока не является функцией разности температур, а наоборот, и  $T_w$ , и  $T$  являются функцией поверхностной плотности теплового потока  $q$ .

Равенство (2) не является законом и скорее напоминает некоторое эмпирическое выражение, которое экспериментами в одних ситуациях может подтверждаться, а в других нет. Его использование для расчета конвективного теплообмена на основе опытного определения коэффициента теплообмена  $\alpha$  вместе с выражением, подобным закону Ома для участка электрической цепи, позволило единообразно вести расчет теплообменных устройств. Но для этого понадобились тысячи экспериментальных исследований и разра-

ботка теории подобия применительно к явлениям передачи тепла. В итоге сложилась ситуация, когда конструкторы вынуждены пользоваться исключительно экспериментальными данными, которые представляются в виде громоздких степенных безразмерных комплексов. Нередко вид безразмерных комплексов принимается, исходя из удобства их графического представления без учета физики явления. Понимание физической сущности явлений при теплообмене оставляет желать лучшего.

В связи с изложенным выше необходим поиск новых идей и методов расчета теплообмена. Покажем также, что равенство (2) не всегда выполняется. Пусть движущаяся жидкость нагревается в канале, в котором соблюдаются условия постоянного теплового потока  $q = const$ . Эту ситуацию можно реализовать, если стенки канала нагревать, например, электрическим током. И если при этом окажется, что  $T_w - T = const$ , то и коэффициент теплообмена в соответствии с равенством (2) должен оставаться постоянным:  $\alpha = const$ . Однако эксперименты этого не подтверждают.

Покажем на качественном уровне, а затем и количественно, что действительно при  $q = const$  разность температур стенки и нагреваемой среды по всей длине канала должна оставаться неизменной.

Нагрев в условиях  $q = const$  означает, что по всей длине канала (трубы) имеет место равномерный подвод тепла. С каждой единицы поверхности канала движущемуся потоку отдается одинаковое количество энергии в форме тепла. Количество воспринимаемого тепла на участке длиной  $dx$  можно определить по соотношению

$$Q = mC_p(T_2 - T_1), \quad (3)$$

где  $m$  — секундный расход массы;  $C_p$  — удельная теплоемкость при постоянном давлении;  $T_1$  и  $T_2$  — температура среды соответственно на входе в элемент канала  $dx$  и выходе из него.

С каждой единицы поверхности канала длиной  $dx$  нагреваемой среде отдается одинаковое количество тепла. Это означает, что на каждом участке  $dx$  разность температур в соответствии с равенством (3) должна быть одной и той же, т. е.  $\Delta T = T_2 - T_1 = const$ . Для каждого следующего участка температура на выходе из предыдущего является входной, но поскольку разность температур остается неизменной, то температура потока  $T$  вдоль канала меняется по линейному закону. Ясно, что чем выше плотность потока тепла  $q$ , тем сильнее будет нагреваться движущаяся среда. Кроме плотности потока тепла, подводимого к поверхности, величина нагрева среды от первоначальной  $T_o$  до текущего значения  $T$ , т. е.  $T - T_o$ , зависит также от времени пребывания среды в зоне нагрева. Это время может быть определено как длина канала  $x$ , в котором движется среда, деленная на скорость  $v$  ее движения. Можно предположить, что

$$A(T - T_o) = q \frac{x}{v}, \quad (4)$$

где  $A$  — коэффициент пропорциональности, необходимый для приведения к одной и той же размерности левой и правой частей равенства (4).

Итак, при однородном подводе тепла к стенкам канала ( $q = const$ ) температура нагреваемой среды вдоль поверхности теплообмена возрастает по линейному закону. Ясно, что температура нагреваемой среды зависит от температуры стенки  $T_w$ . При равномерном подводе тепла к стенке и соответственно одинаковом отводе тепла от каждого элемента поверхности, если температура  $T$  меняется по линейному закону (4), то, казалось бы, по такому же закону должна изменяться температура стенки (иначе будет нарушаться закон сохранения энергии). Это означает, что

$$T_w - T_{wo} = Bx, \quad (5)$$

где  $T_{wo}$  — температура стенки в самом начале канала (при  $x = 0$ );  $B$  — коэффициент пропорциональности.

Равенство наклона кривых (4 и 5) или, что то же самое, производных по  $x$ , указывает на параллельность кривых. Таким образом, в любом сечении канала, при любом значении  $x$  разность температур должна оставаться неизменной, т. е.

$$T_w - T = const. \quad (6)$$

Похоже, выражения (5) и (6) справедливы, если температура стенки полностью определяется отводом тепла. На самом деле на температуру стенки в большей мере оказывает влияние теплоотдающая система. Если нагрев осуществляется путем подачи электротока к отрезку канала, то электромеханические свойства материала трубы и их изменение с ростом температуры могут оказаться определяющими.

Если следовать уравнению (2), то при  $q = const$  и неизменной разности температур стенки и среды должен оставаться постоянным и коэффициент теплообмена  $\alpha$ . Как следует из экспериментальных работ [5, 8], коэффициент теплообмена  $\alpha$  (вычисленный по равенству (2)) по длине канала вначале быстро уменьшается, а затем стремится к некоторому асимптотическому значению.

В рассмотренном простейшем случае теплообмена равенство (2) не согласуется с законом сохранения энергии. Следует доказать справедливость его теоретически или экспериментально. Похоже, экспериментаторы полагают, что справедливость соотношения доказана теоретиками, а теоретики не сомневаются в его доказанности экспериментаторами. И те и другие используют модель (2) для расчета теплообмена конвекцией. Обратим внимание: в явном виде в выражении (2) отсутствует даже скорость движения среды.

При изучении явлений природы перед исследователем, как правило, ставятся задачи определить: состояние системы в настоящий момент, направление процессов, конечное состояние системы. Все это в той или иной мере должно быть отражено в моделях, предлагаемых для описания явлений. С этой точки зрения модель (2) не позволяет определить направление (ход) процесса. Отсутствует связь между начальным и конечным состояниями (в модели нет производных, позволяющих после интегрирования установить связь между состояниями).

С точки зрения описания физики явления теплообмена требуется совершенствование модели или замена ее более адекватной. Введение в практику расчетов коэффициента теплообмена  $\alpha$  позволило экспериментально

полученные результаты на моделях с помощью теории подобия переносить на реальные объекты и, таким образом, способствовать развитию теплотехники. Представляется, что в настоящее время можно предложить более совершенные модели для расчета теплообмена, в том числе и без введения понятия коэффициента теплообмена. Это должно стать направлением дальнейших исследований. В физике (например, в механике) механическое движение описывают механиками Ньютона, Лагранжа, Гамильтона, Герца и др. В основу описания положены различные модели. В теории и практике теплообмена принята одна-единственная модель (2), по форме напоминающая закон охлаждения Ньютона — Рихмана.

Чтобы получить уравнение для расчета конвективного теплообмена, можно воспользоваться методом анализа размерности. Поверхностная плотность теплового потока  $q$  [Дж/с  $m^2$ ] должна зависеть от способности среды воспринимать тепло, т. е. удельной теплоемкости  $C$  [Дж/кг К], плотности среды  $\rho$  [кг/м<sup>3</sup>], само собой разумеется, скорости движения  $v$  [м/с], характерного размера  $L$  [м] и, конечно, градиента температуры  $\nabla T$  [К/м]. На основе анализа размерности указанных величин можно записать, что

$$q = const \cdot C \cdot \rho \cdot v \cdot L \cdot \nabla T, \quad (7)$$

где  $const$  имеет порядок единицы.

Если параметры среды не зависят от температуры, выражение (7) приобретает вид

$$q = A \cdot v \cdot \nabla T. \quad (8)$$

Коэффициент пропорциональности  $A$  имеет размерность [Дж/К  $\cdot m^2$ ] и выражает поверхностную плотность энтропии.

Необходимо найти экспериментальные или теоретические способы определения поверхностной плотности энтропии. Тогда расчет теплообмена окажется возможным проводить без привлечения такой сложной величины, как коэффициент теплообмена  $\alpha$ .

В качестве примера рассмотрим задачу о теплообмене при течении жидкости в трубе в условиях  $q = const$ . В инженерных расчетах интересуются не распределением температуры и скорости по сечению канала, а их изменением в среднем вдоль течения  $x$ . Поэтому производят усреднение температуры и скорости по сечению канала. Под температурой  $T$  в равенстве (8) следует понимать среднюю по сечению канала температуру (это может быть среднemasсовая температура, среднеарифметическая и др.). Тогда равенство (8) принимает вид

$$q = A \cdot v \cdot \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (9)$$

Решением дифференциального уравнения (9) при неизменяющихся вдоль течения  $A$  и  $v$  является выражение

$$T - T_0 = \frac{q}{A v} x, \quad (10)$$

где  $T_0$  — начальная температура среды в канале (при  $x = 0$ ).

Из решения следует, что температура среды  $T$  вдоль канала меняется по линейному закону. Чем выше поверхностная плотность потока тепла  $q$ , тем сильнее будет нагреваться движущаяся среда. Величина нагрева среды от первоначальной  $T_o$  до текущего значения  $T$ , кроме плотности потока тепла, подводимого к поверхности, зависит также от времени пребывания среды в зоне нагрева, т. е. от длины канала  $x$ , поделенной на скорость  $v$  движения жидкости.

Итак, при однородном подводе тепла к стенкам канала ( $q = const$ ) температура нагреваемой среды вдоль поверхности теплообмена возрастает по линейному закону. Ясно, что температура нагреваемой среды зависит от температуры стенки  $T_w$ . При равномерном подводе тепла к стенке и соответственно одинаковом отводе его от каждого элемента поверхности линейному закону изменения  $T(x)$  должен соответствовать линейный закон изменения температуры поверхности  $T_w$ . Это означает, что

$$T_w - T_{wo} = Bx, \quad (11)$$

где  $T_{wo}$  — температура стенки в самом начале канала (при  $x = 0$ ),  $B$  — коэффициент пропорциональности.

Расчет по модели (9) приводит к тем же результатам, что и при качественном рассмотрении (равенство (10) совпадает с (4), а (11) с (5)). Соответственно справедливо и выражение (6). Формально его можно получить, вычитая из (11) выражение (10):

$$T_w - T = T_{wo} - T_o = const. \quad (12)$$

Выходит, в любом сечении канала

$$T_w = T + T_{wo} - T_o. \quad (13)$$

Максимальное значение температуры поверхности (в конце обогреваемого участка) можно выбрать из соображений прочности материала, технических возможностей устройства или технологических требований. Далее, по известному углу наклона ( $B = q / Av$ ) или по выражению (13) можно найти  $T_{wo}$ .

Задача о нагревании среды внутри канала при условии  $q=const$  полностью решается без привлечения понятия коэффициента теплообмена и соотношения (2), по форме напоминающего закон охлаждения Ньютона — Рихмана. Чтобы найти требуемую поверхность нагрева, достаточно в равенство (10) вместо поверхностной плотности теплового потока  $q$  подставить секундный расход тепла  $Q$ , требуемый для нагрева жидкости, поделенный на величину требуемой поверхности нагрева  $F$ . Тогда из выражения (10) поверхность нагрева может быть определена по выражению

$$F = \frac{x}{A \cdot v} \frac{Q}{(T - T_o)}. \quad (14)$$

Поверхностную плотность энтропии  $A$  можно попытаться рассчитать, пользуясь законами термодинамики, или определить из экспериментов, например по выражениям (9), (10).

В работе [8] содержатся результаты измерения температуры  $T(x)$ . По выражению (9) нетрудно вычислить поверхностную плотность энтропии  $A$ . По приведенным в работе [5] значениям температуры стенки вдоль поверхности нагрева можно двумя методами определить коэффициент  $A$ . Коэффициент  $A$  не меняется вдоль поверхности нагрева, т. е. не зависит от координаты  $x$ . Это важный момент. В противном случае решение (10) было бы неверным.

Рассчитать конвективный теплообмен в каналах можно еще одним способом — используя локальный закон сохранения энергии. Пусть в отрезок трубы (канала) длиной  $dx$  входит жидкость со скоростью  $v$ . Стенки обогреваются так, что плотность теплового потока по длине  $x$  остается неизменной,  $q=const$ . Уравнение локального закона сохранения энергии в безразмерном виде [2] можно записать в форме

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial \tau} + \frac{v}{\ell} \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{x}} = \frac{\chi}{\ell^2} \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial \bar{x}^2} + \frac{q}{AT_o}, \quad (15)$$

где  $\bar{T} = T/T_o$  — безразмерная температура в данном сечении;  $T$  — температура в данном сечении канала;  $T_o$  — начальная температура (температура жидкости на входе в зону нагрева);  $\tau$  — время;  $\bar{x} = x/\ell$  — безразмерная продольная координата;  $\ell$  — длина канала;  $\chi$  — коэффициент температуропроводности;  $A$  — постоянная, необходимая для приведения всех слагаемых уравнения (15) к одной и той же размерности.

Решение задачи (15) в такой постановке затруднительно. Проведем упрощения уравнения (15). Прежде всего, обратим внимание на то, что время передачи тепла конвекцией  $\ell/v$  в реальных условиях эксплуатации оборудования на много порядков меньше времени продольной передачи тепла теплопроводностью  $\ell^2/\chi$ . В самом деле, для канала длиной порядка 10 м при скорости жидкости порядка 1 м/с имеем  $\ell/v = 10$  с. Коэффициент температуропроводности для жидкостей, например трансформаторного масла, составляет  $\chi = 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с [4], и соответственно  $\ell^2/\chi = 10^9$  с. Следовательно, в уравнении энергии первым слагаемым справа можно пренебречь. Можно также принять, что производная от температуры по времени (первое слагаемое слева) изменяется на много порядков медленнее изменения температуры потока вдоль трубы и в случае стационарного течения  $\partial \bar{T}/\partial \tau = 0$ . В результате уравнение энергии принимает вид

$$\frac{v}{\ell} \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{x}} = \frac{q}{AT_o}. \quad (16)$$

Его решением при граничных условиях  $\bar{x} = 0: \bar{T} = 1$  является выражение

$$\bar{T} = \frac{q\ell}{AT_o v} \bar{x} + 1 \quad (17)$$

или в размерном виде

$$T - T_o = \frac{q}{A} \frac{x}{v}. \quad (18)$$

Выражение (18) совпадает с равенством (4) и (10) и описывает нагрев жидкости в условиях  $q = const$ . Температура жидкости вдоль трубы увеличивается по линейному закону. Очень важно, что она зависит от времени пребывания жидкости в зоне нагревания ( $x/v$ ). Достигнуть одной и той же степени нагрева ( $\Delta T = T - T_0$ ) можно путем увеличения плотности потока тепла  $q$  либо изменением времени нагрева, увеличивая длину трубы  $x$  или уменьшая скорость движения жидкости  $v$ .

Получается, что предлагаемые для расчета конвективного теплообмена выражения (9), (10) являются частными случаями локального закона сохранения энергии, т. е. не противоречат принципиальным законам физики.

Обратим внимание, что в случае решения задачи о теплообмене в условиях  $q = const$  традиционными методами с привлечением равенства (2) температура стенки определяется по зависимости

$$T_w = T + \frac{q}{\alpha}. \quad (19)$$

В действительности все эксперименты по определению  $\alpha$  в рассматриваемых условиях показывают, что коэффициент теплообмена по длине канала меняется. Вначале он быстро уменьшается, а затем стремится к некоторому асимптотическому значению. Изменение коэффициента теплообмена вдоль поверхности нагрева объясняют перестройкой профиля температуры движущейся в канале среды, неудачным выбором метода усреднения, существованием участка тепловой стабилизации. Длина участка тепловой стабилизации, по мнению многих исследователей (см., напр., [6, 9]), зависит от большого количества факторов и может изменяться от десятков до нескольких тысяч диаметров труб. Для некоторых сред тепловая стабилизация вообще не наступает при мыслимых размерах системы [9].

Признать эти объяснения удовлетворительными трудно. Я. И. Аснин [1] полагает, что, вообще, геометрическое подобие должно выражаться не отношением длин, а отношением поверхностей. Кроме того, при однородном подводе тепла ( $q = const$ ) каждый элемент поверхности выделяет одно и то же количество тепла и на участке тепловой стабилизации и после. Подводимая энергия переходит во внутреннюю (повышается температура потока). При равномерном подводе тепла должен быть и равномерный отвод. Иначе нарушается первый закон термодинамики.

Обратимся к экспериментам. На рис. 1 представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных различными авторами [5, 8] в условиях  $q = const$ . Изучалось нагревание трансформаторного масла [5] в плоском канале с высотой щели 5,4 и 10,2 мм и масла ВМ-4 [10] в трубке диаметром 5,44 мм при изменении поверхностной плотности теплового потока в пределах  $3,7 \cdot 10^3 \dots 21 \cdot 10^3 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2$  и скорости движения среды 0,35 ... 3,84 м/с.

По оси ординат рис. 1 отложена величина  $\frac{q \cdot x}{v}$ . Размерность этой величины  $\text{Дж/м}^2$ . Здесь  $x$  — координата, отсчитываемая от входа нагреваемой среды в канал,  $v$  — скорость среды в канале. По оси абсцисс — разность температур стенки  $T_w$  и средней в данном сечении канала температуры среды

$T$  ( $\Delta T = T_w - T$ ). Как видно из рис. 1, в целом зависимость между плотностью теплового потока и разностью температур носит нелинейный характер. С увеличением разности температур (температурного напора) поверхностная энергия растет вначале очень медленно, а затем резко возрастает. Аппроксимация программой Microsoft Excel — 2003 позволяет представить функцию в виде экспоненты

$$\frac{q \cdot x}{v} = 60,888 \exp\{0,1239(T_w - T)\}. \quad (20)$$

Функция (20), несмотря на свою простоту, не удовлетворяет граничному условию в нуле. Более правдоподобной аппроксимацией экспериментальных данных является функция

$$\frac{q \cdot x}{v} = 19,1(T_w - T) \exp\{0,066(T_w - T)\}. \quad (21)$$

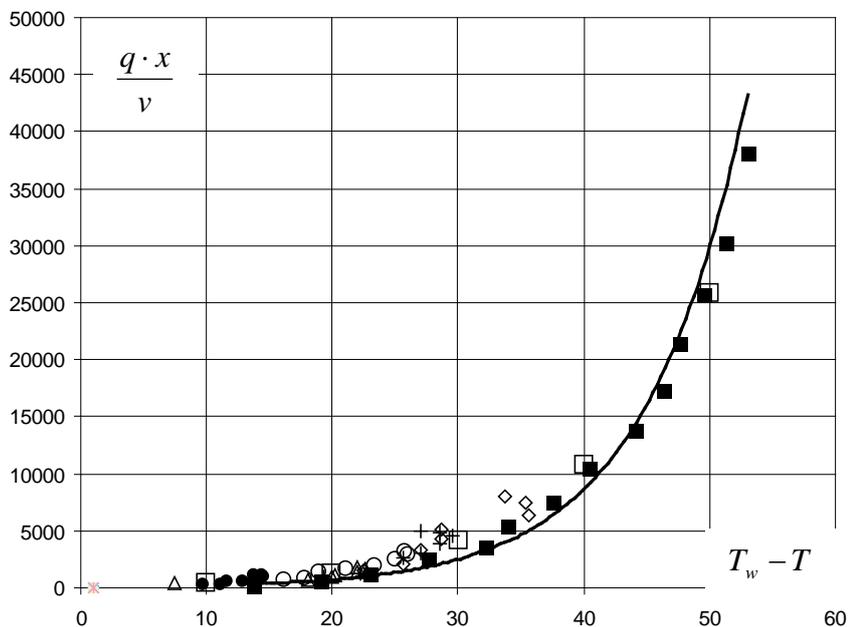


Рис. 1. Зависимость между поверхностной плотностью энергии и температурным напором по экспериментам:

Ма Гун-цзе [8] — ■,	$d = 5,4 \text{ мм}$ ,	$q = 21150 \text{ Вт/м}^2$ ,	$v = 0,35 \text{ м/с}$ ,	$T_o = 308,8 \text{ К}$ ;
А. Жукаускас, — ○,	$h = 10,2 \text{ мм}$ ,	$q = 5700 \text{ Вт/м}^2$ ,	$v = 1,73 \text{ м/с}$ ,	$T_o = 298,6 \text{ К}$ ;
И. Жюгда [5]				
△,	$h = 10,2 \text{ мм}$ ,	$q = 6050 \text{ Вт/м}^2$ ,	$v = 3,28 \text{ м/с}$ ,	$T_o = 297,8 \text{ К}$ ;
◇,	$h = 5,4 \text{ мм}$ ,	$q = 8440 \text{ Вт/м}^2$ ,	$v = 1,00 \text{ м/с}$ ,	$T_o = 296,0 \text{ К}$ ;
✦,	$h = 5,4 \text{ мм}$ ,	$q = 8500 \text{ Вт/м}^2$ ,	$v = 1,65 \text{ м/с}$ ,	$T_o = 297,2 \text{ К}$ ;
●,	$h = 5,4 \text{ мм}$ ,	$q = 4700 \text{ Вт/м}^2$ ,	$v = 3,84 \text{ м/с}$ ,	$T_o = 295,2 \text{ К}$



экспериментальных данных следует, что и по характеру, и по количественным показателям решения (10) и (18) совпадают с экспериментами (кривая 2). Можно полагать, что модель (10) достаточно хорошо описывает изменение состояния системы, воспринимающей тепло.

Характер изменения температурного напора (кривая 1) более сложный. При малых значениях поверхностной плотности подводимой тепловой энергии температурный напор резко возрастает, а затем он практически мало изменяется. Выражения (5) и (11), особенно при малых значениях поверхностной плотности подводимой энергии, ни качественно, ни количественно не совпадают с экспериментальными данными (кривая 1). Можно полагать, что это связано с характером изменения температуры стенки. Скорее всего, температура стенки зависит от особенностей теплоотдающей системы и возможностей и способа отвода тепла. Из теории следует  $T - T_o = T_w - T_{wo}$ , или  $T_w - T = T_{wo} - T_o$ . В экспериментах на входе в обогреваемый канал температура стенки близка к температуре потока на входе в канал. Чтобы существовала постоянная разность температур  $T_w - T = \Delta T = const$  (температурный напор), начальная температура стенки канала  $T_{wo}$  должна быть вполне определенной и выше средней температуры нагреваемой среды на входе в канал  $T_{wo} > T_o$ , иначе не будет теплообмена. Чтобы выполнялось теоретическое решение задачи (когда закон изменения температуры стенки станет линейным), первоначальная температура стенки канала должна иметь вполне определенное значение температуры  $T_{wo}$ . Иными словами, чтобы выполнялся линейный закон изменения температуры стенки вдоль поверхности нагрева, следующий из выражения (2), ставится некоторое условие, не следующее непосредственно из модели. Модель (2) справедлива только в некотором интервале значений поверхностной плотности энергии  $q \cdot x / v$ . Она, скорее всего, представляет собой линеаризацию более сложной зависимости в окрестности некоторого значения функции.

В экспериментах, как правило, температура стенки на входе нагреваемой среды в канал близка к температуре потока на входе в канал. Как полагают исследователи, существует длина участка канала от входа нагреваемой среды до сечения, начиная с которого должен наблюдаться линейный закон температуры стенки. Ее называют начальным термическим участком (участком тепловой стабилизации и др.).

Многие считают (см., напр., [9]), что длина начального термического участка  $\ell$  равна

$$\frac{\ell}{d} = 0,055 P_e,$$

где  $d$  — диаметр трубы,  $P_e$  — критерий Пекле. Для неметаллических капельных жидкостей (вода, минеральные масла и др.) с числом Прандтля от 1 до 100 и выше длина начального участка может изменяться от нескольких сотен до нескольких тысяч и даже десятков тысяч диаметров. Как следует из представленных на рис. 2 данных, по экспериментам трудно выделить длину начального участка и тем более ее зависимость от диаметра (высоты щели канала). Во всех опытах длина обогреваемого канала составляла примерно

один метр, а диаметр трубки (или высота щели плоского канала) 5—10 мм. Можно полагать, что и перестройка температурного пограничного слоя в канале на начальном участке нагрева жидкости не влияет на длину начального участка. Отметим, что во всех опытах нагрев жидкостей начинался после гидродинамической стабилизации течения.

Если верить экспериментальным данным, то во всей области представленных значений строго линейного закона  $T_w - T = const$  не наблюдается. На рис. 2 кривая 1 достаточно хорошо аппроксимирована программой Microsoft Excel — 2003 в виде логарифмической функции

$$\Delta T = T_w - T = 7,9377 L n \frac{q \cdot x}{v} - 32,004. \quad (22)$$

По теории [9], после начального участка должен последовать участок кривой, на котором  $T_w - T = const$ . По экспериментам (по крайней мере, приведенным в настоящей работе), приближенно такой участок можно выделить.

Обратим внимание на кривую 1 рис. 2. При изменении  $\frac{q \cdot x}{v}$  от значения

20 000 до значения 38 000 Дж/м<sup>2</sup>, т. е. почти в 2 раза, температурный напор  $T_w - T$  изменяется от 47,6 до 53 К, т. е. только на 11 %. Здесь разность температур  $T_w - T$  можно приближенно считать постоянной и равной 50 К. Допускаемая при этом погрешность не превышает 6 %. На этом участке логарифмическая функция (22) допускает линейную аппроксимацию. Становятся справедливыми выражения (2) и (19) для расчета температуры стенки. Но можно вместо выражения (19) воспользоваться равенством (13). Соответственно при этом следует принять  $T_{wo} = 85,7$  К.

Попытаемся предложить еще один подход для определения температуры стенки. Из экспериментов следует (кривая 1 рис. 2), что (переходя на язык производных) вблизи малых значений  $q \cdot x / v$  производная  $\frac{d\Delta T}{d(q \cdot x / v)}$  стремится к бесконечности и после достижения определенного значения поверхностной плотности подводимой тепловой энергии стремится к нулю. Физически это может означать, что производную можно представить в виде разности

$$\frac{d\Delta T}{d(q \cdot x / v)} = D - k \left( \frac{q \cdot x}{v} \right). \quad (23)$$

Постоянная  $D$  отражает особенности системы воспринимать тепло. Она не зависит от поверхностной плотности подводимой энергии и выражает способность системы воспринимать тепло в данных условиях (вид процесса, теплоемкость среды и пр.). При малой поверхностной плотности подводимой энергии не реализуется полностью способность системы воспринять тепло. Откликом системы, подводимой тепло, становится повышение температуры стенки. По мере того как система полностью реализует свои способности воспринимать тепло, скорость роста температуры стенки уменьшается и наступает некоторое динамическое равновесие между температурой стенки и температурой потока. Разница между ними становится приблизительно постоянной.

Второй член выражения справа, и в частности коэффициент пропорциональности  $k$ , выражает особенности системы, подводящей энергию. Согласно принципу Ле Шателье — Брауна, при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется (появляется знак «минус» и в первом приближении коэффициент пропорциональности  $k$ ).

Решением дифференциального уравнения (23) является выражение

$$\Delta T = T_w - T = \frac{D}{k} \left[ 1 - \exp\left(-k \frac{q \cdot x}{v}\right) \right]. \quad (24)$$

Постоянная  $D$  и по размерности, и по расчетам представляет собой величину, обратную поверхностной плотности энтропии  $A$ . Коэффициент пропорциональности  $k$  в настоящее время нетрудно определить экспериментально. В явном виде выражение (24) можно представить в форме

$$\Delta T = T_w - T = 50 \{ 1 - \exp(-0,2 \cdot 10^{-3} \frac{q \cdot x}{v}) \}. \quad (25)$$

Расчетные по выражению (25) значения температурного напора на рис. 2 представлены зачерненными треугольниками.

Как видно из рис. 2, кривая 1, все экспериментальные точки, аппроксимированные функцией (22), и все расчетные по выражению (25) в исследованном диапазоне приблизительно совпадают. Отпадает необходимость введения понятия начального участка.

Закон охлаждения Ньютона — Рихмана (2) используется в расчетах для определения величины поверхности теплообмена и температуры стенки. Как видно из изложенного выше, величину поверхности теплообмена можно определить по выражению (14), зная поверхностную плотность энтропии  $A$ . Температуру поверхности можно найти из равенства (13), выражения (22) или (26), где под знак логарифма введен коэффициент  $A$ :

$$T_w - T = 7,94 \ln Ax - 6,12, \quad (26)$$

а также по выражению (25) или его модификации

$$T_w - T = 50 [1 - \exp(-5,2 \cdot 10^{-3} Ax)]. \quad (27)$$

Степень нагрева жидкости  $T - T_o$  нетрудно найти по выражениям (10), (18) или (28):

$$T - T_o = 0,011 \cdot A \cdot x. \quad (28)$$

Данная конкретная задача теплообмена при  $q = const$  полностью решается. Отпадает необходимость введения в расчеты коэффициента теплообмена  $\alpha$ .

Сказанное позволяет заключить, что в научно-технической литературе отсутствует физическое обоснование возможности применения похожего по виду на закон охлаждения Ньютона — Рихмана соотношения (2) для описания явления конвективного теплообмена. Скорее всего, выражение (2) не представляет собой физической модели процесса теплообмена, а является

линеаризацией участков реальных функций процесса. Если обратиться к рис. 1, то нетрудно заметить, что не только на конечном «стабилизированном участке», но и на начальном участке кривой экспоненциальную функцию (21) можно аппроксимировать линейной (2) (при изменении температурного напора в пределах от нуля до 20—25 К). Необходим поиск новых, физически более строго обоснованных методов для описания процесса передачи тепла.

Предлагаемый нами подход, основанный на введении поверхностной плотности энтропии взамен коэффициента теплообмена, позволяет относительно просто решать задачи теплообмена. В расчетных формулах появляется такая важная величина, как время пребывания среды в зоне нагрева. Наличие линейной связи между энтропией и переданным количеством тепла (нетрудно убедиться, что все экспериментальные точки ложатся на одну прямую) внушает оптимизм относительно возможности теоретического расчета поверхностной плотности энтропии. Еще одно достоинство предлагаемого подхода — в его основе лежит локальный закон сохранения энергии. При использовании законов сохранения нет необходимости детального рассмотрения физических явлений процесса теплообмена. По известному начальному состоянию определяется конечное состояние системы. При традиционном подходе, основанном на использовании коэффициента теплообмена, необходимо детальное рассмотрение процессов, сопровождающих теплообмен, со всеми вытекающими сложностями описания. Однако окончательный вывод о достоинствах и недостатках предлагаемого подхода можно будет сделать только после рассмотрения других задач теплообмена.

То, что расчет теплообмена можно вести различными методами (в том числе и без использования коэффициента теплообмена), не должно никого удивлять. В физике использование различных подходов для описания одного и того же явления не такая уж и редкая процедура.

#### **Библиографический список**

1. *Аснин Я. И.* Тепловое подобие, конвективный теплообмен и энтропия. Харьков : Изд-во Харьков. гос. ун-та. 1962. 114 с.
2. *Давидзон М. И.* Накипеобразование внутри труб при постоянной тепловой нагрузке // Теплоэнергетика. 2007. № 5. С. 64—67.
3. *Давидзон М. И.* О законе охлаждения Ньютона — Рихмана // Вестн. Иван. гос. ун-та. Сер.: Естественные, общественные науки. 2010. Вып. 2. С. 70—75.
4. *Енохович А. С.* Справочник по физике. М. : Просвещение, 1978. 416 с.
5. *Жукаускас А., Жюгда И.* Теплоотдача в ламинарном потоке жидкости. Вильнюс : Минтис, 1969. 264 с.
6. *Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.* Теплопередача. М. : Энергоиздат, 1981. 417 с.
7. *Кошмаров Ю. А.* Теплотехника. М. : Академкнига, 2006. 501 с.
8. *Ма Тун-цзе.* Развитие процесса теплоотдачи в трубах при ламинарном течении // Теплопередача. М. : Изд-во АН СССР, 1962. С. 27—33.
9. *Петухов Б. С.* Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах. М. : Энергия, 1967. 411 с.
10. Теплотехника / под ред. В. Н. Луканина. М. : Высш. шк., 2009. 671 с.

# АННОТАЦИИ

---

*В. А. Исаев*

## **КРОВСОСУЩИЕ КОМАРЫ КОМПЛЕКСА CULEX PIPIENS (DIPTERA, CULICIDAE) В ВЕРХНЕВОЛЖЬЕ**

Проанализированы вопросы идентификации видов комплекса *Culex pipiens* в Верхневолжье посредством различных методов.

*Ключевые слова:* комары, идентификация, *Culex pipiens*, *Culex torrentium*.

*В. Н. Зарипов, М. О. Барина*

## **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ТЕМПЕРАМЕНТА В ХОДЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Приводятся данные об особенностях изменений электроэнцефалографических показателей под влиянием зачетной недели и сдачи экзаменов у студенток с разными типами темперамента.

*Ключевые слова:* электроэнцефалография (ЭЭГ), типы темперамента, зачетная неделя, сдача экзаменов.

*С. Е. Львов, В. Н. Зарипов, В. И. Шапин, А. Ф. Богомолов*

## **КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ ВИБРАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МЕЖВУЗОВСКОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ «БИОМЕХАНИКА»**

Представлены результаты совместных научных работ сотрудников вузов г. Иванова по разработке новых методов и средств диагностики и лечения заболеваний и травм опорно-двигательной системы на основе комплексных исследований влияния локальной резонансной вибрации на биологические системы.

*Ключевые слова:* межвузовское сотрудничество, резонансная вибрация, физиология человека, биомеханика опорно-двигательной системы.

*Д. Н. Воронин, Ю. А. Звонарева, М. Г. Кравченко, И. С. Момонт*

## **ФОРМИРОВАНИЕ «АПТЕКАРСКОГО ОГОРОДА» БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИВГУ**

В экспозиции «Аптекарский огород» ботанического сада ИвГУ в 2009 г. отмечено 46 видов высших сосудистых растений, относящихся к 24 семействам, из которых самым многочисленным является Lamiaceae. Проведен систематический, биоморфологический и географический анализ видового разнообразия.

*Ключевые слова:* лекарственные растения, аптекарский огород, ботанический сад ИвГУ.

*Е. Ю. Егорова, В. В. Чемоданов, Е. Е. Краснова,  
В. И. Демидов, А. П. Беляков*

### **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХРОНИЧЕСКОГО ГАСТРОДУОДЕНИТА У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

После обследования 225 детей с хроническим гастродуоденитом установлено, что с увеличением возраста у этих больных чаще встречается эритематозное и эрозивные формы воспаления слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки.

**Ключевые слова:** хронический гастродуоденит, воспаление слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки.

*Ю. И. Баженов*

### **СТРЕСС И БАРЬЕРНЫЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА**

Рассматривается современное состояние проблемы стресса и его влияния на здоровье человека. Анализируются некоторые защитные реакции и механизмы, снижающие патологическое действие стресса на организм.

**Ключевые слова:** стресс, организм, гипоталамус, гипофиз.

*Н. И. Гиричева, Ю. С. Медведева, А. В. Бардина*

### **ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРА ВОДОРОДНОЙ СВЯЗИ В ОРТО-НИТРОБЕНЗОЛСУЛЬФОНАМИДЕ ПРИ ПЕРЕХОДЕ «КРИСТАЛЛ—ГАЗ»**

Квантово-химическим методом уровня V3LYP/сс-pVTZ найдены 4 конформера молекулы 2-нитробензолсульфонамида, в двух из которых образуется внутримолекулярная водородная связь. В кристаллическом 2-НБСА имеются межмолекулярные водородные связи, которые разрушаются при переходе «кристалл—газ». Межмолекулярные Н-связи в кристалле сильнее, чем внутримолекулярные водородные связи в свободных молекулах.

**Ключевые слова:** 2-нитробензолсульфонамид, квантовая химия, конформер, молекулярная структура.

*Н. И. Гиричева, А. В. Бардина, Ю. С. Медведева*

### **ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП НА ЧИСЛО КОНФОРМЕРОВ МОЛЕКУЛ НИТРОЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ**

Расчеты V3LYP/сс-pVTZ предсказывают существование одного конформера молекулы бензолсульфокислоты (БСК), одного конформера молекулы 4-нитробензолсульфокислоты (4-НБСК), двух конформеров молекулы 3-нитробензолсульфокислоты (3-НБСК), пяти конформеров молекулы 2-нитробензолсульфокислоты (2-НБСК). Один из пяти конформеров молекулы 2-НБСК стабилизирован внутримолекулярной водородной связью между атомом Н группы ОН и атомом О группы NO<sub>2</sub>.

**Ключевые слова:** бензолсульфокислота, нитрозамещенные бензолсульфокислоты, конформер, квантовая химия, молекулярная структура, заместитель.

*Е. А. Лапыкина, Н. И. Гиричева*

### **ВЫБОР БАЗИСА ДЛЯ РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОЛЕКУЛ ТРИЙОДИДОВ ЛАНТАНОИДОВ**

Имеющиеся к настоящему времени результаты квантово-химических расчетов не воспроизводят экспериментальные величины межъядерных расстояний Ln-I в молекулах трийодидов лантаноидов. Нами выполнено исследование и найдено оптимальное сочетание «метод-базис», которое позволяет воспроизвести длины связей в молекулах LnI<sub>3</sub>.

**Ключевые слова:** трийодиды лантаноидов, квантово-химические расчеты, частоты колебаний, геометрические параметры.

*А. В. Казак, Н. В. Усольцева, В. В. Быкова, А. С. Семейкин, С. Г. Юдин*

### **СТРУКТУРА ПЛАВАЮЩИХ СЛОЕВ МЕЗОЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПОРФИНА**

С целью исследования влияния особенностей молекулярной структуры на мезоморфизм и надмолекулярную упаковку в тонких пленках производных порфина, изучено 2 новых мезозамещенных тетрафенилпорфина с замещением ( $-OC_4H_9$ ) в *пара*- или *орто*позициях. Изучены мезоморфизм объемных образцов, зависимость от структуры порфиринов и положения заместителей. Показано влияние положения заместителей на надмолекулярную организацию мезозамещенных порфиринов в тонких пленках.

**Ключевые слова:** производные порфина, жидкокристаллические свойства, структура, пленки Ленгмюра — Блоджетт.

*В. М. Петров, В. Н. Петрова, С. Н. Иванов*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ 2-НАФТАЛИНСУЛЬФОНИЛХЛОРИДА**

Выполнено совместное электронографическое и квантово-химическое исследование строения молекулы 2-нафталинсульфонилхлорида (2-НСХ). В газовой фазе 2-НСХ присутствует в виде двух устойчивых конформеров с различным расположением связи S-Cl относительно плоскости нафталиновых колец.

**Ключевые слова:** 2-нафталинсульфонилхлорид, конформер, молекулярная структура, внутреннее вращение, потенциальные функции, газовая электронография, квантовая химия, масс-спектрометрия.

*Е. Н. Крылов*

### **СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЗАРЯДАМИ НА АТОМАХ ЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОЛА И КОНСТАНТАМИ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ ПО ГАММЕТУ И ГАММЕТУ — БРАУНУ**

Проведен расчет атомных зарядов в моно- и дизамещенных бензола в рамках схем Малликена и NBO, а также на основе методов CHelpG и МК, основанных на электростатическом потенциале. Показано, что корреляции по

Гаммету и Гаммету — Брауну могут иметь место только в отдельных случаях, а качество этих соотношений весьма зависит от уровня теоретического метода и размера базиса при квантовохимическом расчете.

**Ключевые слова:** моно- и дизамещенные бензола, квантовохимический расчет, схема Малликена, NBO, CNelpG, Merz-Kollman, корреляции по Гаммету и Гаммету — Брауну.

*М. В. Ключев, М. Г. Абдуллаев, З. Ш. Абдуллаева*

#### **МЕТАЛЛОПОЛИМЕРЫ В СИНТЕЗЕ ДИКАИНА**

Показано, что дикаин можно получить в одну стадию из этилового эфира п-нитробензойной кислоты, совмещая реакции гидрирования, гидроаминирования и переэтерификации. Выход дикаина составляет до 94 %.

**Ключевые слова:** катализ, дикаин, гидрирование, гидрогенизационное аминирование, переэтерификация, металлполимерные катализаторы.

*Л. В. Курицын*

#### **К РАСЧЕТУ СТАТИСТИЧЕСКОГО ФАКТОРА В КИНЕТИКЕ РЕАКЦИЙ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Обсуждаются уравнения для расчета статистических факторов в кинетике полифункциональных соединений. Показано, что статистические факторы могут быть меньше или больше единицы и зависят от числа функциональных групп реагентов.

**Ключевые слова:** статистический фактор, кинетика.

*А. А. Зайцев, В. Н. Афанасьев, М. А. Безумова*

#### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕТОЧНЫХ СИСТЕМ К ТЕОРИИ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ**

Путем применения методов решеточных систем к теории вязкости показана согласованность подходов Эйринга и Бачинского. Получено выражение для вязкости жидкостей, в которых взаимодействие молекул описывается потенциалом Леннарда — Джонса. Проведена проверка выведенной формулы для вязкости, показавшая хорошее совпадение теории и опыта.

**Ключевые слова:** внутреннее трение, решеточная теория, жидкость, статистическая сумма.

*М. И. Давидзон*

#### **О ЗАКОНЕ ОХЛАЖДЕНИЯ НЬЮТОНА — РИХМАНА**

Показано, что закон охлаждения Ньютона — Рихмана является математической моделью для приближенного описания теплообмена тела с окружающей средой неизменной температуры. При этих условиях он становится следствием закона Фурье. Обращено внимание на границы справедливости

закона. Показана некорректность использования этой модели для расчета конвективного теплообмена в каналах.

**Ключевые слова:** Ньютон, Рихман, коэффициент теплообмена, конвективный теплообмен.

*Д. Н. Азаров*

#### **О ПОЧТИ АППРОКСИМИРУЕМОСТИ КОНЕЧНЫМИ $p$ -ГРУППАМИ АБЕЛЕВЫХ ГРУПП**

Для абелевой группы получено необходимое и достаточное условие почти аппроксимируемости конечными  $p$ -группами.

**Ключевые слова:** абелева группа, почти аппроксимируемость конечными  $p$ -группами.

*А. С. Белов*

#### **НЕУЛУЧШАЕМОСТЬ НЕКОТОРЫХ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ УСЛОВИЙ РАВНОМЕРНОЙ СХОДИМОСТИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА**

Доказывается неулучшаемость полученных ранее достаточных условий на коэффициенты тригонометрического ряда для равномерной сходимости (ограниченности) его частных сумм.

**Ключевые слова:** тригонометрические ряды, равномерная сходимость.

*М. Ю. Гайворонская, Е. В. Соколов*

#### **О ФИНИТНОЙ ОТДЕЛИМОСТИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ПОДГРУПП HNN-РАСШИРЕНИЙ ГРУПП**

В случае, когда HNN-расширение  $G$  удовлетворяет хорошо известному фильтрационному условию, получен критерий финитной отделимости циклической подгруппы группы  $G$ . Найдены также некоторые достаточные условия максимальности семейства финитно отделимых циклических подгрупп группы  $G$ , имеющие место при различных ограничениях, накладываемых на эту группу.

**Ключевые слова:** финитно аппроксимируемые группы, финитно отделимые подгруппы, циклические подгруппы HNN-расширения групп.

*Ю. В. Груздева, С. В. Пухов*

#### **ПАРЕТО-ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫПУКЛЫХ ЗАДАЧ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

Получены необходимые и достаточные условия для слабого Парето-оптимального решения в выпуклой задаче векторной оптимизации.

**Ключевые слова:** упорядоченное векторное пространство, положительный конус, векторная оптимизация, минимум по Парето.

*Е. Д. Логинова, Д. И. Молдаванский*

### **О ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПОДГРУПП КОНЕЧНОГО ИНДЕКСА В СВОБОДНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ГРУПП С КОММУТИРУЮЩИМИ ПОДГРУППАМИ**

Для произвольной группы, являющейся свободным произведением двух групп с коммутующими подгруппами, найдено описание пересечения всех нормальных подгрупп конечного индекса.

**Ключевые слова:** финитная аппроксимируемость, свободное произведение групп (с коммутующими подгруппами), проконечное замыкание, нормальное замыкание.

*Д. И. Молдаванский*

### **О ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПОДГРУПП КОНЕЧНОГО $p$ -ИНДЕКСА В ГРУППАХ БАУМСЛАГА — СОЛИТЭРА**

Для групп с одним определяющим соотношением, составляющих семейство групп Баумслэга — Солитэра, дано описание пересечения подгрупп конечного  $p$ -индекса. В качестве следствия получено новое доказательство известного критерия аппроксимируемости групп этого семейства конечными  $p$ -группами.

**Ключевые слова:** группы Баумслэга — Солитэра, аппроксимируемость конечными  $p$ -группами, нормальное замыкание.

*С. И. Хашиш*

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Предлагается метод нахождения численной оценки качества алгоритма сегментации изображения. Алгоритм оценивается двумя числами: средним размером сегмента и долей «неправильных» точек. Приводятся оценки качества сегментации для трех различных несложных алгоритмов сегментации: на квадраты, с помощью триангуляции Делоне и через «кристаллизацию».

**Ключевые слова:** сегментация изображений.

*Н. И. Яцкин*

### **К ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКЕ АППРОКСИМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРУПП, СВЯЗАННЫХ С ВЕРБАЛЬНЫМИ ПОДГРУППАМИ**

Вводится и изучается понятие вербально финитно аппроксимируемой (относительно некоторого многообразия групп) группы.

**Ключевые слова:** многообразие групп, вербальная подгруппа, маргинальная подгруппа, аппроксимант, вербальная финитная аппроксимируемость, вербальная финитная отделимость.

# SUMMARIES

---

*V. A. Isaev*

## **MOSQUITOES (DIPTERA, CULICIDAE) OF CULEX PIPIENS COMPLEX (DIPTERA, CULICIDAE) IN UPPER VOLGA REGION**

The questions of the identification Culex pipiens complex (Diptera, Culicidae) in Upper Volga region by means of various methods were analysed.

**Key words:** Culex pipiens, Culex torrentium.

*V. N. Zaripov, M. O. Barinova*

## **FEATURES ELECTROENCEPHALOGRAMM OF STUDENTS WITH DIFFERENT TYPES OF TEMPERAMENT IN THE COURSE EDUCATIONAL PROCESS**

The aim of the studying was to investigate of specific changes of the electroencephalographic parameters of students by influence of preexamination week and examinations. On the bases of our researching we have established that the features of electroencephalographic parameters depend on the tape of temperament of student's organism.

**Key words:** electroencephalography (EEG), temperament types, test week, passing examinations.

*S. Ye. Lvov, V. N. Zaripov, V. I. Shapin, A. F. Bogomolov*

## **COMPLEX RESEARCHES OF INFLUENCE OF THE LOCAL RESONANT VIBRATION ON BIOLOGICAL SYSTEMS IN THE INTERUNIVERSITY RESEARCH LABORATORIES «BIOMECHANICS»**

Results of joint scientific works of employees of high schools of Ivanovo city on working out of new methods and diagnostic aids and treatments of diseases and traumas of oporno-impellent system on the basis of complex researches of influence of local resonant vibration on biological systems are presented.

**Key words:** interuniversity cooperation, resonant vibration, human physiology, biomechanics of oporno-impellent system.

*D. N. Voronin, Yu. A. Zvonaryova, M. G. Kravchenko, I. S. Momont*

**CREATION OF «PHARMACEUTICAL KITCHEN-GARDEN»  
ON THE BASIS OF BOTANICAL GARDEN  
OF IVANOVO STATE UNIVERSITY**

In the exposition «Pharmaceutical kitchen-garden» on the territory of botanical garden of Ivanovo University in 2009 there have been noted 46 species of higher vascular plants referring to 24 families of which the most numerous ones by the number of species is Lamiaceae. A systematic, biomorphological and geographical analysis of flora has been carried out.

**Key words:** herbs, Pharmaceutical kitchen-garden, botanical garden of Ivanovo University.

*Ye. Yu. Egorova, V. V. Chemodanov, Ye. Ye. Krasnova,  
V. I. Demidov, A. P. Belyakov*

**MORPHOLOGICAL INDICATORS OF CHRONIC GASTRODUODENTIS  
AMONG THE CHILDREN OF THE SCHOOL AGE**

After inspection of 225 children with chronic gastroduodenitis it is established that with increase of age of these patients erythematosis and erosive forms of an inflammation of a mucous membrane of a stomach and a duodenal gut is met more often.

**Key words:** chronic gastroduodenitis, an inflammation of a membrane of a stomach and a duodenal gut.

*Yu. I. Bazhenov*

**STRESS AND BARRIER FUNCTIONS OF THE ORGANISM**

The modern situation of stress problem and its influence on the health of a person is considered. Some defending reaction of organism and mechanisms which make less the pathological influence of stress on organism are analyzed.

**Key words:** stress, organism, hypothalamus, hypophysis.

*N. I. Giricheva, Yu. S. Medvedeva, A. V. Bardina*

**CHANGE OF HYDROGEN BOND CHARACTER  
IN «CRYSTAL — GAS» TRANSITION  
IN 2-NITROBENZENESULFONAMIDE**

Four conformers of 2-nitrobenzenesulphonamide molecule were found by B3LYP/cc-pVTZ method. Two conformers have intermolecular hydrogen bond. In crystal of this compound intramolecular hydrogen bonds are present, which are broken with «crystal — gas» transition. Intramolecular hydrogen bonds in crystal are stronger than intermolecular hydrogen bonds in free molecules.

**Key words:** 2-nitrobenzenesulphonamide, quantum chemical calculations, molecular structure.

*N. I. Giricheva, A. V. Bardina, Yu. S. Medvedeva*

### **EFFECT OF FUNCTIONAL GROUPS RELATIVE POSITION ON THE NUMBER OF CONFORMERS OF NITROSUBSTITUTE FOR BENZENESULPHONIC ACID MOLECULES**

Theoretical computations B3LYP/cc-pVTZ predict the existence of one conformer of benzenesulphonic acid (BSA), one conformer of 4-nitrobenzenesulphonic acid (4-NBSA), two conformers of 3-nitrobenzenesulphonic acid (3-NBSA), and five conformers of 2-nitrobenzenesulphonic acid (2-NBSA). One of the five conformers of 2-NBSA is stabilized by intermolecular hydrogen bond between H atom in OH group and O atom in NO<sub>2</sub> group.

**Key words:** benzenesulphonic acid, nitrosubstitute for benzenesulphonic acid, conformer, quantum chemistry, molecular structure, substitute.

*Ye. A. Lapykina, N. I. Giricheva*

### **THE CHOICE OF BASIS SET FOR GEOMETRY PARAMETERS OF LANTHANIDES TRIODEDES MOLECULES CALCULATIONS**

At present time experimental values of Ln-I internuclear distances of lanthanides triodedes molecules couldn't reproduce by quantum-chemical calculations. We found optimal combinations of method/basis set, which allowed calculate bond lengths Ln-I of LnI<sub>3</sub> with split-hair accuracy.

**Key words:** lanthanide triiodides, quantum chemical calculations, vibration frequencies, geometrics parameters.

*A. V. Kazak, N. V. Usoltseva, V. V. Bykova, A. S. Semeykin, S. G. Yudin*

### **THE STRUCTURE OF FLOATING LAYERS OF MESOSUBSTITUTED PORPHYRINE DERIVATIVES**

Two new *meso*substituted tetraphenylporphyrines with substitution in *para*- or *ortho*positions (–OC<sub>4</sub>H<sub>9</sub>) were studied with the aim of investigation of the influence of molecular structure peculiarities on mesomorphism and supramolecular packing in the thin films. Bulk samples' mesomorphism and its dependence of porphyrine structure and substituent position was studied. The influence of substituent position on supramolecular organization of *meso*substituted porphyrines in thin films was shown.

**Key words:** porphyrine derivatives, liquid crystal properties, structure, Langmuir — Blodgett films.

*V. M. Petrov, V. N. Petrova, S. N. Ivanov*

### **STUDY OF 2-NAPHTHALENE SULFONYL CHLORIDE MOLECULE STRUCTURE**

A combined gas-phase electron diffraction and quantum chemical study of the structure of the 2-Naphthalene sulfonyl chloride (2-NSCl) molecule is performed. At a gas phase 2-NSCl is present as two stable conformers with a various arrangement of the bond S-Cl relative to a plane of naphthalenic rings.

**Key words:** 2-Naphthalene sulfonyl chloride, conformer, molecular structure, internal rotation, potential functions, gas-phase electron diffraction, quantum chemistry, mass-spectrometry.

*Ye. N. Krylov*

#### **CORRELATION BETWEEN CHARGE ON ATOMS IN SUBSTITUTED BENZENES AND DEPUTY CONSTANTS ON GAMMET AND GAMMET — BROWN-EQUATIONS**

The calculation of atomic charges in mono- and disubstituted benzenes within the framework of schemes Mulliken and NBO, as well as on base of the methods CHelpG and MK founded on electrostatic potential are carry out. It is shown that correlations on Gammet and Gammet — Brown-equations can exist only in separate events, but quality of these correlations very depends on level of the theoretical method and size of the base at quantum chemistry calculations.

**Key words:** mono- and disubstituted benzenes, quantum chemistry calculation, scheme of Mulliken, NBO, CHelpG, Merz-Kollman, correlations on Gammet and Gammet — Brown.

*M. V. Klyuev, M. G. Abdullayev, Z. Sh. Abdullayeva*

#### **METALPOLYMER CATALYSTS IN DICAIN SYNTHESIS**

It is shown that dicain can be synthesized in one stage from ethyl ester of p-nitrobenzoic acid by combining hydrogenation, hydroamination and transesterification reactions. Dicain yield is up 94 %.

**Key words:** catalysis, dicain, hydrogenation, hydroamination, transesterification, metalpolymer catalysts.

*L. V. Kuritsyn*

#### **TO THE CALCULATIONS OF STATISTICAL FACTOR IN THE KINETICS OF REACTIONS IN POLYFUNCTIONAL COMPOUNDS**

The equations for the calculations of statistical factors in the kinetics of polyfunctional reagents have been discussed. It is shown that statistical factors may be more or less the unity and depends of the number of functional groups in the reagents.

**Key words:** statistical factors, kinetic.

*A. A. Zaitsev, V. N. Afanasyev, M. A. Bezumova*

#### **USING LATTICE METHODS IN SOLUTION THEORY VISCOSITY OF LIQUIDS**

By use methods lattice system in the case theory of viscosity was indicate consistency approaches Eyring and Bachinskiy. The expression of viscosity of liquids, with molecular interaction to circumscribe by potential of Lennard — Johns.

The check of mathematic formula which was obtained for viscosity, give nice coincidence theory and experience.

**Key words:** internal friction, lattice theory, fluid, sum of state.

*M. I. Davidzon*

#### **ABOUT THE LAW OF COOLING BY NEWTON — RIKHMAN**

It is shown, that the law of cooling by Newton — Rikhman is a mathematical model for the approached description of heat exchange of the body with the environment of invariable temperature. Under these conditions it turns out to be the consequence the Furier law. The attention is paid to the borders of justice of Newton — Rikhman law. The incorrectness of the use of this model for calculating the convective heat exchange in channels is shown.

**Key words:** Newton, Rikhman, heat-transfer coefficient, heat transfer by convection.

*D. N. Azarov*

#### **ON THE VIRTUAL RESIDUALITY A FINITE $P$ -GROUPS OF ABELIAN GROUPS**

For abelian groups the necessary and sufficient condition to be virtually residually a finite  $p$ -group is obtained.

**Key words:** abelian group, virtually residually a finite  $p$ -group.

*A. S. Belov*

#### **UNIMPROVABILITY CERTAIN COEFFICIENT CONDITIONS FOR UNIFORM CONVERGENCE OF TRIGONOMETRICAL SERIES**

Unimprovability obtained earlier sufficient conditions on coefficients of trigonometrical series for uniform convergence (boundedness) its partial sums is proved.

**Key words:** trigonometrical series, uniform convergence.

*M. Yu. Gaivoronskaya, Ye. V. Sokolov*

#### **ON THE SEPARABILITY OF CYCLIC SUBGROUPS IN HNN-EXTENSIONS OF GROUPS**

Let  $G$  be an HNN-extension and let  $S$  be the family of all finitely separable cyclic subgroups of  $G$ . The criteria for a cyclic subgroup of  $G$  to be in  $S$  is obtained in the case when group  $G$  satisfies the well-known filtrational condition. Certain sufficient conditions of the maximality of  $S$  are found also which take place under various restrictions on group  $G$ .

**Key words:** residually finite groups, separable subgroups, cyclic subgroups, HNN-extensions of groups.

*Yu. V. Gruzdeva, S. V. Puhov*

**PARETO OPTIMAL SOLUTIONS  
IN CONVEX VECTOR OPTIMIZATION PROBLEMS**

The necessary and sufficient conditions for the weak Pareto-optimal solutions in the convex vector optimization problems are obtained.

**Key words:** partially ordered vector space, positive cone, vector optimization, Pareto minimum, Lagrange's function, saddle point, core of a set.

*Ye. D. Loginova, D. I. Moldavanskii*

**ON THE INTERSECTION OF FINITE INDEX SUBGROUPS  
IN FREE PRODUCTS OF GROUPS WITH COMMUTING SUBGROUPS**

For any group that is a free product of two groups with commuting subgroups the description of the intersection of all finite index normal subgroups is found.

**Key words:** residual finiteness, free product of groups (with commuting subgroups), profinite closure, normal closure.

*D. I. Moldavanskii*

**ON THE INTERSECTION OF SUBGROUPS OF FINITE  $p$ -INDEX  
IN BAUMSLAG — SOLITAR GROUPS**

For any one-relator group from the family of Baumslag — Solitar groups the description of the intersection of all subgroups of finite  $p$ -index is given. As a corollary a new proof of the known criterion of residuality a finite  $p$ -group of Baumslag — Solitar groups is obtained.

**Key words:** Baumslag — Solitar groups, residuality a finite  $p$ -group, normal closure.

*S. I. Hashin*

**THE ESTIMATION OF QUALITY OF SEGMENTATION OF THE MAP**

The method for finding a numerical estimation of quality of algorithm of segmentation of the map is offered. The algorithm is estimated by two numbers: the average size of a segment and the proportion of «incorrect» points. Assess the quality of segmentation for three various simple algorithms for the segmentation: on the squares, using Delaunay triangulation and through «crystallization».

**Key words:** image segmentations.

*N. I. Yatskin*

**ON THE TOPOLOGICAL INTERPRETATION OF SOME RESIDUAL  
GROUP PROPERTIES, ASSOCIATED WITH VERBAL SUBGROUPS**

The concept of a group being verbally residually finite (with respect to some variety of groups) is introduced and investigated.

**Key words:** variety of groups, verbal subgroup, marginal subgroup, residual, verbally residually finite group, verbally separable subgroup.

## Сведения об авторах

---

- АБИЛЬМАГЖАНОВ** кандидат химических наук,  
**Арлан Зайнуталлаевич** ведущий научный сотрудник,  
АО «Институт органического катализа  
и электрохимии им. Д. В. Сокольского».  
ioce.kz@gmail.com
- АЗАРОВ** кандидат физико-математических наук,  
**Дмитрий Николаевич** доцент кафедры алгебры  
и математической логики,  
Ивановский государственный университет.  
azarov@ivanovo.ac.ru
- АЙГУБОВ** старший преподаватель  
**Нариман Магомедович** кафедры физической культуры  
и безопасности жизнедеятельности,  
Ивановский государственный университет.  
bunek@inbox.ru
- АЛЕКСИН** кандидат медицинских наук,  
**Юрий Иванович** доцент кафедры физической культуры  
и безопасности жизнедеятельности,  
Ивановский государственный университет.  
egorovaevgenya@inbox.ru
- АЛТЫНБЕКОВА** кандидат химических наук,  
**Куляш Анесовна** ведущий научный сотрудник,  
АО «Институт органического катализа  
и электрохимии им. Д. В. Сокольского».  
kulaltyn@mail.ru
- АУЕЗХАНОВА** младший научный сотрудник, АО «Инсти-  
**Асемгуль Сейтхановна** тут органического катализа и электрохимии  
им. Д. В. Сокольского».  
a.assemgul@mail.ru
- БАРИНОВА** кандидат биологических наук, доцент  
**Марина Олеговна** кафедры физиологии человека и животных,  
Ивановский государственный университет.  
nauka@list.ru
- БЕЛОВ** доктор физико-математических наук,  
**Александр Сергеевич** профессор кафедры математического анализа,  
Ивановский государственный университет.  
asbelov@ivanovo.ac.ru

- БЕЛЯКОВА** студентка 5-го курса  
**Марина Владимировна** биолого-химического факультета,  
Ивановский государственный университет  
marinebelka@mail.ru
- БЕЛЯКОВ** кандидат медицинских наук, доцент  
**Александр Петрович** кафедры физической культуры  
и безопасности жизнедеятельности,  
Ивановский государственный университет.  
(4932) 37-41-44
- БОРИСОВА** директор ботанического сада,  
**Ирина Николаевна** Ивановский государственный университет.  
irina-bot-sad@yandex.ru
- ГОЛЬЦОВ** студент магистратуры  
**Дмитрий Владимирович** математического факультета,  
Ивановский государственный университет.  
goltsov\_89@mail.ru
- ДАВИДЗОН** кандидат технических наук,  
**Михаил Иосифович** профессор кафедры общей физики  
и методики преподавания,  
Ивановский государственный университет.  
davese@mail.ru
- ДОРОШЕНКО** кандидат педагогических наук, профессор,  
**Александр Лукьянович** зав. кафедрой физической культуры  
и безопасности жизнедеятельности,  
Ивановский государственный университет  
aldoro1@yandex.ru
- ЕГОРОВА** кандидат медицинских наук, доцент  
**Евгения Юрьевна** кафедры физической культуры  
и безопасности жизнедеятельности,  
Ивановский государственный университет.  
egorovaevgenya@inbox.ru
- ЖАКСИБАЕВА** докторант, АО «Институт органического  
**Айгерим Мелдебековна** катализа и электрохимии  
им. Д. В. Сокольского».  
ioce.kz@gmail.com
- ЖАРМАГАМБЕТОВА** доктор химических наук, профессор,  
**Алима Кайнекеевна** зав. лабораторией, АО «Институт органиче-  
ского катализа и электрохимии  
им. Д. В. Сокольского».  
zhalima@mail.ru
- ЖУМАКАНОВА** научный сотрудник, АО  
**Ардак Сыдыковна** «Институт органического катализа  
и электрохимии им. Д. В. Сокольского».  
ioce.kz@gmail.com

- ЗАРИПОВ**  
**Владимир Николаевич** кандидат биологических наук, зав. кафедрой физиологии человека и животных, Ивановский государственный университет.  
zaripov@ivanovo.ac.ru
- ЗУБАНОВА**  
**Евгения Александровна** аспирантка кафедры органической и биологической химии, Ивановский государственный университет.  
evgesha-kuzka@mail.ru
- ИВАНОВА**  
**Елена Александровна** кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгебры и математической логики, Ивановский государственный университет.  
ea-ivanova@mail.ru
- ИВАНОВА**  
**Юлия Михайловна** аспирантка кафедры органической и биологической химии, Ивановский государственный университет.  
matilda510@mail.ru
- ИСАЕВ**  
**Владимир Анатольевич** доктор биологических наук, зав. кафедрой зоологии, Ивановский государственный университет.  
viam\_e@mail.ru
- КЛЮЕВ**  
**Михаил Васильевич** доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой органической и биологической химии, декан биолого-химического факультета, Ивановский государственный университет.  
klyuev@inbox.ru
- КОЛЕСНИКОВ**  
**Сергей Викторович** доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа, Ивановский государственный университет.  
a\_v\_wheel@mail.ru
- КРАСНОВА**  
**Елена Евгеньевна** доктор медицинских наук, доцент кафедры детских болезней лечебного факультета, Ивановская государственная медицинская академия.  
Krasnova-ee@mail.ru
- КРЫЛОВ**  
**Евгений Николаевич** доктор химических наук, профессор кафедры органической и биологической химии, Ивановский государственный университет.  
enk2005@rambler.ru

- ЛОГИНОВА** кандидат физико-математических наук,  
**Елена Давидовна** доцент кафедры алгебры  
и математической логики,  
Ивановский государственный университет.  
loginova@ivanovo.ac.ru
- ЛЮТКОВА** студентка 5-го курса  
**Екатерина Александровна** биолого-химического факультета,  
Ивановский государственный университет.  
katrin\_lyutik@mail.ru
- МАГДАЛИНОВА** кандидат химических наук,  
**Наталья Александровна** инженер кафедры органической  
и биологической химии,  
Ивановский государственный университет.  
mn2408@mail.ru
- МАСЕНОВА** доктор химических наук, зав. лабораторией,  
**Алма Тулегеновна** АО «Институт органического катализа и  
электрохимии им. Д. В. Сокольского».  
almasenova@mail.ru
- МИНЕЕВА** кандидат педагогических наук, доцент,  
**Лариса Юрьевна** зав. кафедрой общей биологии и ботаники,  
Ивановский государственный университет.  
e-mail lmin1@mail.ru
- МОЛДАВАНСКИЙ** доктор физико-математических наук,  
**Давид Ионович** профессор, зав. кафедрой алгебры  
и математической логики,  
Ивановский государственный университет.  
moldav@mail.ru
- ОСИПОВ** аспирант кафедры органической  
**Николай Николаевич** и биологической химии,  
Ивановский государственный университет.  
nicolay-00@yandex.ru
- РАМАЗАНОВ** кандидат химических наук,  
**Джамалутдин** научный сотрудник,  
**Наджмутдинович** Институт нефтехимического синтеза РАН  
ramazanov-d@mail.ru
- РОЗОВ** аспирант кафедры алгебры  
**Алексей Вячеславович** и математической логики,  
Ивановский государственный университет.  
post-box023@mail.ru
- СКВОРЦОВА** ведущий инженер ботанического сада,  
**Ольга Евгеньевна** Ивановский государственный университет.  
Skvortsova.2010@mail.ru

- СОКОЛОВ Евгений Викторович** кандидат физико-математических наук, доцент кафедры вычислительной и прикладной математики, Ивановский государственный университет. ev-sokolov@yandex.ru
- СОКОЛОВ Евгений Евгеньевич** кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры и безопасности жизнедеятельности, Ивановский государственный университет. sokolov\_evgen\_62@mail.ru
- ТУРТИН Дмитрий Витальевич** старший преподаватель, доцент кафедры вычислительной и прикладной математики, Ивановский государственный университет. turtin@mail.ru
- ХАШИН Сергей Иванович** кандидат физико-математических наук, доцент кафедры алгебры и математической логики, Ивановский государственный университет. khash2@mail.ru
- ЧЕМОДАНОВ Вадим Владимирович** доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой детских болезней лечебного факультета, Ивановская государственная медицинская академия. 1@com.ivanovo.ru
- ЧЕСНОКОВ Владимир Викторович** доктор химических наук, Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН, г. Новосибирск chesn@catalysis.ru
- ЧИЧКАНЬ Александра Сергеевна** аспирантка, Новосибирский государственный технический университет. AlexCsh@yandex.ru
- ЯЦКИН Николай Иванович** кандидат физико-математических наук, профессор кафедры алгебры и математической логики, Ивановский государственный университет. nijya@mail.ru

# ЮБИЛЕИ

---

## Сергей Васильевич СМИРНОВ

### К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ



Учитель! Перед именем твоим  
Позволь смиренно преклонить колени...

*Н. А. Некрасов*

18 февраля 2011 года исполнилось 100 лет со дня рождения видного педагога и математика, профессора Ивановского государственного университета Сергея Васильевича Смирнова.

Сергей Васильевич родился в г. Рузе Московской губернии в семье учителей. Его жизнь и творчество представляют собой «триумвират» трех «У»: «Ученик», «Ученый», «Учитель», потому что эти периоды становления творческой личности не следовали один за другим, а с юных лет взаимопроникали друг в друга.

Из-за тяжелой болезни он не мог регулярно посещать школу, однако сумел не только самостоятельно освоить школьную программу, но и, уже работая учителем в одном из ФЗУ г. Ржева, изучил университетский курс математики. Таким образом, сочетая в себе «Учителя» и «Ученика» (а ему приходилось быть в этой ситуации учителем самому себе), Сергей Васильевич в 1934 году успешно выдержал вступительные экзамены в аспирантуру НИИ математики МГУ, несмотря на то что не имел документа о высшем образовании (к счастью, в те времена это было возможно). Научным руководителем С. В. Смирнова стал профессор (впоследствии академик) С. Л. Соболев.

В этот период началось становление С. В. Смирнова как ученого, при этом «Ученик» и «Учитель» не уходили на задний план, а продолжали свое развитие.

Огромное влияние на формирование широты научных интересов и будущих энциклопедических знаний Сергея Васильевича оказала его дружба с А. Н. Колмогоровым и товарищами по аспирантуре, впоследствии академиками, А. И. Мальцевым и Б. В. Гнеденко. И хотя его соб-

ственные научные исследования того времени были связаны с дифференциальными уравнениями, он живо интересовался тем, чем занимались его друзья, и это получило свое развитие в последующих исследованиях. Так, много лет спустя он увидит возможность построения теории равномерных приближений на основе локальной теоремы Гёделя — Мальцева, доказанной А. И. Мальцевым как раз в те годы.

В сентябре 1937-го Сергей Васильевич начал работать в Ивановском педагогическом институте. С этих пор его прирожденное качество Учителя окончательно превратилось в профессию.

Деятельность С. В. Смирнова как ученого отличалась широтой интересов. Он является автором многочисленных работ по самым различным разделам математики: теории аппроксимации, теоретической номографии, дифференциальным уравнениям, геометрии, логике, нестандартному анализу, истории математики. Его диссертация «О номографируемости уравнений», защищенная в 1950 году, и значительная часть последующих работ посвящены центральным проблемам теоретической номографии — вопросам общей анаморфозы и единственности невырожденной номограммы из выровненных точек. Совместно с М. К. Потаповым им разработаны методы приближенного номографирования. В нестандартном анализе Сергей Васильевич обнаружил возможность построения теории равномерных приближений на основе локальной теоремы Гёделя — Мальцева и получил на этом пути как обобщения классических теорем, так и некоторые новые теоремы теории аппроксимации.

Нередко творчески работающие математики, ведя преподавание в вузе, сталкиваются с проблемой, как поделить свои силы, время, энергию между преподавательской деятельностью и чисто научными занятиями. У Сергея Васильевича такого рода проблемы решались всегда однозначно: требования высочайшего уровня для своих учебных занятий, факультетские дела, заботы об учениках (аспирантах, студентах, школьниках) отодвигали подготовку собственной статьи, написание своей диссертации «на потом», на оставшееся время.

Говоря о редком таланте Учителя, которым обладал Сергей Васильевич, хочется обратить внимание на еще один момент. За свою долгую профессиональную жизнь он перечитал почти все вузовские математические курсы. Много раз вел математический анализ. Но ни разу не повторил курс, прочитанный ранее. Всегда это были в чем-то новый подход, иное доказательство теорем и, уж конечно, новая подборка задач. Порой новая идея доказательства рождалась прямо на лекции, и тогда студенты становились как бы ее соавторами. И это было удивительное, ни с чем не сравнимое ощущение радости открытия.

Его лекции отличались богатством содержания, ему всегда удавалось сочетать в них высокий научный уровень с доходчивостью, связать материал с другими областями научного знания, со школьной математикой.

«Триумvirатом» трех «У» не исчерпывается богатство личности Сергея Васильевича Смирнова. Ему всегда была присуща твердая гражданская позиция, и она проявлялась во всех аспектах его деятельности.

Неоценим вклад С. В. Смирнова в развитие математического факультета. Он принимал активное участие в становлении факультета в предвоенные годы. Во время войны Сергей Васильевич был деканом факультета (1942—1944 гг.), впоследствии — заведующим кафедрой. И, независимо от должности, всегда оставался активнейшим участником всех факультетских дел — как научного характера, так и организацион-

ных. Участие Сергея Васильевича во многих съездах, конференциях, семинарах как в нашей стране, так и за рубежом, контакты с математиками Московского, Новосибирского университетов, Вычислительного центра Академии наук СССР позволяли ему быть постоянно в курсе новых идей, научных и методических, и обогащать ими факультет. Под руководством Сергея Васильевича и при самом активном его участии на факультете проводились республиканские конференции и семинары, в частности «Современные проблемы номографии», а также постоянно издавались научные сборники.

В период становления математического факультета как подразделения университета Сергей Васильевич занимался разработкой программы специализации «Теория функций и функциональный анализ», читал массу новых курсов, которых не было в пединститутских учебных планах.

Проявляя глубокий интерес к развитию математического просвещения, С. В. Смирнов принимал активное участие в разработке программ для средней школы и педагогических институтов. В течение ряда лет он состоял в Комиссии по математическому образованию АН СССР, в Методической комиссии по математике Министерства просвещения РСФСР, в президиуме Методической комиссии по математике Министерства просвещения СССР.

В 1959 году по инициативе С. В. Смирнова при Ивановском педагогическом институте была создана одна из первых в стране юношеских математических школ. Многие годы он был ее бессменным руководителем и ведущим преподавателем. Выпускники этой школы, как правило, становились впоследствии самостоятельными работниками в области математики и смежных с ней наук.

В 1964 году под руководством Сергея Васильевича в Иванове был открыт филиал заочной математической школы при МГУ. При его активном участии проходили городские и областные математические олимпиады школьников, по его инициативе в 1968 году была организована летняя республиканская физико-математическая школа на Рубском озере, ставшая образцом для такого рода школ и знаменитая еще и тем, что в ее работе принимал участие академик А. Н. Колмогоров. Сергей Васильевич систематически вел занятия в школах с математическим уклоном, читал лекции для учителей г. Иванова и Ивановской области.

Исключительно велика роль С. В. Смирнова в становлении вычислительных центров г. Иванова. Под его руководством в 1962 году группа студентов педагогического института и учащихся ЮМШ сделала первые попытки применения математических методов при составлении оптимальных планов работы ивановских текстильных фабрик. Лекции Сергея Васильевича на курсах повышения квалификации работников текстильной промышленности положили начало широкому применению экономико-математических методов в планировании и управлении текстильными предприятиями города и области. Сергей Васильевич был инициатором введения курса вычислительной математики и программирования в учебный план педагогических институтов, разработал и первым в нашем вузе прочел этот курс. Как раз в этот период факультет начал оснащаться современной вычислительной техникой и первая партия ЭВМ была передана Совнархозом пединституту в дар как благодарность за цикл лекций по математическим методам в экономике, прочитанный Сергеем Васильевичем.

Талант математика, педагогическое мастерство и личное обаяние привлекали к С. В. Смирнову многочисленных учеников. Он не оставлял без внимания ни одного способного школьника или студента. Как правило, это имело большое значение для молодых людей и часто определяло их дальнейший жизненный путь. Каким образом ему удавалось выбивать в министерстве дополнительные аспирантские места, никто не знает. Но многие выпускники математического факультета благодаря его усилиям состоялись как математики.

Руководимые Сергеем Васильевичем научно-исследовательские семинары, разнообразные и значительные по тематике, послужили началом научной деятельности большой группы студентов и аспирантов. Он умел создать условия для интеллектуального роста своих учеников. Под его руководством было подготовлено 9 диссертаций. Некоторые из его учеников стали докторами наук. Сергей Васильевич увлекался не только математикой. Он очень любил и прекрасно знал историю (учился на заочном отделении исторического факультета Московского университета), особенно историю античного мира и средневековой Европы. В московском музее восточных культур хранится коллекция астрономических инструментов, назначение которых было не вполне понятно. Так, наиболее сложный прибор — астролябия — отождествлялся с теодолитом, инструментом угломерным. Между тем, как установил Сергей Васильевич, астролябия, содержащая 5 гравированных с двух сторон дисков, применялась с астрономическими целями прежде всего как счетно-решающее устройство, позволяющее вычислять видимое положение планет в определенный промежуток времени, а ее решетка заменяла прозрачный транспарант современной транспарантной номограммы (ранее предполагалось, что решетка служила подставкой для утерянной части прибора). Учитывая изменение положения звезд в результате прецессии, он установил примерную дату изготовления подлинника изучаемой им копии и соотнес его со школой Улугбека.

Сергей Васильевич прекрасно знал поэзию, писал стихи, любил живопись и рисовал сам. Его талант художника проявился и в его замечательных фотографических работах. После него осталась фотографическая летопись многих событий математической жизни страны, фотографическая летопись нашего факультета.

Сергей Васильевич ушел из жизни в 1979 году в расцвете творческих сил. Годы, прошедшие с тех пор, еще ярче высветили его талант ученого, педагога и гражданина своей страны. Ему выпало жить в очень непростое время. Но он был человеком, не боявшимся взять на себя ответственность, отстаивать свою точку зрения.

Знавшие Сергея Васильевича помнят его как человека очень приятного в общении, поражавшего не только широтой знаний в области математики, но и высокой общей культурой, восхищавшего своей удивительной работоспособностью, стремлением знать и отдавать знания другим.

На математическом факультете сохраняются традиции, заложенные С. В. Смирновым: здесь, как и в его бытность, стараются помочь любому, кто хочет состояться как математик в науке и профессии.

**Г. А. Горева, Т. П. Иванова, Т. Я. Сенкевич,**  
*преподаватели математического факультета ИвГУ*

## Уроки С. В. Смирнова

С Сергеем Васильевичем Смирновым у меня связаны, как сейчас становится ясно, самые яркие впечатления и самые важные события моей жизни. Дело тут вот в чем.

Я — ученый. Это не хвастовство и не цитата из трудовой книжки. Это ощущение того, что я *должен* делать в этом мире. Так вот, осознать свое предназначение в мире, а затем и отчасти реализовать его мне помог Сергей Васильевич.

В 1960 году, когда я впервые увидел С. В. Смирнова, мне было 14 лет. Случайно прочитав афишу, я пришел на городскую математическую олимпиаду, очень смутно понимая, что такое математика и что такое олимпиада. Именно знакомство с С. В. Смирновым помогло мне, ученику 7 класса, понять смысл этих слов.

Во-первых, это был первый профессиональный *математик*, которого я увидел в жизни (учительница в школе — не в счет: это учительница, если хотите, *математичка*, но не *математик*). Сергей Васильевич был *настоящим* математиком. Познакомившись впоследствии со многими выдающимися математиками: А. Н. Колмогоровым, А. Г. Курошем, И. Р. Шафаревичем, Ю. И. Маниным, В. И. Арнольдом и другими, я могу сказать, что облик, манера поведения, внимательность и уважение к собеседнику, многие другие черты личности С. В. Смирнова в наибольшей степени соответствуют моему — пусть субъективному и условному — представлению о том, как должен выглядеть и вести себя истинный математик.

Во-вторых, С. В. Смирнов был для меня воплощенным олимпийцем. Конечно, не участником соревнований, а жителем обиталища греческих богов — Олимпа. Казалось, что он парит над мелочами и суетой мира, что ему подвластны наиболее важные его тайны и он даже может управлять ими. С моей тогдашней точки зрения, он был небожителем и по профессии, и по образу жизни, и по внешнему виду (Сергей Васильевич напоминал мне древнегреческие скульптуры).

Ну, а если от подростковых впечатлений вернуться к объективной реальности, то С. В. Смирнов и был истинным олимпийцем: он одним из первых в послевоенном СССР возобновил в Иванове проведение математических олимпиад для школьников и организовал для них математическую школу при Ивановском государственном педагогическом институте (впоследствии — Ивановском государственном университете).

Невозможно было не увлечься этим человеком. Мне так хотелось быть хоть чем-то похожим на него!

Впоследствии мне удавалось занимать первые места на городских олимпиадах по математике, побеждать на олимпиадах всесоюзных; я посещал лекции С. В. Смирнова, Е. П. Барановского, А. И. Черемисина, Г. В. Пуховой и других замечательных преподавателей математической школы; а затем, после окончания с золотой медалью 33-й школы (с удовольствием упоминаю эту школу и ее тогдашнего директора Г. А. Мизонова, немало отдавшего сил для становления многих талантливых ивановских ребят), поступил на механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова и с отличием окончил его. Таким образом, с легкой

руки Сергея Васильевича, я стал и математиком, и олимпийцем — победителем олимпиад.

Но прежде чем это произошло, случилось еще одно событие в моей жизни, которое содержало большую угрозу для моего математического будущего. В преодолении этой угрозы важную роль сыграл Сергей Васильевич. В 1962 году «случилось страшное»: я увлекся теорией чисел и, разумеется, великой теоремой Ферма. Толпа «ферматистов» всех времен и народов пополнилась еще одним юношей. Промучившись около года (а ведь это был, как я теперь понимаю, счастливый год!), я, как мне показалось, нашел элементарное, хотя и длинное, доказательство теоремы. Аккуратно переписав его в общую тетрадь в дерматиновом переплете, я отнес ее, разумеется, «главному математику» города С. В. Смирнову.

Дальше началось то, с чем знаком каждый автор. Я стал целенаправленно и нетерпеливо ждать. Это занятие отнимало у меня все силы. На время прекратилась практически вся моя сознательная жизнь, кроме формального посещения школы. Мне было абсолютно невдомек, что у профессора математического факультета, руководителя математической школы, отца семейства есть другие дела, кроме разбора заведомо неверных выкладок честолюбивых юношей.

И все же Сергей Васильевич нашел время! Кстати, о его времени: как-то, уже много позже, я задал ему довольно бестактный вопрос: почему у Вас нет докторской степени? Ответ С. В. Смирнова: «Диссертация давно готова, но у меня нет времени вставить формулы в машинопись». (Может быть, сегодняшним молодым людям уместно напомнить, что математические тексты в то время печатались на пишущей машинке с оставлением места для формул, которые потом вписывались от руки.) Когда Сергей Васильевич нашел время для изучения моей рукописи (очевидно, в ущерб подготовке собственной), он обнаружил ошибку в моем «доказательстве». Она не лежала на поверхности, и труд пришлось затратить немалый. Но самое важное, что сделал Сергей Васильевич, было после этого. Он убедил самолюбивого мальчика, что жизнь на этом не кончается, что математика велика и в ее безбрежном море наверняка найдется островок и для меня. А накопленный опыт обязательно пригодится.

Так я получил от С. В. второй урок и, можно сказать, вторую путевку в жизнь ученого. И третий урок, неявный: иногда приходится откладывать в сторону свою рукопись и вчитываться в чужую. Это — тоже часть жизни ученого.

Собственно говоря, вся моя дальнейшая жизнь — старания усвоить и реализовать эти простые, но великие уроки Сергея Васильевича Смирнова.

**Г. Б. Клейнер,**  
член-корреспондент РАН,  
заместитель директора Центрального  
экономико-математического института РАН

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ «ВЕСТНИКА ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

---

---

1. В журнал принимаются материалы в электронном виде на дискете стандартного формата с приложением одного экземпляра распечатки на белой бумаге.

Максимальный размер статьи — 1,0 авт. л. (20 страниц текста через 1,5 интервала, 30 строк на странице формата А4, не более 65 знаков в строке, выполненного в редакторе Microsoft Word шрифтом Times New Roman или Times New Roman Cyr, кегль 14), сообщения — 0,5 авт. л. (10 страниц).

2. Материал для журнала должен быть оформлен в следующей последовательности: **УДК** (для естественных и технических специальностей), **ББК** (в библиографическом отделе библиотеки ИвГУ); на русском и английском языках: **инициалы и фамилия автора, название материала**, для научных статей — **аннотация** (объемом 10—15 строк), **ключевые слова; текст статьи** (сообщения).

3. Библиографические источники должны быть пронумерованы в алфавитном порядке, ссылки даются в тексте статьи в скобках в строгом соответствии с пристатейным списком литературы. Библиографическое описание литературных источников к статье оформляется в соответствии с ГОСТами 7.1—2003, 7.0.5—2008. В каждом пункте библиографического списка, составленного в алфавитном порядке (сначала произведения на русском языке, затем на иностранном), приводится одна работа. В выходных сведениях обязательно указание издательства и количества страниц, в ссылке на электронный ресурс — даты обращения.

4. Фотографии, прилагаемые к статье, должны быть черно-белыми, контрастными, рисунки — четкими.

5. В конце представленных материалов следует указать полный почтовый адрес автора, его телефон, фамилию, имя, отчество, ученую степень, звание, должность. Материал должен быть подписан всеми авторами.

6. Направление в редакцию ранее опубликованных и принятых к печати в других изданиях работ не допускается.

7. Материалы, представляемые к публикации в журнале, должны пройти научную экспертизу и сопровождаться положительной рецензией.

8. Редакция оставляет за собой право осуществлять литературную правку, корректирование и сокращение текстов статей.

9. Рукописи аспирантов публикуются бесплатно.