

# GISAP:

## PHYSICS, MATHEMATICS AND CHEMISTRY

International Academy of Science and Higher Education  
London, United Kingdom  
International Scientific Analytical Project

№ 3 Liberal\* | August 2014



## Expert group:

Rena Kasumova (Azerbaijan), Nathan Lebrun (France), Yuri Khlopkov (Russia), Brian Hurst (UK).

The history of fundamental knowledge shows that its development has always been accompanied with the inconsistent attitude from the society. Admiration, desire to understand unknown, misunderstanding, scepticism and categorical denial have always been comprehensively mixed in the structure of the traditional social reaction to achievements of natural-science and mathematics.

However knowledge of fundamental bases of life and mathematical tools of objective reality and abstract elements analysis is closely connected with public progress. Its actual improvement could be stopped only by termination of human evolution process.

Development of the society predetermines formation of new demands requiring satisfaction in mental environment. Eventually such requirements always become more and more comprehensive. The knowledge intensity of the mechanism of their satisfaction inevitably increases. At the same time being in the continuous process of consumption of social benefits the person rarely realizes the fact that many personal demands (even the most primitive) are satisfied in a way based on outstanding discoveries.

While thinking about this idea, it is easy to come to a conclusion about major injustice of the social attitude to the fundamental knowledge: they aren't popular - often they are not interesting for people; natural-science and mathematical concepts are generally understood as excessively difficult and boring matters; many people consider such knowledge as useless; scientists working in this sphere are seldom famous...

However one shouldn't be too quick in making conclusions. The person is always afraid of the unknown... But the person always seeks for it. It is in the basis of the Homo sapiens nature. Comprehension of a mystery is always something like a fairy tale, a miracle. A person unaware of the core of things going on around will inevitable treat the unknown watchfully.

On every next stage of development fundamental sciences often considerably expand borders of human knowledge. Every such scientific breakthrough will be considered by the majority of members of the society as a miracle... Certain detachment of mass consciousness from fundamental studies is not a consequence of neglect, but the result of contact of unready intellect with deep mysteries of life.

Thomas Morgan  
Head of the IASHE International Projects Department  
August 11, 2014



## GISAP: Physico-Mathematical and Chemical Sciences №3 Liberal\* (August, 2014)

Chief Editor – J.D., Prof., Acad. Pavlov V.V.

Copyright © 2014 IASHE

ISSN 2054-6483

ISSN 2054-6491 (Online)

Design: Yury Skoblikov, Helena Grigorieva, Alexander Stadnichenko

Published and printed by the International Academy of Science and Higher Education (IASHE)

1 Kings Avenue, London, N21 1PQ, United Kingdom

Phone: +442032899949, E-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu), Web: <http://gisap.eu>

- ! No part of this magazine, including text, illustrations or any other elements may be used or reproduced in any way without
- the permission of the publisher or/and the author of the appropriate article.

Print journal circulation: 1000

\*\* – Liberal – the issue belongs to the initial stage of the journal foundation, based on scientifically reasonable but quite liberal editorial policy of selection of materials. The next stage of development of the journal (“Professional”) involves strict professional reviewing and admission of purely high-quality original scientific studies of authors from around the world”.

## CONTENTS

<b>S. Zykova</b> , <i>Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, Russia</i> STUDY OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF PRODUCTS OF SYNTHESIS OF TETRAKETONES WITH ARYLIDEN ARYLAMINES . . . . .	3
<b>N. Mamulaishvili</b> , <i>Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia</i> <b>T. Mamedova</b> , <i>Research Institute of Petrochemical processes, Azerbaijan</i> <b>T. Hitarishvili</b> , <i>Georgian Technical University, Georgia</i> CONCRETION OF ASPHALTIC-RESINOUS COMPOUNDS OF THE WORKED-OUT MOTOR OIL WITH USE OF CHEMICAL REAGENTS . . . . .	5
<b>E. Suleimenov</b> , <i>Kazakh-British Technical University, Kazakhstan</i> DETERMINATION OF THE MICRO-STRUCTURE ELEMENTS COMPOSITION OF NON-ORGANIC AQUEOUS SOLUTIONS ON THE EXAMPLE OF VANADIUM PENTOXIDE SOLUTION . . . . .	7
<b>E. Alikina, M. Degtev</b> , <i>Perm State University, Russia</i> EXTRACTION OF IONS OF Zn AND Cd FROM THIOCYANATE SOLUTIONS BY SELTS OF MIXTURES OF DIANTIPIRILMETHANE AND BENZOIC ACID . . . . .	12
<b>M.I. Degtev, S.I. Rogozhnikov, O.N. Popova, A.A. Yuminova</b> , <i>Perm State University, Russia</i> DELAMINATING SYSTEM ANTIPYRINUM – SULFOSALICYLIC ACID – WATER AND ITS APPLICATION FOR EXTRACTION OF IONS OF INDIUM (III) AND STANNUM (II, IV) . . . . .	16
<b>O. Schuchkina, I. Kirillova</b> , <i>Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Russia</i> MODELING THE HEMODYNAMICS OF CORONARY ARTERIES TAKING THEIR INTERACTION WITH THE MYOCARDIUM INTO ACCOUNT . . . . .	19
<b>L. Atyuckaya, A. Bebiya, M. Boronenko</b> , <i>Ugra State University, Russia</i> EXPERIMENTAL STUDY OF SOLID-FLAME COMBUSTION BY THE NI-AL SYSTEM METHOD OF HIGH-SPEED VIDEO FILMING . . . . .	23
<b>Yu. Khlopkov, V. Zharov, M.M. Zay Yar</b> , <i>Moscow Institute of Physics and Technology, Russia</i> CERTAIN PROBLEMS OF LASER GAS DYNAMICS . . . . .	28
<b>A. Kudryavtsev</b> , <i>Higher School of Social Technologies, Latvia</i> SPATIAL MULTI-DIMENSIONALITY OF THE REAL WORLD . . . . .	31
<b>G. Mukhamedrakhimova</b> , <i>Kokshetau State University named after Sh. Sh. Ualikhanov, Kazakhstan</i> <b>K. Mukhamedrakhimov</b> , <i>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan</i> DETERMINATION OF CONDITIONS OF FORMATION OF STUDENTS' GENERAL PHYSICAL WORLD OUTLOOK IN ORDER TO IMPROVE FUTURE PROFESSION. . . . .	35
<b>A. Kryukov</b> , <i>Siberian Federal University, Russia</i> <b>I. Kriukova</b> , <i>General secondary school № 10, Krasnoyarsk, Russia</i> DETERMINATION OF EXPERT QUALITY ASSESSMENTS . . . . .	38

## CONTENTS

<b>Зыкова С.С.</b> , <i>Пермский институт ФСИИ России, Россия</i> ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОДУКТОВ СИНТЕЗА ТЕТРАКЕТОНОВ С АРИЛИДЕНАРИЛАМИНАМИ . . . . .	3
<b>Мамулаишвили Н.Д.</b> , <i>Университет Шота Руставели, Грузия</i> <b>Мамедова Т.А.</b> , <i>НИИ Нефтехимических процессов, Азербайджан</i> <b>Хитаршвили Т.Д.</b> , <i>Грузинский технический Университет, Грузия</i> ОСАЖДЕНИЕ АСФАЛЬТО-СМОЛИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ . . . . .	5
<b>Судейменов Э.Н.</b> , <i>Казахстанско-Британский Технический Университет, Казахстан</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОСТРУКТУРЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НА ПРИМЕРЕ РАСТВОРА ПЕНТАОКСИДА ВАНАДИЯ . . . . .	7
<b>Аликниа Е.Н.</b> , <b>Дегтев М.И.</b> , <i>Пермский государственный университет, Россия</i> ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ Zn и Cd ИЗ ТИОЦИАНАТНЫХ РАСТВОРОВ РАСПЛАВАМИ СМЕСЕЙ ДИАНТИПИРИЛМЕТАНА И БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ . . . . .	12
<b>Дегтев М.И.</b> , <b>Рогожников С.И.</b> , <b>Попова О.Н.</b> , <b>Юминова А.А.</b> , <i>Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия</i> РАССЛАИВАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – ВОДА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ИОНОВ ИНДИЯ (III) И ОЛОВА (II, IV) . . . . .	16
<b>Щучкина О.</b> , <b>Кириллова И.В.</b> , <i>Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Россия</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ С УЧЕТОМ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МИОКАРДОМ . . . . .	19
<b>Атюцкая Л.Ю.</b> , <b>Бибия А.Г.</b> , <b>Бороненко М.П.</b> , <i>Югорский государственный университет, Россия</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ Ni-AL МЕТОДОМ СКОРОСТНОЙ ВИДЕОСЪЕМКИ . . . . .	23
<b>Хлопков Ю.И.</b> , <b>Жаров В.А.</b> , <b>Зея М.М.</b> , <i>Московский физико-технический институт, Россия</i> НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ ГАЗОДИНАМИКИ . . . . .	28
<b>Кудрявцев А.В.</b> , <i>Высшая школа социальных технологий, Латвия</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МНОГОМЕРНОСТЬ РЕАЛЬНОГО МИРА . . . . .	31
<b>Мухамедрахимова Г.И.</b> , <i>Кокшетауский государственный университет им. Шокана Уалиханова, Казахстан</i> <b>Мухамедрахимов К.У.</b> , <i>Евразийский национальный университет им. Льва Гумилева, Казахстан</i> ВЫЯВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУДУЩЕЙ ПРОФЕССИИ . . . . .	35
<b>Крюков А.Ф.</b> , <i>Сибирский федеральный университет, Россия</i> <b>Крюкова И.А.</b> , <i>СШ №10 МО г. Красноярск, Россия</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА . . . . .	38

**STUDY OF BIOLOGICAL ACTIVITY  
OF PRODUCTS OF SYNTHESIS  
OF TETRAKETONES WITH ARYLIDEN  
ARYLAMINES**

S. Zykova, Candidate of Pharmaceutical sciences  
Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, Russia

The author presents main stages of synthesis of new biologically active oxazines, obtained as a result of the reaction: 1,6-diaryl-3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-dione with various Schiff bases. Obtained compounds have shown the antioxidant activity on the model of oxidative stress on the culture of bacterial cells *Escherichia coli* BW 25113. These compounds are promising for further studying of other kinds of biological activity.

Conference participant, National championship  
in scientific analytics

**ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
АКТИВНОСТИ ПРОДУКТОВ  
СИНТЕЗА ТЕТРАКЕТОНОВ  
С АРИЛИДЕНАРИЛАМИНАМИ**

Зыкова С.С., канд. фармацевт. наук  
Пермский институт ФСИН России, Россия

В работе обозначены основные этапы синтеза новых биологически активных оксазинов, полученных в результате реакции 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диона с разнообразными основаниями Шиффа. Полученные соединения показали антиоксидантную активность на модели оксидативного стресса на культуре бактериальных клеток *Escherichia coli* BW 25113 и являются перспективными для дальнейшего изучения других видов биологической активности.

Участник конференции, Национального первенства  
по научной аналитике

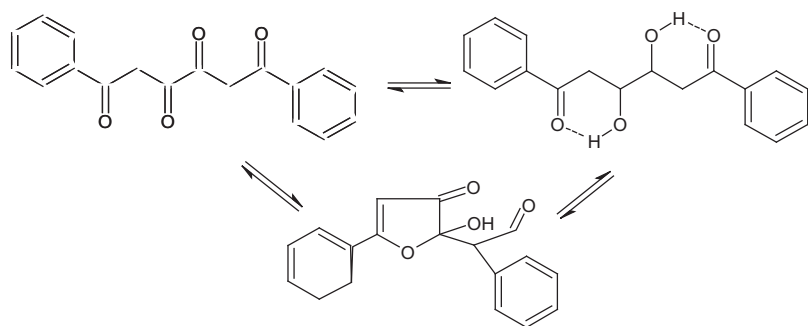
Одной из важнейших прикладных задач синтетической химии является получение новых биологически активных соединений. В качестве субстрата для получения таких веществ был выбран 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дион, который вступает в реакцию с различными арилиденарилaminaми – основаниями Шиффа. Известными особенностями строения оснований Шиффа является наличие нуклеофильной части амина и электрондефицитного звена альдегидного фрагмента молекулы [1]. Ранее были проведены квантово-химические расчеты с учетом величин теплот образования ( $T_{\text{обп}}$ ) и каплярности молекулы 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диона, которые показали, что в растворах наибольшей устойчивостью обладает кетонная форма 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диона [2] (рис 1).

Взаимодействие 1,6-диарил-3,4-гексадиен-2,4-гексадиен-1,6-диона с разнообразными основаниями Шиффа приводит к образованию 6-арилзамещенных-4-бензоилацетил-4-гидрокси-5,6-дигидро-4Н-1,3-оксазинов (рис. 2), представляющих собой кристаллические порошки желтого цвета, растворимые в диметилсульфоксиде, диметилформамиде, бензоле, толуоле, трудно растворимые в этаноле, хлороформе, нерастворимые в воде.

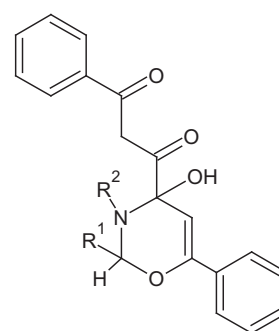
Спектральные характеристики продуктов взаимодействия 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диона с арилиденарилaminaми свидетельствуют в пользу предложенной структуры [3, 4].

Полученные в ходе реакции оксазины обладают некоторым сходством с известным антиоксидантом полифенольной структуры – ресвератролом.

В последнее время большинство исследований доказывают, что в основе развития большинства патологических процессов находится общее токсическое состояние, именуемое оксидативным стрессом. Роль инициатора в его формировании играют свободные радикалы (СР) – химические вещества с одним валентным электроном, обладающие чрезвычайной активностью. В основе механизма образования СР – известные цепные реакции, которые были описаны и исследованы Нобелевским лауреатом Н.Н. Семеновым. В результате пула СР в организме появляются активные формы кислорода (АФК), которые образуются в умеренных количествах в процессе нормальной жизнедеятельности клетки и значительно увеличиваются при гипоксии, либо чрезмерной нагрузке на митохондрии. АФК сами являются свободными радикалами и отличаются различной способностью к оксидации. Большинство



**Рис. 1. Схема образования таутомеров  
1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диона в растворах**



**Рис. 2. Общая структурная  
формула 6-арилзамещенных-  
4-бензоилацетил-  
4-гидрокси-5,6-дигидро-  
4Н-1,3-оксазинов**

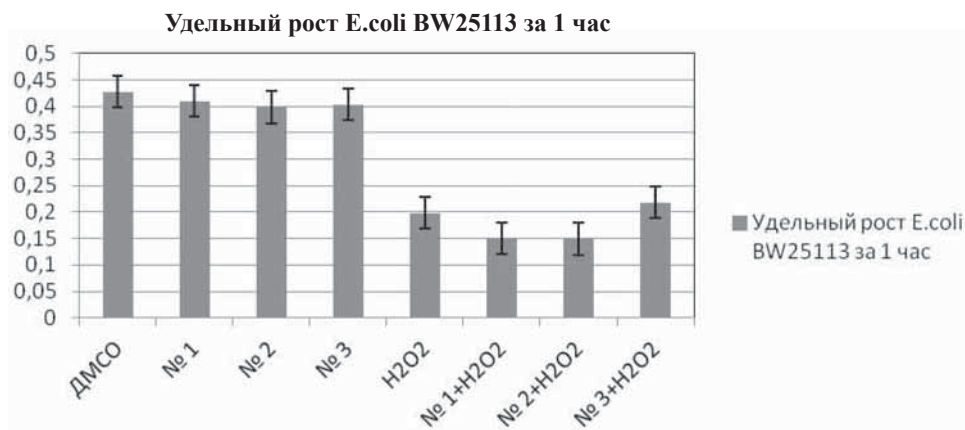


Рис. 3. Удельный рост E.coli BW 25113 за 1 час

свободных радикалов отличает высокая химическая активность и способность оказывать массивное повреждающее действие на мембранные липиды, белковые вещества и ДНК. Естественной «защитой» от агрессии АФК являются соединения с различной химической структурой, имеющие общее функциональное назначение и название «антиоксиданты». В последнее время большое значение уделяют поиску биологически активных веществ, обладающих антиоксидантным действием.

Ранее было доказано, что антиоксидантная активность обуславливается несколькими механизмами: прямое связывание свободных радикалов (Rice-Evans et al., 1995), хелатирование ионов металлов, например атомов железа в реакции Фентона (Афанасьев с соавт., 1989).

Антиоксидантная активность изучалась на штамме бактерий *Escherichiacoli* BW 25113, выращенной аэробно на минимальной жидкой питательной среде M9 с добавлением глюкозы. Исследования проводили в лаборатории изучения физиологии микроорганизмов в Институте экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения РАН (Пермский филиал) (Октябрьский О.Н., Смирнова Г.В., Самойлова З.Ю.). При создании модели оксидативного стресса 0,6 мМ раствором пероксида водорода на культуре клеток штамма *E.coli* BW 25113 исследовали удельный рост клеток за 1 час в присутствии четырех веществ из группы оксазинов. Результаты исследований показали, что исследованные соединения обладают биологической активностью (рис. 3).

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что соединения № 1 и № 2 обладают прооксидантной, соединение № 3 обладает антиоксидантной активностью.

На основе реакций 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с основаниями Шиффа получены 6-арилзамещенные-4-бензоилацетил-4-гидрокси-5,6-дигидро-4Н-1,3-оксазины, которые являются перспективными для изучения

их в качестве антиоксидантов.

Для установления возможных механизмов антиоксидантного действия синтезированных соединений в перспективе интерес представляет исследование хелатирующей способности оксазинов и исследование влияния данных веществ с прооксидантной активностью на экспрессию генов – регулонов каталазы-гидропероксидазы НР1 и супероксиддисмутазы Mn-SOD, поскольку ранее в литературе были сведения, что прооксидантные эффекты веществ связаны с их способностью усиливать выработку пероксида водорода. Ранее было показано, что прооксидантное действие вносит определенный вклад в защиту клеток *E.coli* от значительных концентраций пероксида водорода [5].

#### References:

1. Shiff, R./R.Shiff, C.Bertini// Ber.1897. – Bd.30-S.601-604.
2. Poje, M. 3(2H) - Furanonederivates. Ring-chaintautomerism in the 1,3,4,6-tetraketone series (1) / M. Poje, K. Balenovich // J. Heterocyclic Chem.1979. - vol.16. - P. 417-420.
3. Взаимодействие 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с арилиденариламинами / Ширинкина С.С., Игидов Н.М., Козьминых В.О. / Мат. юбил. межвуз. научно-практ. конф., посвящ. 275-летию г. Перми и 80-летию фарм. образования на Урале. - Пермь. -1998.
4. Зыкова С.С. Синтез и исследование биологически активных соединений на основе реакций 1,2,4-три- и 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с аминами и арилиденариламинами: дис.... канд. фарм.наук. – Пермь. 2002. – С. 154-155.
5. Самойлова З.Ю. Изучение антиоксидантного действия растительных экстрактов на бактерии *Escherichiacoli* / Автореф. дисс... к.б.н., Пермь. - 2009. с. 23.

## CONCRETION OF ASPHALTIC-RESINOUS COMPOUNDS OF THE WORKED-OUT MOTOR OIL WITH USE OF CHEMICAL REAGENTS

N. Mamulaishvili<sup>1</sup>, Doctor of Technical sciences, Full Professor  
T. Mamedova<sup>2</sup>, Candidate of Technical sciences  
T. Hitarishvili<sup>3</sup>, Doctoral Candidate  
Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia<sup>1</sup>  
Head of the Renewable Fuels Laboratory  
Research Institute of Petrochemical processes, Azerbaijan<sup>2</sup>  
Georgian Technical University, Georgia<sup>3</sup>

Worked-out motor oils are essential sources of environmental pollution. Large volumes of motor oils are used in all branches of the national economy. In the course of their exploitation they are oxidized and become useless. In the world practice the worked-out motor oils (WMO) are collected and regenerated. This is economically efficient and ecologically reasonable.

Conference participants

Отработанные моторные масла (ОММ), представляет собой смесь компонентов, которая кроме основного базового масла, содержит функциональные присадки, мелкодисперсные, механические примеси и продукты окисления. В зависимости от режима и длительность эксплуатации ОММ достигает разные степень загрязнения. При высокой степени загрязнения очистку ОММ проводят разными способами многократно.

В данной работе рассмотрены вопросы осаждения асфальто-смолистых соединений ОММ марки <Castrol 15W-40>, средней загрязненности.

Исходные физико-химические параметры ОММ приведены в таблице 1.

## ОСАЖДЕНИЕ АСФАЛЬТО-СМОЛИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

Мамулаишвили Н.Д.<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.  
Мамедова Т.А.<sup>2</sup>, канд. техн. наук,  
Хитаришвили Т.Д.<sup>3</sup>, докторант  
Университет Шота Руставели, Грузия<sup>1</sup>  
зав. лаборатории возобновляемых топлив  
НИИ Нефтехимических процессов, Азербайджан<sup>2</sup>  
Грузинский технический Университет, Грузия<sup>3</sup>

Отработанные нефтяные масла являются одним из существенных источников загрязнения окружающей среды, во всех отраслях народного хозяйства расходуется большое количество моторных масел, которые в процессе эксплуатации окисляются, и становятся непригодным. В мировой практике отработанные моторные масла (ОММ) собирают и подвергают к регенерации, что является экономически выгодным и экологически целесообразным.

Участники конференции

Асфальто-смолистые вещества (АСВ) нефти и нефтяных остатки представляют собой гетероароматические соединения, которые, кроме углерода и водорода, содержат серу, азот, кислород и металлы, такие, как ванадий, никель, железо, молибден и т.д.

Содержание АСВ в тяжелых нефтяных остатках колеблется в довольно широком диапазоне: от 40% до 60%. В зависимости от вида нефти, фракции, перегоняющиеся выше 400–450 °С, могут полностью состоять из гетероароматных соединений [1].

Выделение индивидуальных асфальто-смолистых веществ из тяжелых нефтяных остатков возможно лишь с применением экстрагентов. В зависимости от экстрагент-

**Таблица 1.**

**Физико-химическая характеристика ОММ марки, <Castrol 15W-40>**

	Наименование параметров	Метод тестирования		Единица измер.	После	
					500 км	1200 км
1	плотность 15 °С / 20 °С	ASTM D 1298	ГОСТ 3900-85	Г./см <sup>3</sup>	0,87	0,88
2	Кин. вязкость при 40 °С	ASTM D 445-06	ГОСТ 33-85	Мм <sup>2</sup> / сек.	79,6	76,8
3	Кин. вязкость при 100 °С	ASTM D445-06	ГОСТ 33-85	Мм <sup>2</sup> / сек	11,7	9,85
4	Кислотное число		ГОСТ 5985-79	мгКОН/г	2,55	2,91
5	Общая щелочность	ASTM D2896	ГОСТ 11362	мгКОН/г	5,3	5,2
6	Температура вспышки	ASTM D 92	ГОСТ 4333-87	°С	208	199
7	Цметность	ASTM D1500-98	ГОСТ 20284	ЦНТ единица	>8,5	>8,5
8	Содержание воды	ASTM D6304-00	ГОСТ 2477	%	Сл.	Сл.
9	Сульфатная зольность	ASTM D874	ГОСТ 12417	%	2,3	2,38
10	Диэлектрич. проницаемость				2,46	2,68

Таблица 2.

Технологические параметры при очистке ОММ методом экстракции

Наименование экстрагента	Температура T °С,	Соотношение экстрагент/сырье	Время контакта минут	Время настаивания. минут
экстрагент-I	10–20	1:40	20	15–17
экстрагент-II	Окр.ср.	1:25	20	30–40
экстрагент-III	17	1:10	20	50–60

та асфальто-смолистые вещества делятся на следующие группы [2]:

- нейтральные смолы, растворимые в легком бензине (петролейном эфире);
- асфальтены, не растворимые в петролейном эфире, но растворимые в бензоле;
- карбены, частично растворимые только в пиридине и сероуглероде;
- карбоиды – вещества, практически ни в чем не растворимые;
- асфальтогеновые кислоты и их ангидриды – вещества кислого характера, не растворимые в петролейном эфире, но растворимые в спирте

На рисунке 1 приведены фрагменты разных гетероциклических соединений содержащие один, два и три ароматических или гетероароматических кольца.

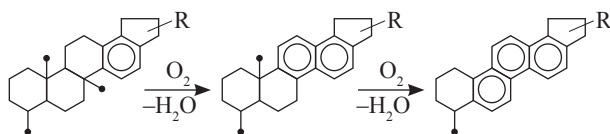


Рис. 1. Фрагменты гетероциклических соединений

Для восстановления эксплуатационных свойств, ОММ нами было опробованы разные методы обработки: центрифугирование, кислотно-щелочная очистка, адсорбционная очистка, осаждение коагулянтами. Наилучшие результаты были получены при использовании композиционных смесей химических реагентов. В качестве химических реагентов было использовано смесь органи-

ческих и неорганических кислот (3–4), которые обеспечили осаждение гетероциклических соединений ОММ. Процесс экстракции проходила в нескольких стадиях. При настаивании образовалась слой масла и густой черный слой. Очищенное масло пропускали через колонку с K2CO3 для полной нейтрализации. Оптимальные режимы технологических параметров процесса экстракции ОММ приведены в таблице 2.

Степень осветления масла колебалась в пределах 92,7% – 95,5%. Полученный густой черный слой отделяли от масла центрифугированием а затем., повторно использовали для экстракции масла. В конце подвергали термической обработке T = 300 °С для получения коксового концентрата.

Проведенные исследования показали, что очистка ОММ трудоемкая технология и используемый метод экстракции обеспечивает эффективное удаление продуктов окисления ОММ. В отличие от других методов, метод экстракции обеспечивает стабильность эксплуатационных свойств очищенного масла.

#### References:

1. Проскурякова В.А. Химия нефти и газа. – Ленинград: Химия, 1989.
2. Унгер Ф.Г. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов. – Новосибирск: Наука, 1995. – 192 с.
3. Дмитриева З.Т., Аверина Н.В. Патент Российской Федерации.
4. Прокопьев И.А., Чулков И.П. Патент Российской Федерации.





DETERMINATION OF THE  
MICRO-STRUCTURE ELEMENTS  
COMPOSITION OF NON-ORGANIC  
AQUEOUS SOLUTIONS ON THE EXAMPLE  
OF VANADIUM PENTOXIDE SOLUTION

E. Suleimenov, Doctor Technical sciences, Full Professor  
Kazakh-British Technical University, Kazakhstan

Results of experimental determination of the chemical composition of elements of the microstructure of the vanadium pentoxide solution are presented in the reports.

Conference participant

Научно-исследовательские работы в области создания инновационных технических решений в химических и металлургических технологиях выполняются с использованием теоретической базы, которая «канонизирует» [например, 1] представления о микроструктуре неорганических водных растворов и оксидных расплавов. Только эти жидкости, по современным представлениям, рассматриваются в качестве электролитов [например 2, 3]. Исследования химических и металлургических систем; зачастую базируется на «специализации» фундаментальных исследований, когда микроструктура и состояние вещества не является основой для обобщения экспериментальных данных, а во главу угла ставится химический состав технологических продуктов. В то время как межфазное распределение компонентов, зависящее от структурных и кинетических условий их существования, является основополагающим в химических и металлургических технологиях. Вместе с тем в научно-технической литературе есть публикации, авторы которых рассматривают микроструктуру жидких систем с позиции молекулярной теории [например 4, 5]. Многие авторы при разработке технологических процессов используют в своих исследованиях представления о молекулярной природе неорганических водных растворов [например 6]. Однако представления о формировании микроструктуры неорганических водных растворов на основе принципа самопроизвольной электролитической диссоциации при растворении твердого вещества в воде продолжает негативно сказываться на развитии химической науки и разработке технологий [5]. Нами на протяжении многих лет проводились исследования по определению типа проводимости жидкостей, которые рассматриваются в качестве электролитов; по определению принципа формирования микроструктуры электролитов, нестационарных энергетических воздействий на электролиты и др. Работы велись в интересах создания инновационных технологий в металлургии и химии [например 7, 8, 9, 10, 11]. В ходе исследований было показано, что сформулированный для органических растворов вывод М.И. Усановича о том, что электропроводность жидкости является аномальной, не исключение, а правило, и может быть распространен на другие жидкие системы, (в частности, оксидные и оксидно-сульфидные расплавы, неорганические водные растворы и водные растворы полимеров) [например 12, 13, 14]. Установлено, что химический состав и температура электролитов не являются исключительными определяющими факторами в формировании их струк-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА  
ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОСТРУКТУРЫ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВОДНЫХ  
РАСТВОРОВ НА ПРИМЕРЕ РАСТВОРА  
ПЕНТАОКСИДА ВАНАДИЯ

Сулейменов Э.Н., д-р техн. наук, проф.  
Казахстанско-Британский Технический Университет, Казахстан

В статье излагаются результаты экспериментального определения химического состава элементов микроструктуры раствора пентаоксида ванадия.

Участник конференции

туры. Показана возможность управлять электропроводностью жидкости с помощью переменных электромагнитных полей, что дало основание сделать вывод об электронном типе проводимости электролитов (неорганических водных растворов и оксидных расплавов). Вся сумма экспериментальных данных позволила сделать вывод о необязательности самопроизвольной электролитической диссоциации (т.е. диссоциации молекул твердого вещества на ионы, заряженные положительно и отрицательно при его переходе в жидкое состояние) при формировании микроструктуры электролитов. Ввод об электронном типе проводимости электролитов делает понятие **“проводник второго рода”** научно не обоснованным. Установление молекулярной природы микроструктуры электролитов сделало актуальными исследование процесса нестационарных энергетических воздействий на структурные изменения, происходящие в электролитах [например 15, 16, 17]. Эти и другие исследования со всей очевидностью продемонстрировали, что структура электролитов зависит не только от химического состава и температуры, но и от других факторов (энергетические и химические воздействия, механические колебания и др.). Стационарное энергетическое влияние в конечном итоге приводит к стабилизации системы с достижением статического или динамического равновесия в зависимости от характера энергетического воздействия и его природы. В таком случае анализировать механизм и отдельные ступени физико-химических процессов в реальных системах становится затруднительным, а при разработке технических решений приводит к использованию эмпирических методов для достижения цели. Например, при исследовании электропроводности электролитов (и вообще, конденсированных фаз, особенно жидкости) достаточно быстрое достижение псевдоравновесного состояния не дает возможности увидеть всю гамму межатомных и межмолекулярных трансформаций в такой, на первый взгляд, простой системе, как пара электродов – электролит. Поэтому, нами проводились исследования по определению влияния различных воздействий на микроструктуру неорганических водных растворов. В качестве объекта исследования был выбран водный раствор пентаоксида ванадия, поскольку интересная особенность водных растворов оксида ванадия-5 связана с явлением самопроизвольного образования макроскопических объектов (неорганического аналога полимерных мезогелей), впервые обнаруженного в работе [18]. Полученные сведения о поведении макроскопических образцов позволяет делать выводы о процес-

сах, протекающих на микроскопическом уровне. Данный вывод был обоснован в работе [19] на основе сопоставления характеристик ванадиевых мезогелей и их органических аналогов (классических полимерных гидрогелей [20, 21]). Прямой эксперимент по установлению микроstructures неорганических водных растворов был поставлен д-ром техн. наук, канд. физ.-мат. наук, профессором И.Э. Сулейменовым [18]. В дальнейших исследованиях определялись особенности осаждения ванадиевых мезогелей на зондах из различного материала [например 22, 23, 24]. Эти исследования позволили сделать экспериментально обоснованный вывод о молекулярной природе микроstructures неорганических водных растворов [25]. Однако практический интерес представляет исследование химического состава элементов микроstructures неорганических водных растворов, поскольку он напрямую связан с технологическими процессами перевода в водный раствор твердых веществ и химическими реакциями, которые проводятся в жидких системах [26, 27].

Для определения химического состава микроstructures элементов раствора пентаоксида ванадия использовали водные растворы оксида ванадия – 5 в диапазоне концентраций от 0,1 до 10 г/л. Для получения раствора расплавленный оксид ванадия (температура 500-550 °С) вливали в дистиллированную воду и перемешивали<sup>1</sup>. При проведении экспериментов использовали свежие порции раствора, полученные разбавлением до нужной концентрации. Использовали зонды, выполненные из меди, железа, алюминия, титана и других материалов. Мезгель высаживался практически на любом зонде за исключением нитей из синтетического материала. При погружении проволочного зонда в раствор наблюдали явление самопроизвольного образования ванадиевых мезогелей (по внешнему виду они представляют собой темно-коричневые непрозрачные образования, имеющие консистенцию затвердевшего студня и повторяющие форму зонда). Кинетика образования геля регистрировалась гравиметрически.

Одновременно раздельно определялись степени набухания полученных образцов  $Q$  на периферийных и внутренних участках образцов.

$$Q = (m_s - m_d) / m_d,$$

где  $m_s$  и  $m_d$  – массы исходного и прокаленного образцов. Массу сухого вещества измеряли после прокалывания в муфельной печи при температуре 550 °С. При этом не происходило разрушения ванадий – кислородного каркаса, поэтому полученные величины можно трактовать как степень набухания сетки, а не как концентрацию оксида ванадия-5.

Типичные примеры кинетических кривых формирования ванадиевых мезогелей (зависимости приращения массы геля от времени) представлены на рис. 1.

Видно, что скорость образования гелей существенно зависит от материала зонда, причем последовательность расположения кривых в ряду «алюминий–медь–железо» остается неизменной для всего исследованного диапазона

концентраций, а кинетические кривые, отвечающие титану, имеют особенности (более быстрый выход на насыщение, что приводит к изменению порядка расположения кривых на рис. 1, в). Контрольные измерения, проведенные с использованием неметаллических «зондов» (использовали полоски картона), показали, что насыщение достигается еще быстрее (уже на 10–20 минутах). При этом масса образующегося геля имеет величину, на порядок меньшую, чем для металлических зондов. Важно также подчеркнуть, что диаметр полученных образцов имел величину, по крайней мере, на порядок превышающую исходный диаметр зонда.

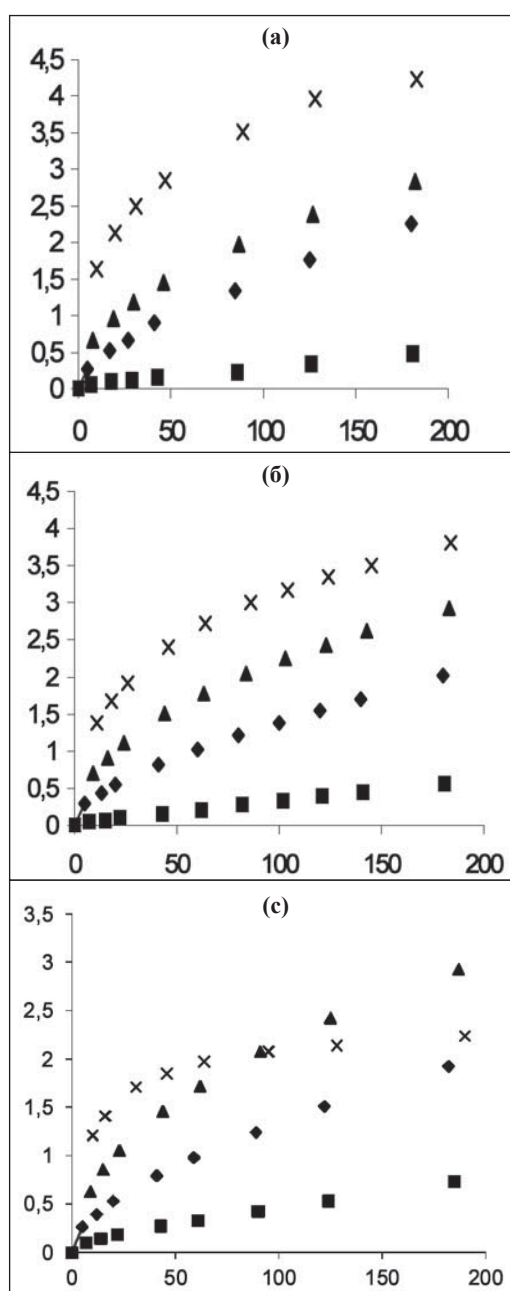


Рис. 1. Кинетика формирования мезогелей из раствора оксида ванадия-5 при концентрациях 1,9 (а) 3,67 (б) 7,35 г/л (с), (■ – алюминий, ◆ – медь, Δ – железо, × – титан)

<sup>1</sup> Использовался серийно выпускаемый сухой оксид ванадия марки ч.д.а.

Было установлено, что плотность распределения вещества гидрогеля по объему неоднородна (это было экспериментально доказано с помощью определения степени набухания мезогеля на периферийных и во внутренних областях). Плотность гидрогеля во внутренних областях заметно превышает плотность геля в наружных (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Распределение степени набухания ванадиевого геля по объему образца (образцы выращены на медном зонде при различных исходных концентрациях раствора)**

C	Q, center	Q, ext.	Q, aver.
1,75	18	100	63,1875
3,68	48	60	42,92
10,38	22	20	29,095

Было показано, что на степень набухания геля влияют различные факторы, в том числе объем используемого раствора. В одной из серии экспериментов исследовалось соотношение массы геля и массы сухого остатка после прокаливания (рис. 2).

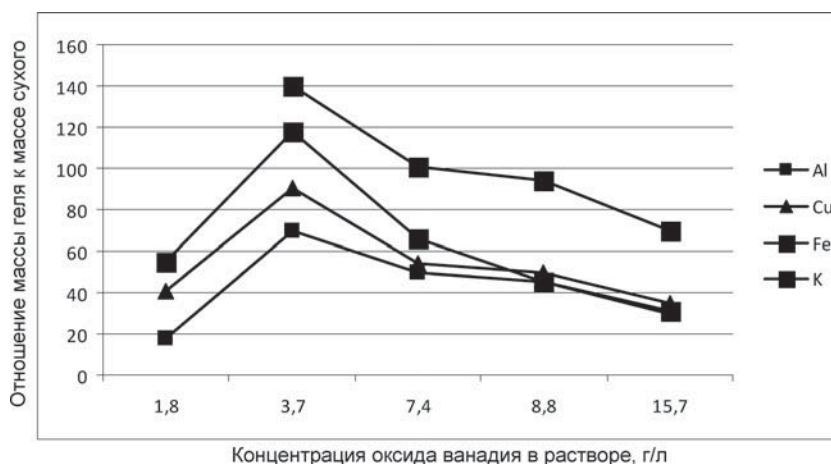
Как видно из рисунка соотношение воды и пентаоксида ванадия меняется в зависимости от концентрации оксида ванадия в растворе и материала зонда. Установлено, что на различных зондах из водных растворов пентаоксида ванадия можно осадить гидрогель состава –  $12V_2O_5 \cdot 480H_2O$ . При этом состав молекулы может меняться в зависимости от факторов воздействия. На рис. 3 приведены образцы такого гидрогеля. Как видно из рисунка, осажденный

гидрогель повторяет форму зонда. Причем форма геля меняется с изменением уровня раствора. Большое различие в диаметрах зонда и полученных образцов показывает, что материал зонда может влиять на процесс формирования геля только опосредованно. Иначе говоря, предпосылкой для самопроизвольного возникновения геля из раствора может служить только разность химических потенциалов между материалом зонда и молекулами, находящимися в растворе и способность растворенных частиц к взаимной агрегации.

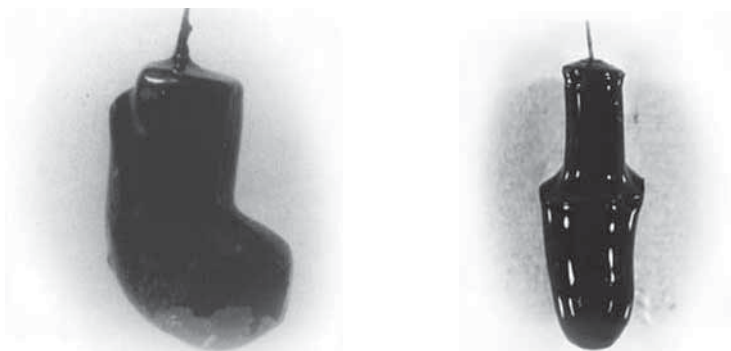
В противном случае возможность получения образцов большой массы (и диаметра) была бы исключена: этот факт не может быть объяснен только прямой адгезией на зонде. В то же время, поскольку гели в растворе (по крайней мере, в исследованных условиях) самопроизвольно не образуются, то естественно предположить, что в обычных условиях, наряду с факторами, способствующими взаимной агрегации, существуют и противоположные.

Внесение в систему зонда можно рассматривать как появление дополнительного фактора, способствующего агрегации частиц (и далее, их адгезии к поверхности гидрогеля). Влияние природы металла на этот процесс заставляет предположить, что он имеет электрохимическую природу. Рассмотрим механизм этого влияния вначале на макроскопическом уровне. Существование ненулевой ЭДС между внутренним и внешним электродами говорит о том, что разность электрохимических потенциалов на границе гель–металл и гель–раствор не одинаковы.

Этот вывод коррелирует другим экспериментальным



**Рис. 2.** Зависимость количества воды в геле от концентрации оксида ванадия-5 в растворе



**Рис. 3.** Образцы осажденного ванадиевого геля на медном зонде

фактом. Скорость роста геля на начальном и конечном участках кинетических кривых резко различается и поэтому можно предположить, что механизм адгезии частиц непосредственно к зонду (начальные участки кривых) отличается от механизма формирования собственно гидрогеля. Далее, неоднородность распределения плотности вещества геля по объему заставляет предположить, что адгезионные процессы между веществом мезогеля и зондом продолжают идти, в том числе, и в толще образца.

Протекание этих процессов облегчается тем, что сетка является сравнительно «рыхлой»: как следует из таблицы 1, ее степень набухания может достигать сотни. Этот показатель вполне сравним с величинами, характерными для органических аналогов. Т.е. как органические, так и неорганические гели способны уплотняться под воздействием достаточно слабых внешних воздействий.

Неоднородность плотности сетки, в свою очередь, означает, что распределение электрохимического потенциала внутри мезогеля не может быть однородным. Аналогичное явление наблюдается и для органических аналогов рассматриваемых объектов. Неоднородное распределение плотности сетки автоматически приводит к появлению ненулевых внутренних электрических полей, способных приводить к генерации электрического тока.

Таким образом, если говорить о макроскопических образцах, то влияние природы металла на скорость формирования гидрогеля можно связать с электрохимическими факторами, которые проявляются не только на начальных стадиях процесса, но и по мере дальнейшего роста геля. На следующем этапе этот вывод можно перенести и на частицы, находящиеся на более низком уровне организации системы. Таковыми являются коллоидные, квазиколлоидные частицы или другие надмолекулярные агрегаты, образованные поливанадиевыми кислотами. Разумно предположить, что при достаточно больших размерах этих частиц (порядка дебаевской длины и выше) их поведение также будет определяться внутренним распределением электрохимического потенциала, которое может меняться под воздействием внешних факторов. Этот вывод полностью коррелирует с представлениями о существовании поверхностных двойных слоев у коллоидных частиц, которые оказывают непосредственное влияние на их взаимную адгезию.

Отличим рассматриваемой системы от истинного коллоида является высокая степень деформируемости надмолекулярных образований в системе. При этом деформации частиц могут быть связаны не только с изменением их формы, но и с изменением распределения электрохимического потенциала в пределах отдельной частицы.

Если вновь обратиться к аналогии с поведением гидрогелей, то становится ясным, что деформационное изменение электрохимического потенциала в пределах частицы фактически приводит к ее поляризации.

За возникновение деформаций (и поляризации) частиц отвечают поверхностные электрохимические процессы, протекающие на границе металл–раствор. Роль зонда по существу сводится к нарушению пространственной симметрии при протекании процессов самоорганизации. В невозмущенном растворе фрактальные характеристики

надмолекулярных агрегатов определяются балансом между силами агрегации (их природа имеет прямые аналогии молекулярной дисперсии в коллоидной химии) и силами, разрушающими заряженную частицу (эти силы имеют ту же природу, что и приводящие к набуханию органического геля). Внесение в систему зонда, «притягивающего» вещество частиц, нарушает этот баланс. Очевидно, что электрохимические характеристики такого процесса зависят от материала зонда. Изучение процессов формирования мезогелей на зондах из различного материала позволяет выделить этот фактор (такие исследования ранее не проводились, в [18] были использованы только медные зонды). Исключение этого фактора, в свою очередь, позволяет делать выводы о структуре раствора как таковой.

По своему химическому составу сформированный гель ничем не отличается от окружающего раствора. Поэтому надмолекулярная реакция, протекающая на его поверхности, отражает тот же процесс, протекающий в невозмущенном растворе с той лишь разницей, что нарушение симметрии подавляет процессы дезагрегации.

После того, как на поверхности зонда сформировался достаточно толстый наружный слой в качестве «зонда» выступает уже он. Материал зонда может влиять на скорость процесса только опосредованно – через неоднородность распределения электрохимического потенциала по объему геля. Иначе говоря, поляризация макроскопических образцов создает достаточный электрохимический потенциал на поверхности геля, создающий предпосылки для подавления агрегации

Таким образом, установление аналогии между поведением макро- и микрообразований в системе: ванадиевый мезогель – раствор позволяет определить параметры процессов самоорганизации, присущие полимерным формам ванадиевых растворов. Следующий этап состоит в том, чтобы сделать эти процессы контролируемыми. Например, можно говорить об ускорении процессов цементации, «самоочистке» ванадиевых растворов и т.д.

#### Заключение

Формирование ванадиевых мезогелей может рассматриваться как макроскопическое проявление процессов самоорганизации, которые спонтанно протекают в растворе. На этом примере можно видеть, как изучение макроскопических образцов решает «проблему наглядности». В этом смысле псевдоколлоидные частицы ванадиевых полимеров можно уподобить микрочастицам геля. Изучив из свойства вполне доступными, например, гравиметрическими методами, можно прогнозировать поведение частиц в растворе, а, следовательно, установить его структуру. Это, в свою очередь может быть основой для создания новых технологий, в которых процессы самоорганизации будут использоваться направленно. Изучение таких и им подобных аналогий решает вопрос о возмущающем влиянии процесса измерения – для макроскопических образцов он отпадает сам собой.

**Гравиметрическим методом определены структура и химический состав элементов микроструктуры водного раствора пентаоксида ванадия, один из которых имеет формулу  $12V_2O_5 \cdot 480H_2O$ .**

Приведенные данные служат дополнительным фактором, который показывает, что электролитическая диссоциация является результатом воздействия электрической энергии на молекулярную структуру конденсированных систем (в частности неорганических жидкостей), т.е. **это и есть электролиз.**

### References:

1. Электрохимия. Прошедшие 30 лет и будущие 30 лет. Под ред. Р. Блума и Ф. Гутмана. М.: Химия, 1982, 392 с.
2. Крестов Г.А., Новоселов Н.А. и др. Ионная сольватация. (Проблемы химии растворов). – М.: Наука, 1987, 320 с.
3. Эткинс П. Физическая химия. М., 1980, т. 1, 490 с.
4. Смирнова Н.А. Молекулярные теории растворов. – Л.: Химия, 1987, 336 с.
5. Hertz Hermann Gerhard. Electrochemistry. A Reformulation of the Basic Principles. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York, 1980. 231 с.
6. Огородников Ю.И., Пономарева Е.И. Электровыщелачивание халькогенидных материалов. Алма-Ата: Наука, 1983, 176 с.
7. Сулейменов Э.Н. Принцип формирования жидких систем и высокие технологии. Материалы 17 Менделеевского съезда, 21-26 сентября 2003 года, Казань, Россия, с. 299.
8. Сулейменов Э.Н. Структура алюминатных растворов. Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Металлургия легких металлов. Проблемы и перспективы», – М., МИСИС, 22–24 ноября 2004, С. 93-95.
9. Сулейменов Э.Н. Строение неорганических водных растворов и процесс выщелачивания. Материалы Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья», 26-30 мая 2008 г., Екатеринбург, С. 88-92.
10. Сулейменов Э.Н. Микроструктура водных растворов: проблема технологий в металлургии и химии. III Международная конференция «Металлургия-интехэко-2010», Москва, 30-31 марта 2010 г. Сборник трудов, с.89-92.
11. Сулейменов Э.Н. Микроструктура водных растворов: проблема технологий в химии и металлургии. Вестник Казахстано-Британского технического университета. – 2010. – №4. – С. 58-65.
12. Suleimenov E.N. Experimental validation of electrolyte microstructures and potential trends in electric power storage engineering. Proceedings of “The 8th International conference on lead-acid batteries”, 7-10 June 2011, Albena, Bulgaria, pp. 217 – 220.
13. Сулейменов Э.Н. Как неорганические водные растворы и оксидные расплавы проводят электрический ток. Materials digest of the XXXII International Research and Practice Conference “Models and Methods of Solving Formal and Applied Scientific Issues in Physico – Mathematical, Technical and Chemical Research”, 20 - 25 September. 2012 International Academy of Science and Higher Education. London, p. 117 – 121.
14. Сулейменов Э.Н. Электропроводность жидких систем и развитие взглядов на химические процессы. КИМС, 2007 г. №6, С. 105-114.
15. Сулейменов Э.Н., Утелбаев Б.Т. Формирование макроскопических неоднородностей в растворах и распла-

вах. Материалы IV Международной научно-практической конференции «Тенденции и перспективы развития современного научного знания» 9-10 октября 2012 года, Москва. С. 34-39.

16. Сулейменов Э.Н., Утелбаев Б.Т. Влияние электрического тока на реакции газ-расплав и металл-щелочной раствор. Материалы IV Международной научно-практической конференции «Тенденции и перспективы развития современного научного знания» 9-10 октября 2012 года, Москва. С. 31-33.

17. Сулейменов Э.Н. Влияние импульсных энергетических воздействий на структуру жидких систем. Сборник статей Четырнадцатой Международной научно-практической конференции “Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике”. 4-5 декабря 2012 года, Санкт-Петербург, Россия. Том 1, С 218-221.

18. Сулейменов И.Э., Козлов В.А., Бимендина Л.А., Бектуров Е.А. Самоорганизация органических и неорганических полимеров в воде. – Алматы. Дайк-пресс. 1999. 217 с.

19. Suleimenov I., Kozlov V., Suleimenov E., Bekturov E. Kinetics of formation of inorganic hydrogels in solutions of oxide of vanadium – 5 // Problems of evolution of opened systems. Almaty, 2000 – P. 86-97.

20. Бектуров Е.А., Сулейменов И.Э. Полимерные гидрогели. Алматы. Гылым. 1998. 240 с.

21. Richa J., Tanaka T. // Macromolecules, 1984, V.17. P. 2916.

22. Suleimenov I.E., Romanteyev Yu.P., Mahato M.M. and Suleimenov E.N. Effects Of Pulse Energy Deposition On Vanadium Mesogels Structure. Conference Proceedings XII International Conference On Mineral Processing Technology (MPT – 2011). Recent Advances in Processing of Non – Ferrous and Industrial Minerals, PR 19 i 253, October 20–22, 2011, Udaipur, India.

23. Сулейменов Э.Н., Романтеев Ю.П., Сулейменов И.Э. Структурообразование в водных растворах оксида ванадия – 5. European Science and Technology. Materials of the III International Research and Practice Conference. Munich, Germany. October 30th–31st, 2012, vol. 1, p. 75 -79.

24. Sulejmenov E.N., Utelbaeva A.B., Meldeshov A.A., Romanteyev Y.P., Utelbaev B.T. Kinetics of growth and weight of vanadium gel on short-circuited probes from a various material. Journal of Chemistry and Chemical Engineering, ISSN 1934-7375, USA, January 2013, Volume 7, No.1, p. 13-17.

25. Suleimenov E.N. Microstructure of Electrolytes. 11th Spring Meeting of the International Society of Electrochemistry. USA. Theoretical and Computational Electrochemistry, 21-23 May, 2012. p 104.

26. Kenzhaliev B.K., Beisembaeva G.Zh., Berkinbayeva A.N., Utelbaev B.T., Zakharova N.A and Suleimenov E.N. Effects of Electric Current Parameters on Metal Solubility in Water Solutions. Conference Proceedings XII International Conference On Mineral Processing Technology (MPT – 2011). Recent Advances in Processing of Non – Ferrous and Industrial Minerals, HY 25 i 103, October 20–22, 2011, Udaipur, India.

27. Kenzhaliev B.K., Suleimenov E.N. Effects of Electric Current Parameters on Metals Solubility in Inorganic Water Solutions. 11th Spring Meeting of the International Society of Electrochemistry. USA. Theoretical and Computational Electrochemistry. 21-23 May, 2012, p. 105.

## EXTRACTION OF IONS OF Zn AND Cd FROM THIOCYANATE SOLUTIONS BY MELTS OF MIXTURES OF DIANTIPIRILMETHANE AND BENZOIC ACID

E. Alikina, Candidate of Chemistry, Associate Professor  
M. Degtev, Doctor of Chemistry, Full Professor, Head of a Chair  
Perm State University, Russia

The extraction of ions of Zn and Cd from acid thiocyanate solutions by melts of mixtures of diantipirilmethane and benzoic acid is studied. Optimal conditions of delamination and formation of liquids as well as extractions of metal ions are determined. The possibility of the quantitative extraction of ions of Zn and Cd from thiocyanate solutions by diantipirilalcanes is presented. The composition of extractable complex compounds is set and the mechanism of extraction is offered.

**Keywords:** extraction by melts, diantipirilmethane, thiocyanate solutions, benzoic acid.

Conference participants,  
National championship in scientific analytics

### Введение

В семидесятые годы прошлого столетия отмечалось, что ионы металлов легко извлекаются при повышенной температуре из водных растворов расплавами органических соединений [1-4]. При этом не требуется применения жидкого органического растворителя. При температуре, не превышающей температуру кипения воды, твердый экстрагент образует вторую жидкую (органическую) фазу, т.е. осуществляется вариант обычной жидкофазной экстракции. Использование таких систем позволяет избежать основного недостатка жидкостной экстракции – необходимости применения токсичных, пожароопасных органических растворителей. Кроме того, после экстракции и охлаждения органическая фаза затвердевает и превращается в компактную массу – расплав, позволяющий легко разделять твердую органическую и жидкую водную фазы.

В качестве легкоплавких органических реагентов широко используются органические основания и кислоты. Из оснований чаще других применяли антипирин, пиразолон, дифенилгуанидин, амины; а в качестве кислот – резорцин, пирокатехин, нафталин-сульфокислоту, салициловую, монохлоруксусную кислоты и др. [5-9]. Известно, что антипирин и его производные обладают высокой экстракционной способностью по отношению к ионам металлов из различных по составу водных растворов. Однако сведения по их применению для экстракции неорганических ионов расплавами отсутствуют.

В работах [10] приведены сведения об экстракции ионов металлов из тиоцианатных растворов в хлороформе в присутствии диантипирилметана (ДАМ) и его гомологов. Можно считать, что тиоцианатная система является универсальной, поскольку в ней извлекается более 40 ионов металлов. В связи с этим составлен ряд экстрагируемости ионов металлов из тиоцианатных растворов:  $\text{Sn(II)} > \text{Sn(IV)} > \text{Zn}$  ( $E = 99,9\%$ ,  $\approx 1$  моль/л  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , 1 моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $> \text{Co} > \text{Mo} > \text{W} > \text{Ga} > \text{Fe(III)} > \text{In} > \text{Hg(II)} > \text{Sc} > \text{V(IV)} > \text{Cd}$  ( $E = 60,0\%$ ,  $\approx 1$  моль/л  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , 1 моль/л  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $> \text{Mn(II)}$  [11].

## ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ Zn И Cd ИЗ ТИОЦИАНАТНЫХ РАСТВОРОВ РАСПЛАВАМИ СМЕСЕЙ ДИАТИПИРИЛМЕТАНА И БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ

Аликина Е.Н., канд. хим. наук, доцент  
Дегтев М.И., д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой  
Пермский государственный университет, Россия

Изучена экстракция ионов цинка и кадмия расплавами смесей диантипирилметана и бензойной кислоты из кислых тиоцианатных растворов. Определены оптимальные условия расслаивания и образования расплава, а также экстракции ионов металлов. Показана возможность количественной экстракции ионов цинка и кадмия из тиоцианатных растворов диантипирилалканами. Установлен состав извлекаемых комплексных соединений, предложен механизм экстракции.

**Ключевые слова:** экстракция расплавами, диантипирилметан, тиоцианатные растворы, бензойная кислота.

Участники конференции,  
Национального первенства по научной аналитике

Из представленного ряда очевидно, что степень экстрагируемости Zn и Cd заметно различается.

В данном сообщении приведены сведения об экстракции ионов Zn(II) и Cd(II) расплавами смесей ДАМ и бензойной кислоты (БК) в присутствии тиоцианат-ионов.

### Экспериментальная часть

В качестве экстрагента применяли смесь БК «чда» и ДАМ, который синтезировали по методу [11]. Стандартные растворы сульфатов цинка и кадмия (0,1 моль/л) готовили растворением навесок  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  в дистиллированной воде. Концентрацию ионов металлов определяли комплексонометрически, используя аммиачный буферный раствор с  $\text{pH} = 9$  и индикатор ЭХЧ ЕТ-00. Стандартные растворы тиоцианат-ионов (2,0 моль/л) готовили растворением навески  $\text{NH}_4\text{SCN}$  «хч» в дистиллированной воде. Концентрацию тиоцианат-ионов определяли потенциометрическим титрованием.

Влияние различных факторов на образование расплава, а также распределение ионов Zn и Cd между фазами изучали в градуированных пробирках с притертыми стеклянными пробками при нагревании до  $80^\circ\text{C}$  в течение 10 минут, периодически перемешивая.

Необходимую концентрацию ионов водорода создавали введением соответствующей неорганической кислоты  $\text{HX}$  ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), а концентрацию тиоцианат-ионов – введением 2 моль/л раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$ .

После достижения экстракционного равновесия (10 мин) пробирки охлаждали до комнатной температуры, а застывший экстракт отделяли от водной фазы механически.

Органическую фазу (расплав) вследствие высокой ее вязкости растворяли в этиловом, изоамиловом спиртах или ацетоне, и проводили определение ионов Zn и Cd титриметрически. Контроль за содержанием последних осуществляли также по водной фазе.

Состав экстрагируемых комплексов устанавливали билогарифмическим методом и по результатам химического анализа экстракта-расплава на все компоненты. В последнем случае в аликвотных частях спиртового экстракта

определяли концентрацию ионов металла по выше предложенному методу, концентрацию ионов водорода – алкалиметрически с индикатором бромкрезоловым зеленым, концентрацию ДАМ – по методу [11], а содержание тиоцианат-ионов – аргентометрически. Концентрацию всех компонентов рассчитывали с учетом значений контрольного опыта.

### Результаты и их обсуждение

При нагревании до 80°C в исследуемых системах ДАМ – БК – NH<sub>4</sub>SCN – НХ – H<sub>2</sub>O происходит расслаивание водной фазы при концентрации ионов водорода от 0,01 до 8,0 моль/л. Соотношение V<sub>в</sub>:V<sub>о</sub> достигает значения 80-100 и появляется возможность абсолютного концентрирования микроколичеств ионов металлов.

Влияние кислотности водной фазы на область расслаивания, и, соответственно, на степень извлечения ионов свидетельствует о том, что расслаивание существует в широком интервале концентрации HCl или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (табл. 1).

При этом нижняя органическая фаза объемом 0,8 – 1,4 мл содержит весь ДАМ в виде тиоцианатной соли и соли с

БК. Такая «микрофаза» как жидкий ионит способна взаимодействовать с металлокомплексными анионами и, как следствие, экстрагировать их. При охлаждении до комнатной температуры микрофаза застывает. Увеличение объема водной фазы от 20 до 100 мл не влияет на образование микрофазы и на ее объем.

В присутствии H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> объем расплава меньше, чем, например, в присутствии HCl или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

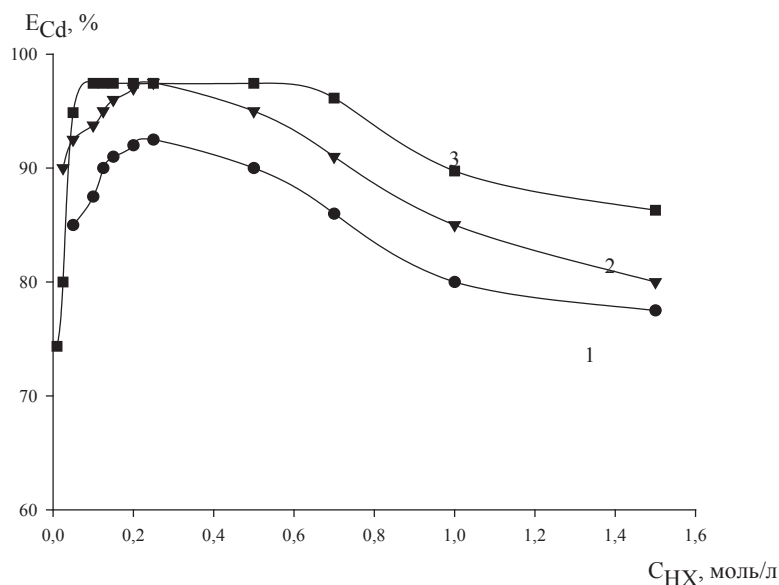
Таким образом, оптимальными условиями образования расплава (объемом ≈ 1 мл, что необходимо для аналитических целей) будут: n<sub>ДАМ</sub>:n<sub>БК</sub> = 1:1, Σn = 4·10<sup>-3</sup> моль, [H<sup>+</sup>] = 0,01 – 8,0 моль/л, [SCN<sup>-</sup>] = 0,1 – 0,3 моль/л, V<sub>общ</sub> = 100 мл.

Исследование влияния концентрации неорганической кислоты НХ на экстракцию ионов Cd и Zn показало, что Cd извлекается более, чем на 90 % в интервале 0,1 – 0,6 моль/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. В присутствии H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> интервал концентрации ионов водорода расширяется до 1,0 моль/л, а в присутствии HCl кадмий извлекается на 92 % при ее концентрации 0,2 моль/л (рис. 1).

Таблица 1.

**Влияние концентрации неорганической кислоты на объем расплава**  
(n<sub>ДАМ</sub>:n<sub>БК</sub> = 1:1, Σn = 0,004 моль, C<sub>SCN<sup>-</sup></sub> = 0,25 моль/л)

Концентрация кислоты, моль/л	V расплава, мл		
	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
0,01	0,5	1,1	0,8
0,1	1,0	1,1	0,9
0,25	1,1	1,2	1,0
0,5	1,2	1,2	0,9
1,0	1,2	1,3	0,9
2,0	1,2	1,2	0,9
4,0	1,2	1,2	0,9

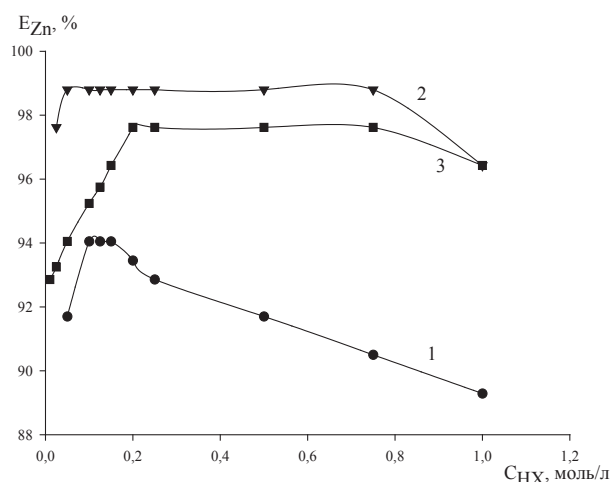


**Рис. 1. Зависимость степени извлечения ионов кадмия в системе ДАМ – БК – NH<sub>4</sub>SCN – НХ – вода. 1 – HCl; 2 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 3 – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**  
(n<sub>ДАМ</sub> = n<sub>БК</sub> = 0,002 моль, C<sub>SCN<sup>-</sup></sub> = 0,25 моль/л, C<sub>Cd</sub> = 0,01 моль/л, V<sub>общ</sub> = 20 мл)

Извлечение цинка эффективнее извлечения кадмия и составляет 98% в интервале 0,1 – 0,8 моль/л  $H_2SO_4$ , 0,25 – 0,75 моль/л  $H_3PO_4$ . В присутствии  $HCl$  цинк извлекается на 94% (0,1 моль/л  $HCl$ ). Полученные данные о различиях в экстракции  $Zn$  и  $Cd$  согласуются с константами устойчивости их тиоцианатных комплексов ( $pK_{уст}[Zn(SCN)_4]^{2-} = 3,02$ ;  $pK_{уст}[Cd(SCN)_4]^{2-} = 2,91$ ) [12].

Исследование экстракция  $Zn$  и  $Cd$  в зависимости от концентрации тиоцианат-ионов свидетельствует о том, что с ростом концентрации последних увеличивается степень экстракции обоих катионов, т.е. экстракционная способность системы ДАМ – БК – НХ –  $H_2O$  повышается. Так, для количественной экстракции цинка необходим 12-кратный избыток тиоцианат-ионов, а для максимальной экстракции (> 97%) кадмия – 20-кратный избыток. Однако следует отметить, что при  $[SCN^-] > 0,3$  моль/л расплав начинает кристаллизоваться, при этом степень экстракции ионов металлов снижается до 70-80%, что связано со сверхстехиометрической экстракцией тиоциановодородной кислоты  $HSCN$ , которая конкурирует с извлекаемыми катионами за реагент.

Состав извлекаемых комплексных соединений определяли биогарифмическим методом. Определены соотношения ДАМ: $Me^{2+}$  и  $SCN^-:Me^{2+}$ , которые оказались равными соответственно 2:1 и 4:1. Таким образом, в расплав ионы  $Cd$  и  $Zn$  извлекаются в виде ацидокомплексов следующе-



**Рис. 2.** Зависимость степени извлечения ионов цинка в системе ДАМ – БК –  $NH_4SCN$  – НХ – вода:

1 –  $HCl$ ; 2 –  $H_2SO_4$ ; 3 –  $H_3PO_4$  ( $n_{ДАМ} = n_{БК} = 0,002$  моль,  $C_{SCN^-} = 0,25$  моль/л,  $C_{Zn} = 0,01$  моль/л,  $V_{общ} = 20$  мл)

го состава  $(ДАМ \cdot H)_2[Cd(SCN)_4]$  и  $(ДАМ \cdot H)_2[Zn(SCN)_4]$ . Такой состав комплексов был подтвержден методом химического анализа экстракта, полученного в оптимальных условиях экстрагирования. Результаты химического анализа представлены в табл. 2.

Установленный состав извлекаемых комплексов позволяет предположить следующий механизм экстракции, учитывая, что экстрагентом является тиоцианатная соль ДАМ:



т.е. экстрагируется тиоцианатный комплекс ионов металлов, сольватированный бензоатной солью реагента.

Установление состава экстрагируемых комплексных соединений, с одной стороны, помогает определить химизм экстракционных процессов, а с другой – прогнозировать оптимальные условия для извлечения, разделения и концентрирования ионов металлов. При этом нельзя забывать и о возможности установления аналогии или различия между экстракцией в классических жидких двухфазных системах и системах без органического растворителя и, в частности, в случае экстракции расплавами.

Действительно, наблюдаются существенные различия в поведении тиоцианатных комплексов  $Cd$  и  $Zn$  при экстракции хлороформным раствором ДАМ и расплавом смеси ДАМ и БК. Появляется возможность количественно извлекать расплавами ионы металлов, которые невозможно было извлекать в случае жидкофазной экстракции, не меняя природу реагента и условия экстрагирования. Экстракция расплавами дает возможность создать высокую концентрацию реагента и повысить вероятность образования малоустойчивых комплексов. При повышенной температуре и высокой концентрации реагента увеличивается скорость экстракции, что существенно при извлечении кинетически инертных комплексов.

## References:

1. Umland, F. Über die Verteilung von Metall-8-hydroxychinolinverbindungen zwischen Wasser und organischen Lösungsmitteln. VII. Mitteilung. Übersicht über die pH-Bereiche der Verteilung der bekannten Metall-oxinverbindungen zwischen Wasser und Chloroform. Mitl. Textabbildung / F. Umland, K. Adam, H. Baden, G.H. Gudmundsson, R. Haar, W. Rachwitz, D. Schünemann, V. Shah, D. Thierig, R. Werrmann // Z. Analyt. Chem. – 1962. – В. 190. – Н.1. – P. 186 – 202.

**Таблица 2.**

**Анализ органической фазы после экстракции ионов кадмия и цинка ДАМ из тиоцианатных растворов ( $V_{общ} = 20$  мл)**

Определяемый компонент	Введено, $n \cdot 10^{-4}$ моль		Найдено, $n \cdot 10^{-4}$ моль	
	Cd	Zn	Cd	Zn
ДАМ	8,0	10,0	7,7	10,2
$H^+$	10,0	10,0	7,8	10,0
$Me^{2+}$	4,0	5,0	3,8	5,0
$SCN^-$	40,0	30,0	15,1	19,8



2. Umland, F. Über Additionsverbindungen des Tris-(8-hydroxychinolino)-chrom (III) mit Alkoholen, Äthern und Aminen // F. Umland, K. Adam // Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie. – 1965. – В.341. – Н.5-6. – P. 308–323.

3. Fujinaga, T. Analysis of metals by solid-liquid separation after liquid-liquid extraction. Spectrophotometric determination of palladium (II) by extraction of palladium dimethylglyoximate with melted naphthalene / T. Fujinaga, H. Satake, T. Yonekubo // Talanta. – 1972. – V.19. – №5. – p. 689 – 692.

4. Лобанов, Ф.И. Экстракция неорганических соединений расплавами органических веществ: в сборнике «Итоги науки и техники. Сер. Неорганическая химия». Т.7. М., 1980. – 84 с.

5. Петров, Б.И. Об устранении основного недостатка процессов жидкостной экстракции неорганических соединений / Б.И. Петров, Г.Ю. Афондикова // Журн. прикл. химии. – 1985. – Т.58. – №10. – С. 2194–2199.

6. Петров, Б.И. Об использовании расслаивающихся систем с пограничной тройной системой антипирин - монохлоруксусная кислота – вода для экстракции элементов / Б.И. Петров, С.И. Рогожников, Т.П. Яковлева // Журн. прикл. химии. – 1992. – Т.65. – №5. – С. 1000–1007.

7. Петров, Б.И. Применение водной расслаивающейся

системы, содержащей диантипирилметан и нафталин-2-сульфокислоту для экстракции ионов некоторых металлов / Б.И. Петров, С.А. Денисова, Т.П. Яковлева, А.Е. Леснов // Журн. аналит. химии. – 1998. – Т.53. – №3. – С. 287–290.

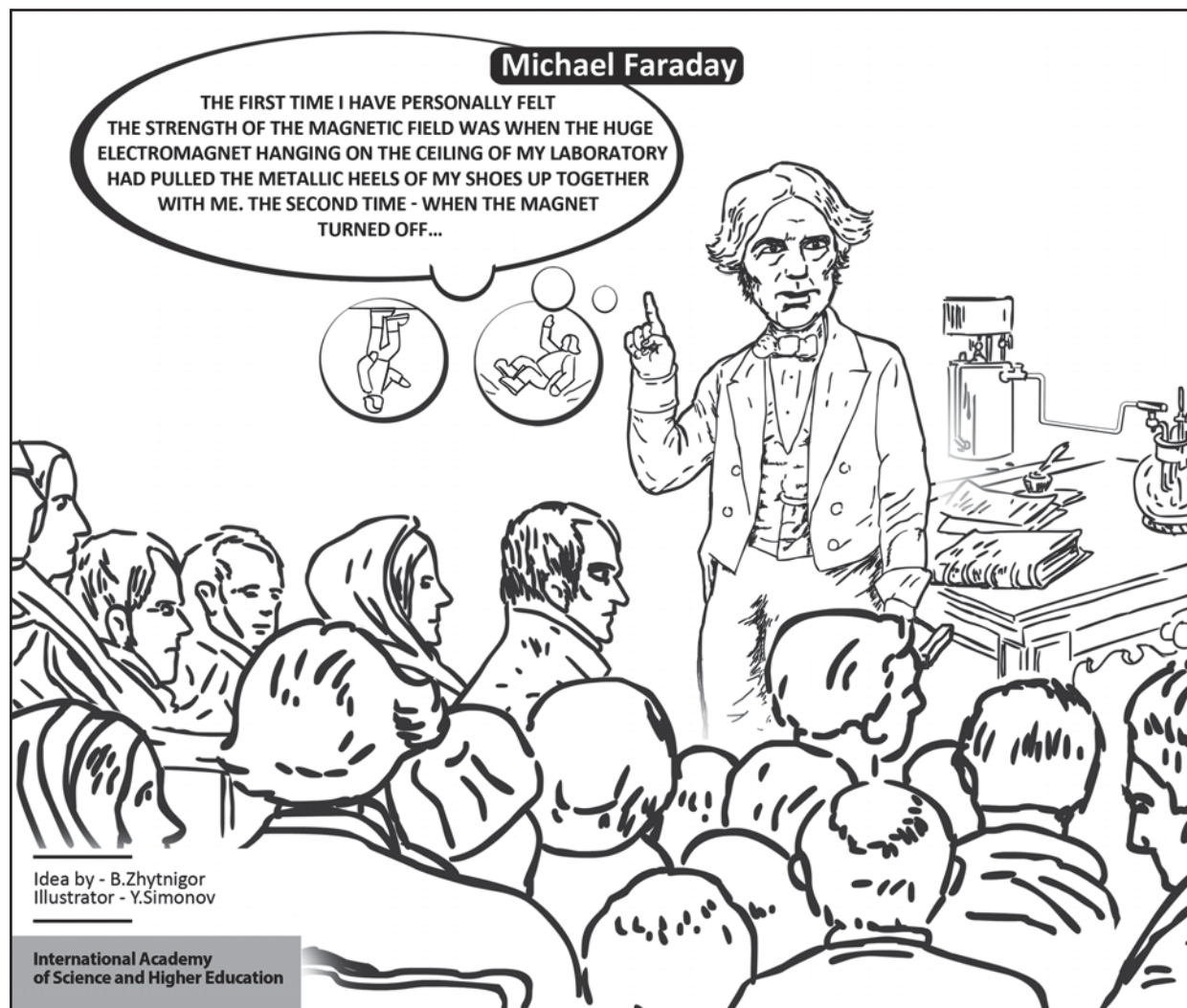
8. Петров, Б.И. Межфазные равновесия и распределение комплексов металлов в системе вода – диантипирилгептан – нафталин-2-сульфокислота // Б.И. Петров, С.А. Денисова, А.Е. Леснов // Журн. неорг. химии. – 1999. – Т.44. – №1. – С. 141–143.

9. Денисова, С.А. Фазовые равновесия и распределение ионов металлов в системе вода – диантипирилметан – нафталин-2-сульфокислота – хлороводород / С.А. Денисова, А.Е. Леснов, Б.И. Петров // Журн. неорг. химии. – 2003. – Т.48. – №8. – С. 1381–1385.

10. Петров, Б.И. Диантипирилметаны как экстракционные реагенты / Б.И. Петров // Журн. аналит. химии. – 1983. – Т.38. – №11. – С. 2051–2077.

11. Живописцев, В.П. Методы получения и свойства реагентов группы диантипирилметана / В.П. Живописцев, Б.И. Петров // Ученые записки Пермского ун-та. Пермь: Перм. ун-т. – 1974. – №324. – С. 252–269.

12. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. – 3-е изд., стереотипное. – М.: Химия, 1967. – 390 с.



## DELAMINATING SYSTEM ANTIPYRINUM – SULFOSALICYLIC ACID – WATER AND ITS APPLICATION FOR EXTRACTION OF IONS OF INDIUM (III) AND STANNUM (II, IV)

M.I. Degtev, Doctor of Chemistry, Full Professor, Head of a Chair  
S.I. Rogozhnikov, Candidate of Chemistry, Associate Professor  
O.N. Popova, Postgraduate student  
A.A. Yuminova, Postgraduate student  
Perm State University, Russia

Optimal conditions of the field delamination in the system antipyrinum – sulfosalicylic acid – water are found. They depend on the base compounds concentrations, the medium acidity and the salting-out agent. The received organic phase extracts macro-amounts of indium (III) and stannum (II, IV) effectively. The composition and the extracted compounds mechanism are determined and the method of their selective extraction is suggested.

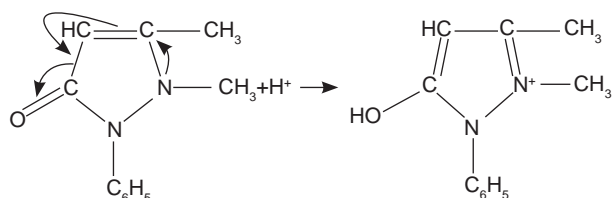
**Keywords:** antipyrinum, sulfosalicylic acid, hydrochloric acid, degree of extraction, sodium sulfate.

Conference participants, National championship  
in scientific analytics

Из многообразия экстракционных методов выделения и разделения ионов металлов предпочтение имеют системы без органического растворителя. Такие системы обеспечивают не только высокие коэффициенты распределения веществ, но и безопасность работы и возможность создания экологически чистых производств.

Среди органических соединений антипирин (АП) и сульфосалициловая кислота (ССК) – широко известные реагенты. С точки зрения современных теоретических представлений строение антипирина может быть выражено формулой, согласно которой в молекуле наблюдается сильный сдвиг электронной плотности вдоль цепи сопряжения двойных связей к кислороду карбонильной группы.

Такое строение определяет значительную полярность антипирина и его высокую растворимость в воде. При введении в раствор, содержащий антипирин, ионов водорода последние движутся к имеющему частичный отрицательный заряд атому кислорода. Процесс протекает согласно уравнению:



О присоединении протона к карбонилу с последующим образованием гидроксигруппы свидетельствуют ИК спектры солей антипирина, в которых полоса поглощения карбонильной группы  $1660\text{ см}^{-1}$  либо совсем исчезает, либо смещается в низкочастотную область более чем на  $100\text{ см}^{-1}$ .

Существующий в кислых средах катион антипириния со многими анионами, в том числе металлокомплексными, образует ионные ассоциаты:  $(\text{LH})\text{X}$ ;  $(\text{LH})_{m-z}[\text{M}^{z+}\text{X}_m]$ , где

## РАССЛАИВАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА АНТИПИРИН – СУЛЬФОСАЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – ВОДА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ИОНОВ ИНДИЯ (III) И ОЛОВА (II, IV)

Дегтев М.И., д-р хим. наук, проф.  
Рогожников С.И., канд. хим. наук, доцент  
Попова О.Н., аспирант  
Юминова А.А., аспирант  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет, Россия

Определены оптимальные условия области расслаивания в системе антипирин – сульфосалициловая кислота – вода в зависимости от концентрации основных компонентов, кислотности среды и высаливателя. Образующаяся органическая фаза эффективно извлекает макроколичества индия (III) и олова (II, IV). Установлен состав и механизм экстрагируемых соединений и предложен вариант их селективного выделения.

**Ключевые слова:** антипирин, сульфосалициловая кислота, хлороводородная кислота, степень извлечения, сульфат натрия.

Участники конференции, Национального первенства  
по научной аналитике

$\text{M}^{z+}$  – ион металла,  $\text{X}^-$  – однозарядный анион, L – антипирин. Известны соединения антипирина и аномального состава  $(\text{L}_2\text{H})_{m-z}[\text{M}^z\text{X}_m]$ . ИК спектры этих соединений в кристаллическом состоянии практически не отличаются от спектров соединений обычного состава, что свидетельствует о связывании всех молекул антипирина через кислород группы  $\text{C}=\text{O}$ . Соединения являются ионными ассоциатами ониевого катиона диантипириния, в котором возникает межмолекулярная водородная связь между первоначально образовавшимся катионом антипириния и молекулой свободного антипирина.

При растворении АП и сульфосалициловой кислоты в воде также происходит кислотно-основное взаимодействие с образованием соли сульфосалицилата антипириния. Последняя в виде ионного ассоциата образует органическую фазу (ОФ) объемом 1,5-3,0 мл, которая извлекает из водных растворов комплексы ионов металлов различного состава. Объем ОФ зависит от определенного соотношения компонентов АП:ССК, отклонение от которого приводит к полной гомогенизации системы или к выделению твердых фаз переменного состава. Экспериментально установлено, что для применения расслаивающейся системы АП – ССК –  $\text{H}_2\text{O}$  в качестве экстракционной необходимо соблюдать соотношение АП:ССК = 6,8-6,2:3,2-3,8 (рис. 1). В молярном отношении это будет, моль/л: 0,6 : 0,3.

Из рис. 1 следует, что указанное соотношение обеспечивает объем ОФ 3,2 мл и дает устойчивое расслаивание системы без кристаллизации даже при пониженной температуре 285-288 К.

Значение  $\text{pH}_{\text{равн}}$  органической и водной фазы составляет 1,8 ед. и оно изменяется на 0,40 ед. при введении 3,5 мл 1,0 моль/л  $\text{HCl}$  и на 0,32 ед. в присутствии 2 мл 1,0 моль/л  $\text{NaOH}$ . Первоначальный объем ОФ (3,2 мл) и в том и в другом случае уменьшается до 2,0 мл. Гомогенизация системы наблюдается соответственно при 5,4 мл 1 моль/л  $\text{HCl}$  или

2,8 мл 1 моль/л NaOH. Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой буферной емкости расслаивающейся системы.

В оптимальных условиях расслаивания (2 моль/л: АП = 3 мл, ССК = 1,6 мл,  $V_{\text{общ}} = 10-15$  мл) исследована экстракция ионов олова (II и IV) и индия (III). Распределение макроколичеств ( $1 \cdot 10^{-4}$  моль) ионов металлов исследовали в делительных воронках вместимостью 50 мл. После встряхивания делительных воронок 30 сек, последние оставляли до полного расслаивания фаз (~30 мин) и определяли содержание ионов металлов в органической и водной фазах комплексонометрически [1].

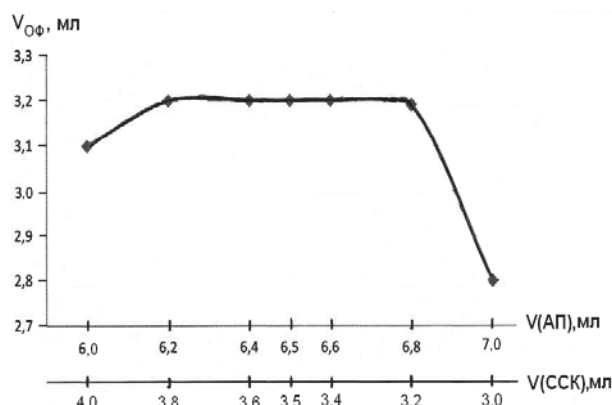
На рис. 2 представлены сведения по экстракции ионов олова (II, IV) в органическую фазу в зависимости от концентрации HCl или NaOH. Показано, что при концентрации HCl, равной 0,1 моль/л (растворы олова приготовлены на 2 моль/л HCl), извлечение максимальное и соответствует 88% – Sn(II) и 92% – Sn(IV). При этом значение  $pH_{\text{равн}}$  становится равным 1,40. Дополнительное введение HCl или NaOH приводит к уменьшению объема органической фазы и, как следствие, к снижению извлечения олова (II, IV).

Для повышения извлечения олова изучено влияние ряда неорганических солей ( $NH_4Cl$ , KCl,  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$ ) на фазообразование и распределение ионов олова (II) и (IV). Из рассмотренных солей наибольшее влияние оказывает хлорид калия, так, начиная с концентрации KCl, равной 1,3 моль/л, наблюдается количественное извлечение олова (II, IV). При этом объем органической фазы увеличивается до 3,2–3,3 мл, а степень извлечения ионов олова составляет > 99%.

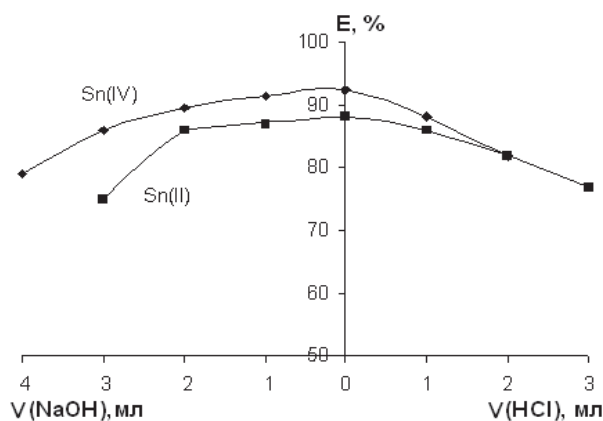
Дальнейшее увеличение концентрации KCl не влияет на экстрагируемость ионов металла, что связано с типом извлекаемых соединений. В условиях достаточного избытка хлорид-ионов олово (II) и олово (IV) образуют экстрагируемые хлоридные комплексные анионы высшего порядка  $[SnCl_4]^{2-}$  или  $[SnCl_6]^{2-}$ . Последние извлекаются в органическую фазу в виде ионного ассоциата с протонированной формой реагента, сольватированные сульфосалицилатом антипирина, что подтверждено экспериментальными данными по элементному анализу экстракта. Таким образом, извлекаемые комплексы можно представить в следующем виде:  $(AP \cdot H)_2[SnCl_4] \cdot (AP \cdot H)CCK^-$  и  $(AP \cdot H)_2[SnCl_6] \cdot (AP \cdot H)CCK^-$ .

На рис. 3 приведены данные об экстракции ионов индия (III). Как следует из рисунка, экстракция макроколичеств индия не превышает 50%, что связано с наличием в системе  $H_2SO_4$ , на которой приготовлен раствор  $In_2(SO_4)_3$ . В связи с этим дополнительно исследована экстракция индия (III) от переменных количеств  $H_2SO_4$  (0,25 моль/л) и 0,5 моль/л NaOH или  $NH_4OH$ .

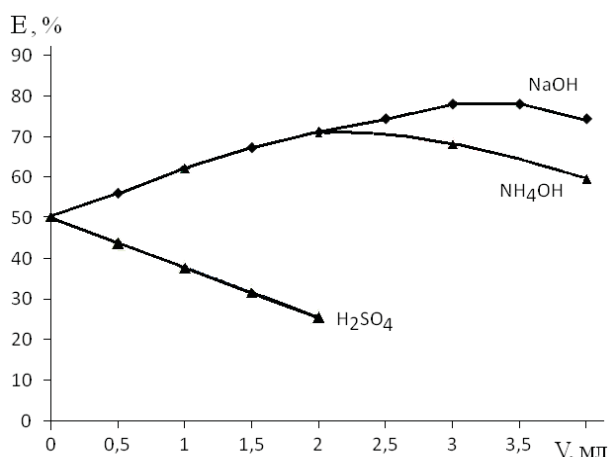
Данные рис. 3 свидетельствуют о том, что введение  $H_2SO_4$  подавляет степень извлечения индия. И, напротив, NaOH и  $NH_4OH$  повышают извлечение индия до 78 и 70% соответственно. Такое поведение расслаивающейся системы связано с механизмом и составом извлекаемого комплекса. Наличие  $H_2SO_4$  подавляет извлечение хелатных комплексов и комплексов внедрения, что согласуется с литературными данными [2]. Присутствие NaOH или  $NH_4OH$



**Рис. 1.** Зависимость  $V_{\text{Оф}}$  от количества 2 моль/л растворов АП и ССК в интервале их соотношений 7:3 – 6:4



**Рис. 2.** Зависимость степени извлечения ионов олова (II, IV) от количеств 1 моль/л растворов HCl или NaOH в системе АП – ССК –  $H_2O$  ( $C_{\text{АП}} = 0,6$  моль/л,  $C_{\text{ССК}} = 0,4$  моль/л)



**Рис. 3.** Зависимость степени извлечения индия от количеств 0,25 моль/л  $H_2SO_4$ , 0,5 моль/л NaOH или  $NH_4OH$ :  $V_{\text{общ}} = 10$  мл

повышает значение  $pH_{\text{равн}}$  и подавляет активность воды, что и в том и другом случае способствует извлечению хелатных комплексов In с ССК и комплексов внедрения индия (III) с АП.

Влияние концентрации высаливателя на степень извлечения индия (III) в органическую фазу: АП – 0,6 моль/л; ССК – 0,32 моль/л

$C_{\text{Высал.}}$ моль/10 мл	Степень извлечения $\text{In}^{3+}$ , %		
	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{K}_2\text{SO}_4$ **	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ **
0,10	79,0	82,1	83,3
0,25	83,3	88,1	91,7
0,50	89,3	92,9	95,2
0,75	90,5	– *	98,4
1,00	94,0	– *	98,6

\* В ОФ выпадают кристаллы сульфата калия.

\*\* Экстракцию проводили при нагревании системы до 333-343 К в течение 5-7 мин.

Обоснованность такого предположения подтверждена влиянием концентрации высаливателя ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) на степень извлечения индия (III). Для создания необходимого значения  $\text{pH}_{\text{равн.}}$  в расслаивающуюся систему вводили 3 мл 0,5 моль/л NaOH, определенное количество высаливателя и доводили объем водной фазы до 10 мл дистиллированной водой. Полученные результаты (таблица) показали, что максимальную степень извлечения обеспечивают  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (98,6%) и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (94,6%). Сульфат калия малоэффективен вследствие невысокой его растворимости и неполного извлечения  $\text{In}(\text{III})$ . В случае  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  необходимо нагревать водную фазу при температуре 333-343 К (5-7 мин) до полного растворения высаливателя. Следует отметить, что введение высаливателя увеличивает объем органической фазы вдвое. По высаливающей способности, увеличивающей степень извлечения индия, сульфаты щелочных элементов и катиона аммония расположены в последовательности:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 > (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{K}_2\text{SO}_4$ .

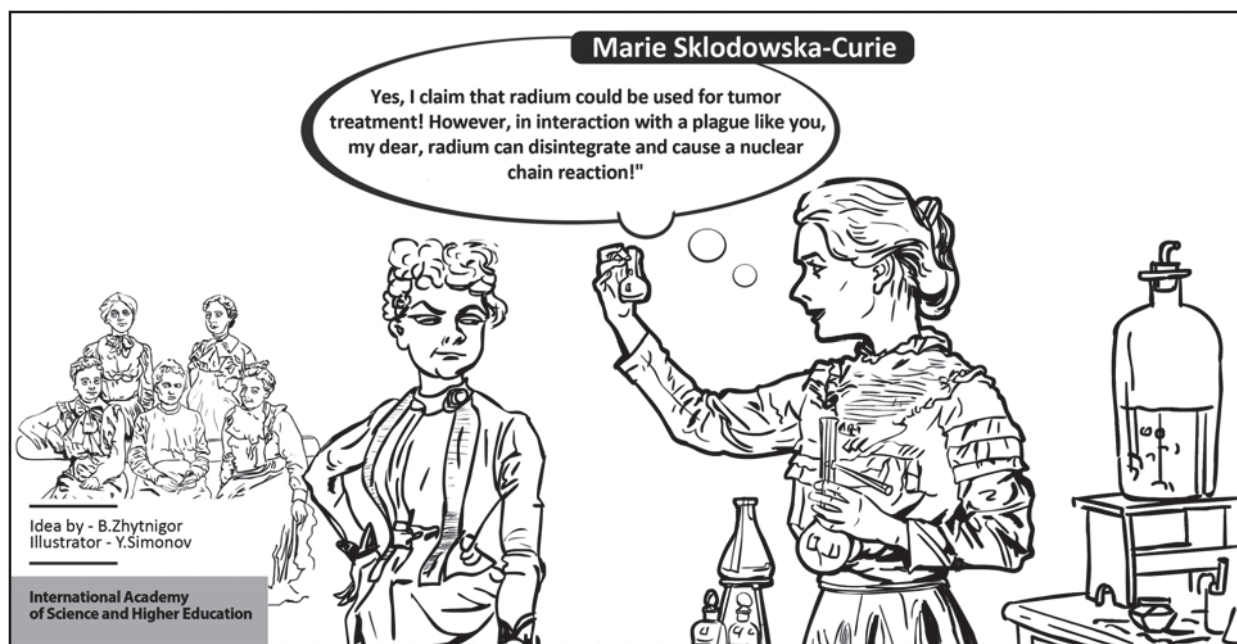
В оптимальных условиях извлечения  $\text{In}^{3+}$  построена изотерма экстракции, согласно которой насыщение органической фазы происходит при концентрации элемента в

водной фазе, равной 0,3 моль/л. При этом максимальная концентрация индия (III) в ОФ составляет 0,118 моль/л. Логарифмическая зависимость  $\lg D_{\text{In}} - \lg C(\text{In})_{\text{B}}$  показала, что в интервале концентрации  $\text{In}(\text{III})$  в водной фазе от 0,01 до 0,1 моль/л тангенс угла наклона кривой близок к 1, что свидетельствует о мономерной форме элемента в составе комплекса.

Из приведенных данных изотермы экстракции, а также логарифмической зависимости  $\lg D_{\text{In}} - \lg C(\text{АП})$  и анализом насыщенных ионами индия экстрактов можно предположить соотношение компонентов в комплексе, равное  $\text{АП}:\text{In}(\text{III}):\text{ССК} = 2:1:2$ . Полученное соотношение позволяет выразить комплекс в виде сольвата следующего состава  $[(\text{ССК}^-)_2 \cdot \text{In}^{3+} \cdot 2\text{АП}]^+(\text{АП}_2 \cdot \text{H})\text{ССК}^-$ .

#### References:

1. Шварценбах Г., Флашка П. Комплексометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 360 с.
2. Акимов В.К., Бусев А.И. Комплексные соединения антипирина и некоторых его производных (обзор) / Журнал аналит. химии. 1971. Т.26, Вып.1. С. 134-142.



Idea by - B.Zhytnigor  
Illustrator - Y.Simonov

International Academy  
of Science and Higher Education

## MODELING THE HEMODYNAMICS OF CORONARY ARTERIES TAKING THEIR INTERACTION WITH THE MYOCARDIUM INTO ACCOUNT

O. Schuchkina, postgraduate student

I. Kirillova, Candidate of Mathematical and Physical sciences,  
Associate Professor

Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Russia

Authors have carried out a study of mechanical properties of coronary arteries (CA), computer-based 3D modeling and numerical analysis of the stress-strain state (SSS) and hemodynamics of the left and right coronary arteries. The arterial wall material was assumed to be linear isotropic, and the blood - a Newtonian fluid. The data on the coronary arteries was analyzed taking into account their interaction with the myocardium.

**Keywords:** ischemic heart disease, atherosclerosis, coronary arteries, finite-element modeling.

Conference participants, National championship  
in scientific analytics

### **П**остановка задачи

Ишемическая болезнь сердца доминирует в структуре заболеваемости и является основной причиной инвалидизации населения России и других экономически развитых стран. Ишемия миокарда обусловлена снижением его перфузии, вызванной окклюзией коронарных артерий (КА). Среди окклюзионных поражений КА лидирующее положение занимает атеросклероз.

В последнее время в зарубежной и отечественной литературе появляется все больше публикаций, акцентирующих внимание на гемодинамической теории атерогенеза. Изучению подвергнуты как различные механизмы влияния потока крови на сосудистую стенку, так и влияние пораженной сосудистой стенки на распределение и свойства потоков крови.

Учеными установлено, что области с низкими касательными напряжениями, в том числе участки, близкие к разветвлениям, искривлениям или сужениям артерий, более атерогенны [1, 2, 3, 4]. В свете теории атерогенеза значительный интерес представляют работы Kumar [5] по изучению коронарных артерий, пораженных атеросклерозом.

Несмотря на огромное количество работ, посвященных моделированию и различным методам исследования сердечно-сосудистой системы, на сегодняшний день нет данных, описывающих гемодинамику и упруго-деформативные свойства нативных коронарных артерий с учетом их взаимодействия с миокардом.

Для изучения гемодинамики и напряженно-деформированного состояния коронарных артерий сердца человека необходимо построение максимально точной компьютерной модели с заданием реальных параметров свойств материала. В связи с этим, определение геометрии и механических свойств тканей является необходимым подготовительным этапом процесса моделирования. В данной работе представлены результаты исследования механических свойств коронарных артерий и результаты численного моделирования поведения левой и правой коронарных артерий, закрепленных на пульсирующем миокарде в норме и при различных степенях поражений атеросклерозом.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕМОДИНАМИКИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ С УЧЕТОМ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МИОКАРДОМ

Щучкина О., аспирант

Кириллова И.В., канд. физ.-мат. наук, доцент  
Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского, Россия

Проведено исследование механических свойств коронарных артерий (КА), компьютерное 3D моделирование и численный анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) и гемодинамики левой и правой коронарных артерий. Материал стенок артерий предполагался как линейный изотропный, кровь – ньютоновской жидкостью. Проведен анализ полученных данных для коронарных артерий с учетом их взаимодействия с миокардом.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, коронарные артерии, конечно-элементное моделирование.

Участники конференции, Национального первенства  
по научной аналитике

### **Механические испытания**

Исследования проводились на настольной одноклонной испытательной машине Instron 5944.

Эксперимент был проведен для 60 КА (30 ЛКА, 30 ПКА) с использованием BioBath при комнатной температуре в 0,9% водном растворе хлорида натрия – физиологическом растворе. Использование BioBath позволяет проводить испытания в жидкой среде, что повышает точность результатов, сохраняя свойства артерий приближенными к физиологическим. Во всех случаях причина смерти была не связана с поражением коронарных артерий. Все материалы были распределены по 4 возрастным группам: I группа – 61–70 лет, II группа – 51–60 лет, III группа – 41–50 лет, IV группа – 31–40 лет.

До начала экспериментов образцы сохранялись также в физиологическом растворе при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Образцы вырезались из сосуда в двух направлениях – продольном и окружном. В среднем длина образца составляла  $l_0 = 30 \pm 0,02$  мм для продольного и  $l_0 = 8 \pm 0,02$  мм для окружного направлений нагружения. Толщину образца определяли цифровым микрометром с погрешностью не более  $\pm 0,005$  мм. В случае цилиндрического образца – внешний диаметр сечения измеряют в трех местах по длине образца (в середине и у торцов). Допускается разность диаметров по всем измерениям не более 0,01 мм. За расчетный диаметр принимают среднее арифметическое результатов всех измерений.

Для восстановления физико-механических свойств сосуда, приближенных к физиологическому состоянию, проводилось 3 цикла «подготовки» (рис. 1). Скорость нагружения составляла 20 мм/мин.

В результате эксперимента были получены графики зависимости относительного удлинения – напряжения, которые имеют ярко выраженный линейный характер при одноосном растяжении.

Анализ полученных результатов для основных сегментов коронарных артерий показал:

- образцы IV группы (31–40 лет) обладают большей эластичностью, нежели образцы I группы (61–70 лет);
- при поражении стенок сосудов мелкоочаговым и

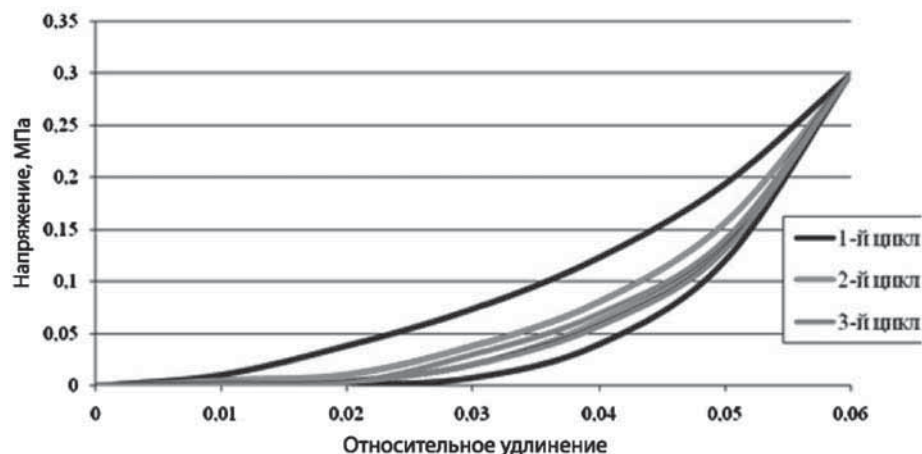


Рис. 1. График восстановления физиологических свойств материала при «предварительном» нагружении

крупноочаговым кардиосклерозом образцы демонстрируют малую эластичность, нежели не пораженные данной патологией;

- уменьшение эластичности при отдаленности сегмента от основной ветви артерии;
- рост жесткости ткани при возрастных изменениях стенок коронарных артерий сердца человека:
  - для основного ствола ЛКА изменение жесткости в 10 раз от IV (0.05 МПа) к I группе (0.5 МПа);
  - для огибающей ветви ЛКА изменение жесткости в 10 раз от IV (0.02 МПа) к I группе (0.2 МПа);
  - для диагональных ветвей ЛКА изменение жесткости в 6,5 раз от IV (0.15 МПа) к I группе (0.97 МПа);
  - для основного ствола ПКА изменение жесткости в 10 раз от IV (0.04 МПа) к I группе (0.4 МПа).

Анализ прочностных свойств показал, что:

- ветви ПКА прочнее ветвей ЛКА в среднем на 15%;
- крупные сегменты артерий обладают большей прочностью по сравнению с мелкими;

– для крупных сегментов артерий разница между пределами прочности для I и IV возрастных групп не более 45%;

– для мелких сегментов артерий разница между пределами прочности для I и IV возрастных групп составляет порядка 70%.

Это указывает на необходимость более раннего проведения мероприятий по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний.

### Построение 3D моделей коронарных артерий

Для реконструкции реальной геометрии артерий, учитывающих внутренний рельеф сосуда, применялся метод заливки силиконом *in vitro* (рис. 2, 3), а так же данные морфометрии, предложенные в руководстве для врачей [6], с использованием специализированного программного пакета SolidWorks 2008 (рис. 4).

В соответствии с данными, полученными при гистологическом исследовании, была задана толщина стенок коронарных артерий.

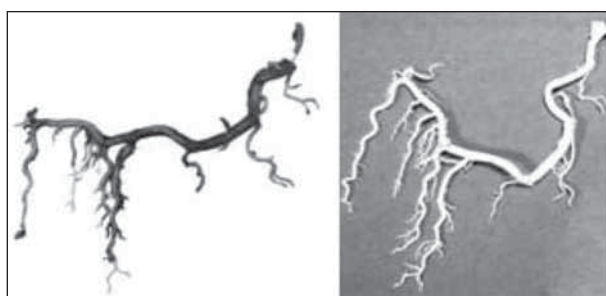


Рис. 2. ПКА и силиконовый слепок

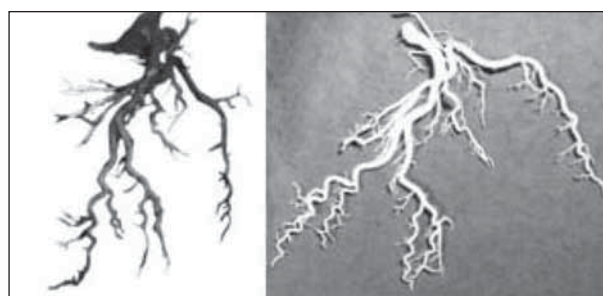


Рис. 3. ЛКА и силиконовый слепок

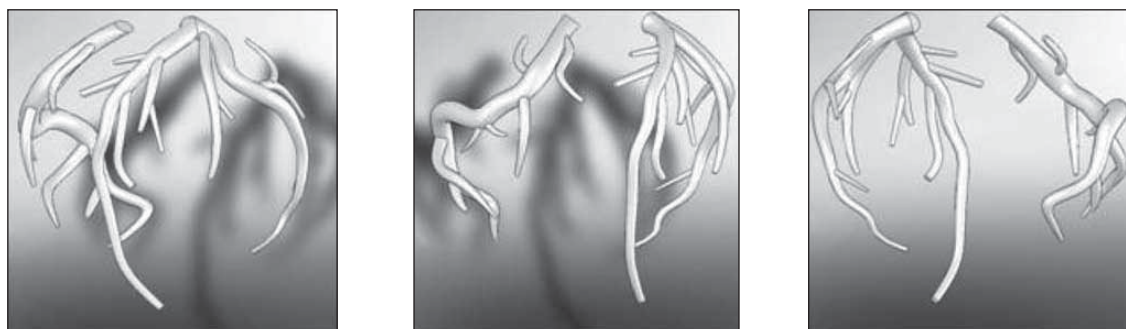
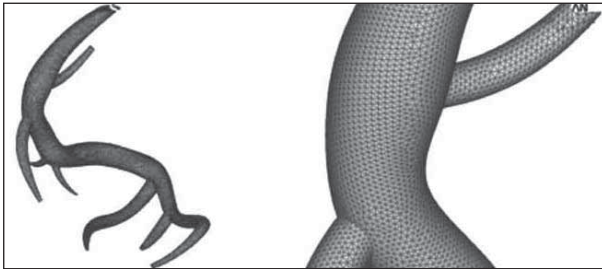


Рис. 4. 3D геометрия правой и левой коронарных артерий

**Импортрование данных в конечно-элементный пакет**

Изучение напряженно-деформированного состояния и гемодинамики коронарных артерий проводилось посредством конечно-элементного пакета *ANSYS Multiphysics*. Для расчетов на полученные объемы была наложена нерегулярная тетраэдрическая сетка с размером элементов 0,0007 для стенки правой и 0,0009 для стенки левой коронарных артерий и 0,0005 для жидкости (рис. 5).



**Рис. 5. Наложение расчетной сетки на модель коронарных артерий**

**Результаты расчетов**

При численном моделировании динамики кровотока и напряженно-деформированного состояния стенок коронарных артерий кровь предполагалась однородной, несжимаемой и ньютоновской жидкостью. Материал стенок предполагался однородным, изотропным, идеально-упругим. Движение стенки в нестационарном случае описывалось вторым законом Ньютона. Торцы сосуда жестко закреплены.

На стенке артерии ставилось условие равенства скоростей частиц жидкости, прилегающих к стенке, и соответствующих частиц стенки. На узлах элементов, принадлежащих внешней стенке артерии, соприкасающейся с миокардом, задавалось давление, соответствующее внешнему давлению сердечной мышцы на коронарные артерии.

На входе в артерию задавалась скорость течения крови, изменяющаяся по физиологическому закону. На выходе задавалось давление, соответствующее внесосудистому сжатию сегментов, погруженных в миокард.

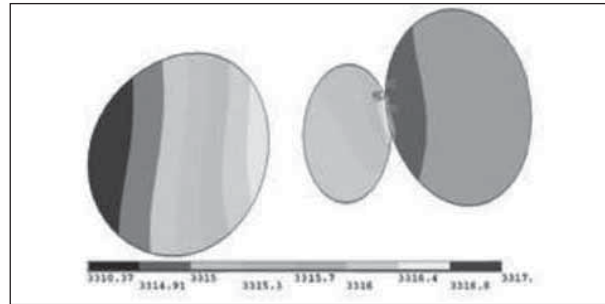
Механические характеристики крови, стенки артерии, тканей сердца:

$\rho_1 = 1050 \text{ кг/м}^3$ ,  $\eta = 0.0037 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ,  $\rho_2 = 1378 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 0.4$ ,  $E_1 = 5.5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  (модуль Юнга для левой коронарной артерии),  $E_2 = 8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$  (модуль Юнга для правой коронарной артерии), где  $\rho_1$  – плотность крови,  $\eta$  – вязкость крови,  $\rho_2$  – плотность стенки артерий,  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

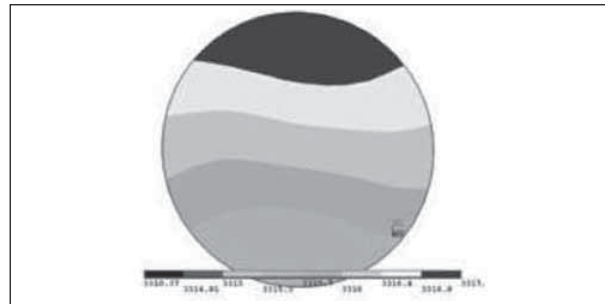
В ходе эксперимента были получены следующие результаты в заданном сечении:

- в районе первого разветвления левой артерии максимальное давление достигается в огибающей ветви (рис. 6). В районе изгиба правой артерии локальное давление крови минимально на внутренней стенке изгиба, а по мере приближения к наружной стенке увеличивается и достигает максимума на самой стенке (рис. 7);

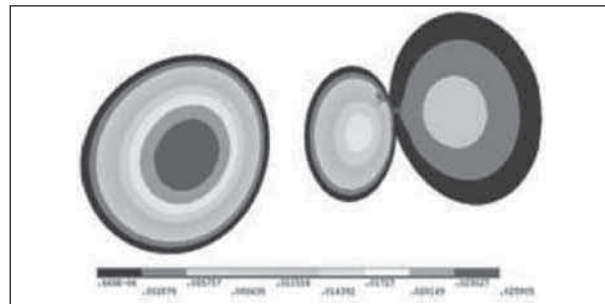
- максимальные значения скорости потока крови достигаются у внутреннего радиуса в районе изгиба артерий (рис. 8, 9). В первом сегменте правой и огибающей ветви левой артерий наблюдаются сравнительно низкие значения скоростей с образованием вихря (рис. 8, 10);



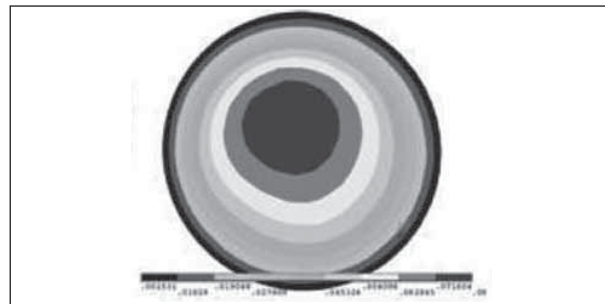
**Рис. 6. Распределение давления в заданном сечении ЛКА**



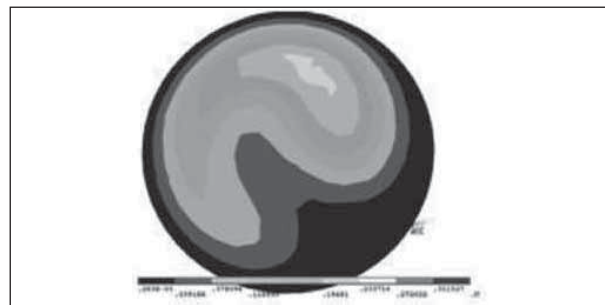
**Рис. 7. Распределение давления в заданном сечении ПКА**



**Рис. 8. Распределение значений скоростей в первом сегменте ЛКА**



**Рис. 9. Распределение значений скоростей в районе изгиба ПКА**



**Рис. 10. Распределение значений скоростей в первом сегменте ПКА**

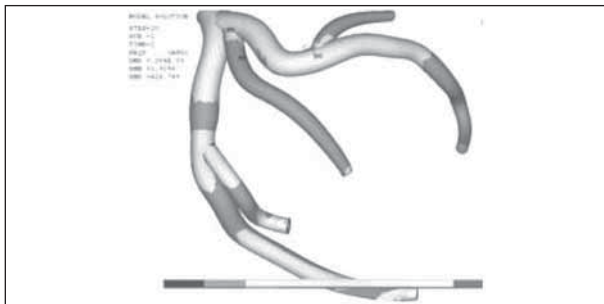


Рис. 11. Распределение значений касательных напряжений на стенках ЛКА

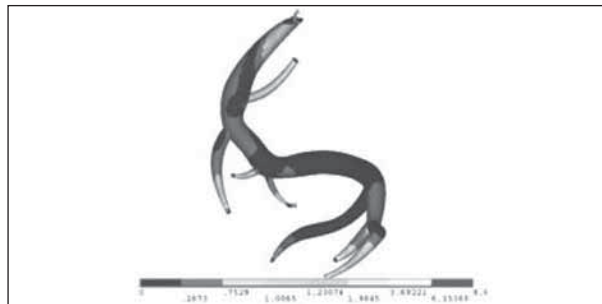


Рис. 12. Распределение значений касательных напряжений на стенках ПКА

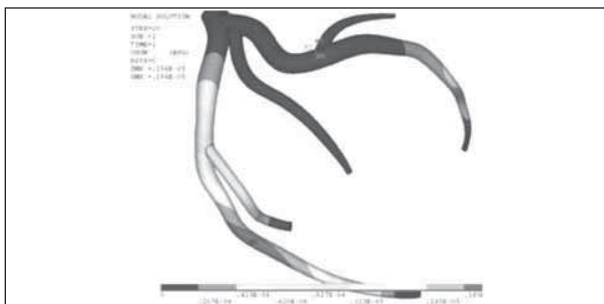


Рис. 13. Распределение перемещений узлов элементов ЛКА



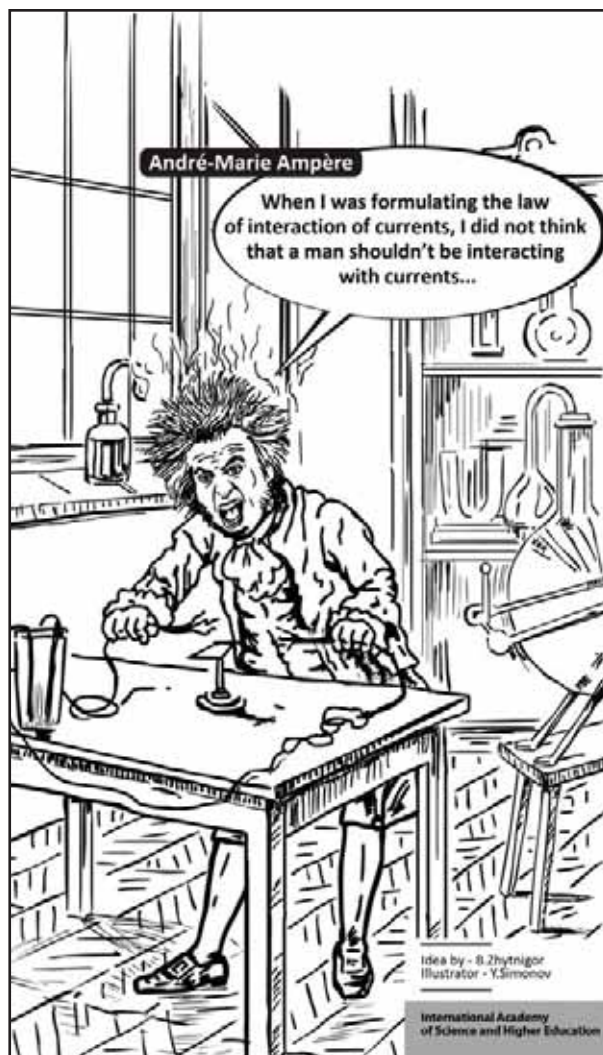
Рис. 14. Распределение перемещений узлов элементов ПКА

– как в зоне бифуркации, так и в зонах перегиба, за счет разницы давления ( $\gamma$  наружного и внутреннего радиуса) возникают потоки поперечной циркуляции, имеющие характер завихрения; в районе перегибов наблюдаются низкие касательные напряжения (рис. 11, 12);

– максимальные значения вектора перемещений узлов элементов достигаются в районе изгиба передней нисходящей ветви левой коронарной артерии (рис. 13), а так же на внешнем радиусе в районе перегиба правой артерии (рис. 14).

### References:

1. Malek A.M., Alper S.L., Izumo S. Hemodynamic shear stress and its role in atherosclerosis. // J. Am. Med. Assoc. 282(21), 1999. P. 2035–2042.
2. Cunningham, K.S., Gotlieb, A.I. The role of shear stress in the pathogenesis of atherosclerosis. // Lab. Invest. 85 (1), 2005. P. 9–23.
3. Jung J., Lyczkowski R.W., Panchal Ch. B., Hassanein A. Multiphase hemodynamic simulation of pulsatile flow in a coronary artery // J. Biomech. 2006. Vol. 39, issue 11. P. 2064-2073.
4. Gotlieb A.I. Atherosclerosis // Cardiovascular Pathology. 3rd ed. / eds. M.D. Silver, A.I. Gotlieb, F.J. Schoen. – N.Y.: Churchill Livingstone, 2001. P. 68-106.
5. Kumar A. Computational Model of Blood Flow in the Presence of Atherosclerosis // 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010). Singapore IFMBE Proceedings, 2010. Vol. 31, part 6. P. 1591-1594.
6. Авалиани В.М., Червов И.И., Шобнин А.Н. Коронарная хирургия при мультифокальном атеросклерозе. // М., 2005 Универсум. 384 с.





## EXPERIMENTAL STUDY OF SOLID-FLAME COMBUSTION BY THE Ni-AL SYSTEM METHOD OF HIGH-SPEED VIDEO FILMING

L. Atyuckaya, student  
A. Bebiya, student  
M. Boronenko, postgraduate student  
Ugra State University, Russia

Authors present results of the experimental study of a wave of combustion in powder mixes of the Ni-Al system with the help of the of high-speed video filming method. Characteristic spatial-temporal scales of the thermal structure of the SHS wave and temperature dynamics in a local point were determined on the basis of the received data.

**Keywords:** self-extending high-temperature synthesis, thermogram, reaction cell, brightness pyrometry, temperature field.

Conference participants, National championship  
in scientific analytics

Одним из способов получения наноструктурированных материалов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Совокупность возможных направленных воздействий на реакционную среду и их комбинации определяет множество вариантов реализации операций технологического горения и соответствующее разнообразие полученных веществ. Таким образом, для получения материалов с заданными свойствами, необходимо осуществлять контроль за процессами горения, а именно, температурой и скоростью распространения фронта горения.

Детальное исследование механизма взаимодействия СВС-систем требует применения комплексных методик эксперимента дополняющих друг друга. В качестве экспериментальной методики исследования СВ-синтеза может рассматриваться метод и аппаратура яркостной пирометрии высокого разрешения, впервые примененный к изучению закономерностей и механизма реакций в системе Ni-Al [1-2, 7-8].

Высокоскоростная микровидеосъемка позволяет наблюдать процесс горения с временным разрешением  $10^{-3}$  с, и пространственным порядка 100 мкм.

Так как реакция СВС протекала в пробирке, имеющей диаметр, близкий к критическому и теплоотвод через боковую поверхность существенен, то система уравнений, описывающих стационарное распространение волны имеет вид (1):

– уравнение теплопроводности;

$$\frac{\delta}{\delta x} \left( \lambda \frac{\delta T}{\delta x} \right) - mc \frac{\delta T}{\delta x} + \Theta - \frac{2\alpha}{d} (T - T_0) - \frac{2\varepsilon \delta T^4}{d} = 0;$$

– уравнение полноты реакции;

$$-m \frac{\delta \eta}{\delta x} + \frac{\Theta}{Q} = 0;$$

– при граничных условиях:

$$x = -\infty; \quad T = T_0, \quad \frac{\delta T}{\delta x} = 0, \quad n = 0;$$

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОПЛАМЕННОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМЫ Ni-AL МЕТОДОМ СКОРОСТНОЙ ВИДЕОСЪЕМКИ

Атюцкая Л.Ю., студент  
Бебия А.Г., студент  
Бороненко М.П., аспирант

Югорский государственный университет, Россия

В статье представлены результаты экспериментального исследования волны горения в порошковых смесях системы Ni-Al с помощью применения метода скоростной киносъемки. На основе полученных данных определялись характерные пространственно-временные масштабы тепловой структуры волны СВС и температурная динамика в локальной точке.

**Ключевые слова:** самораспространяющийся высокотемпературный синтез, термограмма, реакционная ячейка, яркостная пирометрия, температурное поле.

Участники конференции, Национального первенства  
по научной аналитике

$$x = +\infty; \quad T = T_0, \quad \frac{\delta T}{\delta x} = 0, \quad n = 1.$$

где  $\lambda = \lambda(\eta)$  – уравнение зависимости теплопроводности зоны горения от степени полноты реакции;  $m$  – массовая скорость горения;  $c$  – теплопроводность;  $\eta$  – степень полноты реакции,  $\varepsilon$  – коэффициент излучения реакционной зоны;  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана;  $Q$  – теплота реакции,  $T_0$  – начальная температура,  $d$  – диаметр образца,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи,  $\Theta$  – скорость тепловыделения. В условиях высоких градиентов температур конвективным теплообменом можно пренебречь.

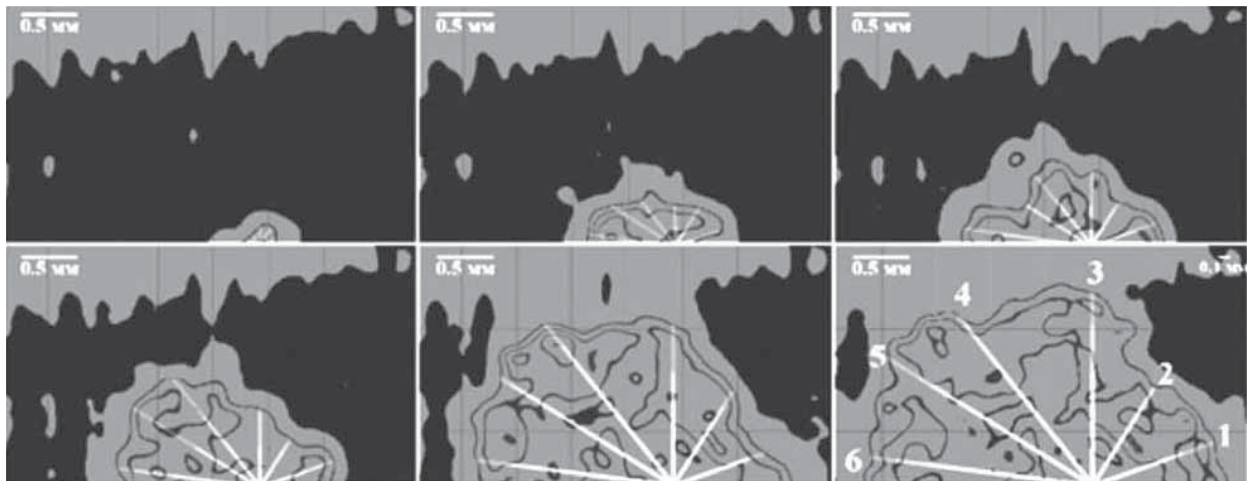
Наблюдение процесса горения СВС показало, что на начальной стадии развитие первичного одиночного очага привело к распространению фронта волны, имеющего форму, близкую к полусфере, скорость фронта примерно одинаковая во всех направлениях. Этот режим предусматривает наличие большого количества частиц реагентов в зоне инертного прогрева, так что их характеристики могут быть усреднены, и гетерогенная система заменяется гомогенной с этими усредненными свойствами.

Однако по мере продвижения фронта волны горения, симметричная форма искажается, что предопределяет направление фронта волны в дальнейшем (рис. 1). После окончания переходного процесса наблюдается:

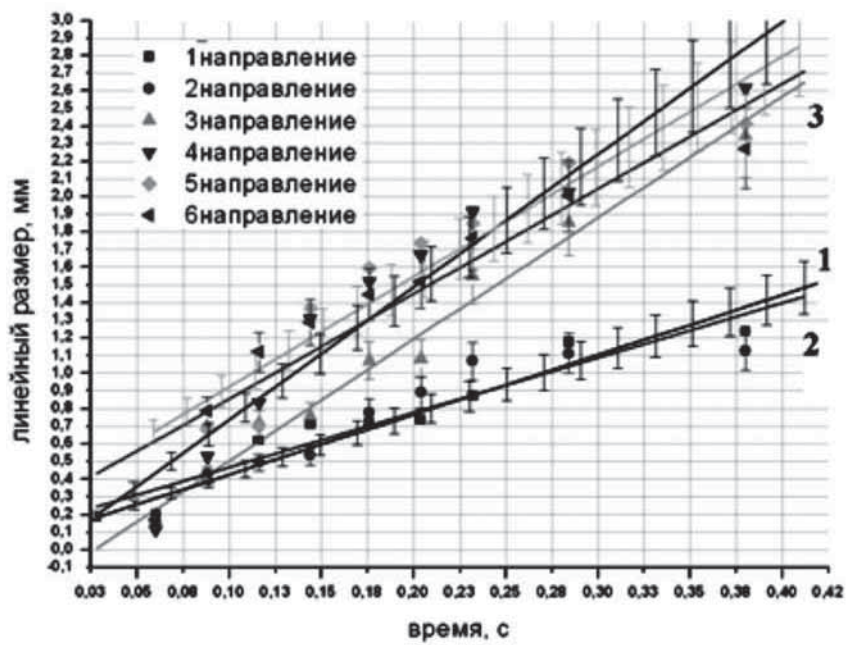
– воспламенение и сгорание отдельной частицы (реакционной ячейки) с характерным временем, – быстрое распространение фронта;

– задержка воспламенения, в течение которой имеет место прогрев соседней реакционной ячейки, – фронт волны неподвижен.

Таким образом, реализуется иной механизм распространения волны реакции – эстафетный или сцинтилляционный, в котором медленные периоды распространения тепла (стагнация фронта горения) сменяются активными периодами химического реагирования, сопровождающимися локальным повышением температуры (вспышка – сцинтилляция) и быстрым продвижением фронта. При этом ширина зоны реакции сравнима с масштабом гетерогенности среды (рис. 2).

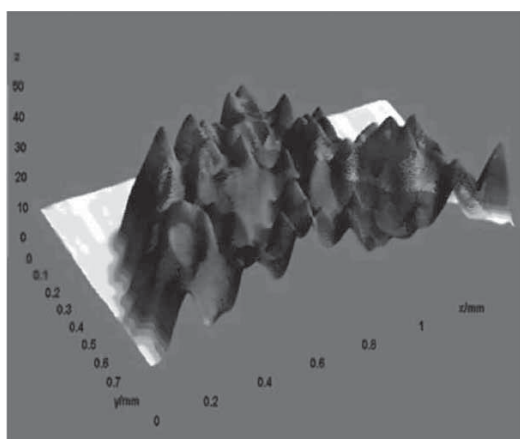


а)

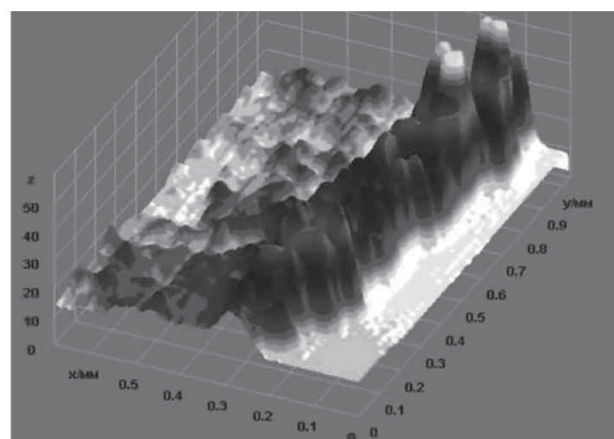


б)

Рис. 1: а) Последовательные изображения градиентного поля волны горения с выбранными направлениями; б) График изменения координаты фронта волны в зависимости от времени при переходе от гомогенного режима горения к эстафетному



а)



б)

Рис. 2: а) 3D-модель квазигомогенного режима горения CBC; б) 3D-модель CBC в эстафетном режиме горения

В рамках моделей механики сплошных сред перенос тепла в нестационарном случае описывается уравнением (2):

$$\alpha \cdot \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{C(T)\rho} = \frac{\partial T}{\partial t},$$

где  $\alpha$  – коэффициент температуропроводности;  $C(T)$  – теплоемкость;  $\rho$  – плотность образца;  $q_v$  – источник тепловыделения. Величину тепловыделения можно определить с помощью следующего выражения (3):

$$Q = \frac{W \cdot \rho \cdot v}{\Delta z \cdot n} \text{ Вт/м}^3,$$

где  $W$  – энергетический выход химической реакции, Дж/кг;  $\rho$  – реальная плотность образца, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость распространения волны, м/с;  $n$  – ширина зоны горения;  $\Delta z$  – толщина волны горения, м.

Компьютерная обработка последовательных кадров СВС-горения в скинтилляционном режиме позволяет определить мгновенное значение координат точек, составляющих линию фронта горения. Мгновенные значения скоростей в некоторых точках (рис. 3, а) поверхности образца исходя из термограмм горения СВС (рис. 3, б) дают разброс значений от  $V = 1,4$  мм/с, до  $V = 21,7$  мм/с. Причем, эти же высокоскоростные области являются и самыми высокотемпературными. Максимальная температура горения смеси, в соответствии с представлениями модели горения второго рода, должна лимитироваться темпера-

турой плавления наиболее тугоплавкого элемента смеси, т.е. никеля [4]. Однако, анализ динамики температурных полей областей реакции СВ-синтеза показал наличие горячих очагов со сверхadiaбатической яркостной температурой 1760 °С.

Превышение этой температуры можно объяснить переизлучением в порах, которое как известно, зависит от их геометрии. Так как форма пор в процессе СВС изменяется, то яркостная температура будет непостоянной. Исходя из анализа термограмм и наложений изолиний температурного поля и соответствующих областей насыпки и продукта реакции (рис. 4), можно следующее сделать следующие выводы:

1. Высокотемпературная зона зарождается на частицах никеля.
2. После того как прошла СВС-реакция, на месте высокотемпературной области есть полость.
3. В наблюдаемой высокотемпературной области поверхность частицы никеля, окруженная расплавом алюминия, образует реакционную ячейку.
4. Самая высокотемпературная область располагается вдоль границы реакционной ячейки, следовательно, в основном, там и протекают химические реакции.
5. Динамика реакционной ячейки (очага), показывает, что зарождение новых соединений (зародышей) происходит на выпуклых границах частицы никеля, контактирующей с расплавом алюминия (реакционной ячейки), с их последующим вытеснением в расплав [3-6].

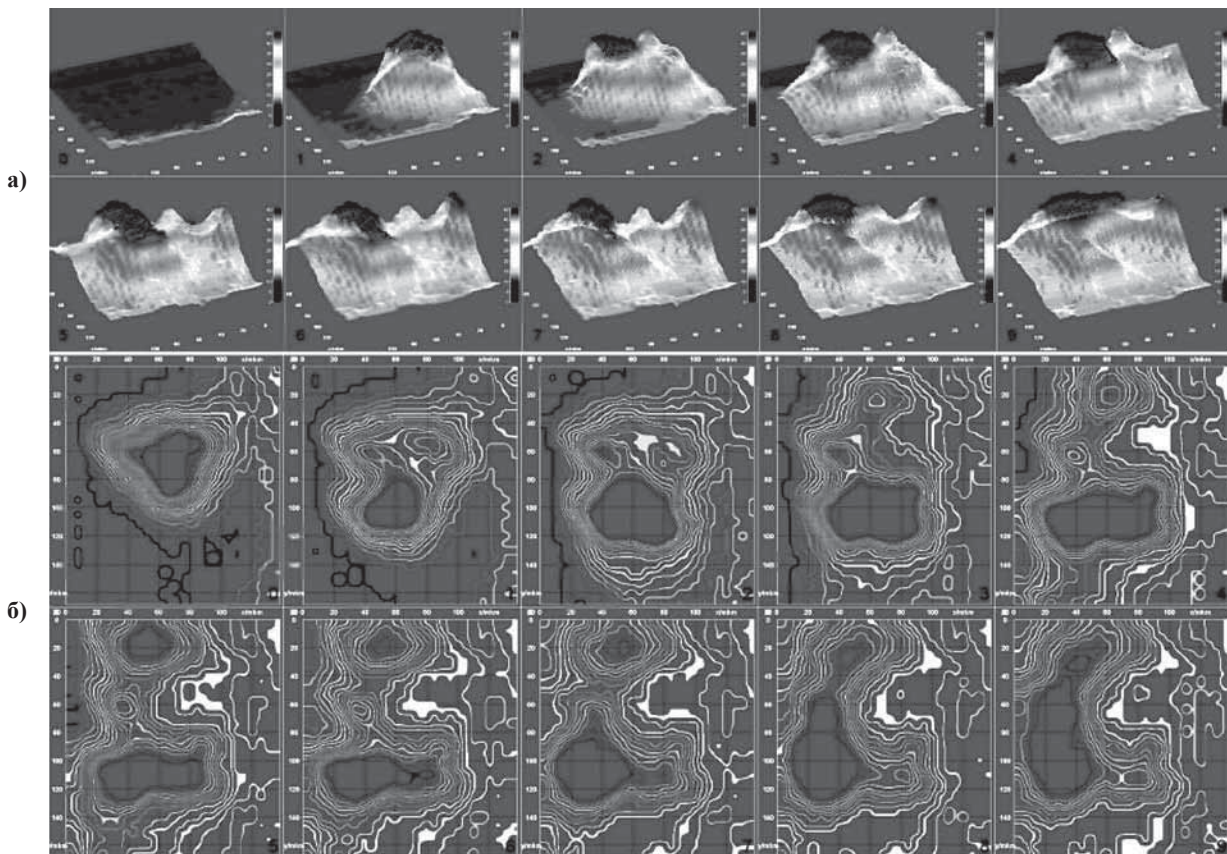


Рис. 3: а) Динамика температурного поля реакционной ячейки, в которых яркостная температура достигает 1704 °С; б) Зарождение новых соединений с их последующим вытеснением в расплав (вид в изолиниях температурного поля)

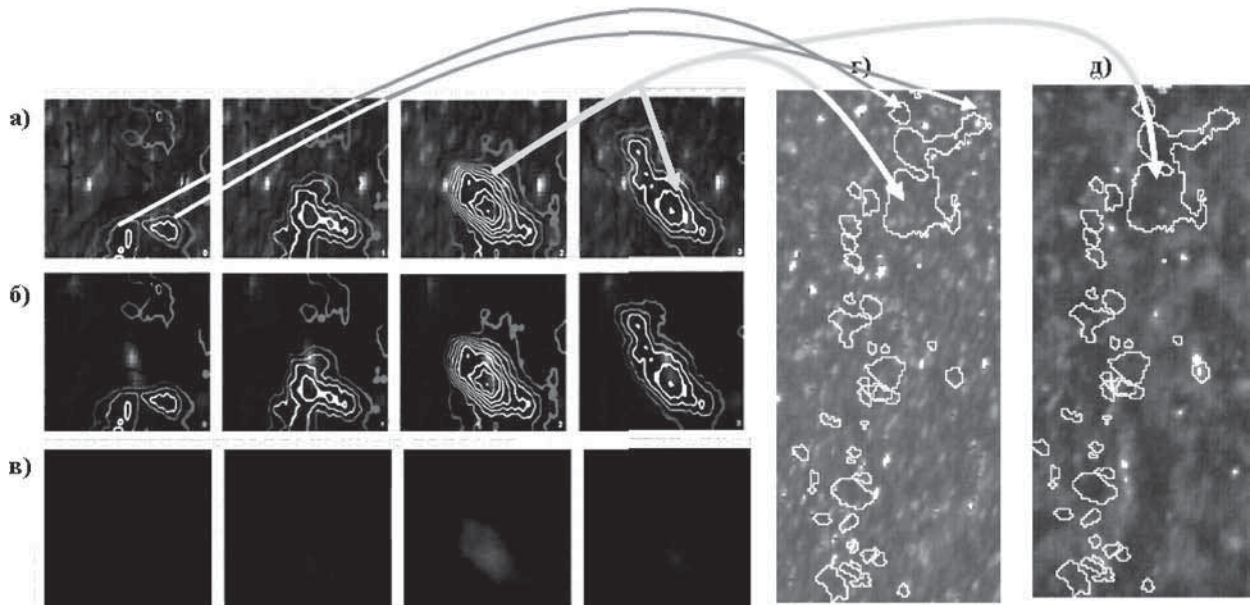


Рис. 4: Идентификация областей:

- а) наложение градиентного поля высокотемпературной области и той же области на насыпке (оригинал);
- б) наложение градиентного поля высокотемпературной области и той же области на продуктах реакции (оригинал); в) Последовательность кадров (оригинал) с высокотемпературной областью, для которых были построены градиентные поля; г) сопоставление контуров сверхадиабатических очагов с нескольких кадров с исходной шихтой д) сопоставление контуров сверхадиабатических очагов с нескольких кадров с конечной структурой образца

Даже в случае идеального контакта между частицами для реальной гетерогенной системы необходимо предположить, что предварительное смешение компонентов приводит к возможности выделения минимального объема реакционной среды с заранее заданным (например, стехиометрическим) соотношением реагентов. Этот минимальный объем реагентов и есть элементарная реакционная ячейка. Механизм взаимодействия внутри такой ячейки и ее размеры определяют специфику реагирования в той или иной системе твердопламенного горения (рис. 5). Исследуя градиентное поле температур реакционной ячейки можно видеть, что существует неоднородность температур внутри реакционных ячеек. Размеры области реакционной ячейки порядка  $100 \times 100$  мкм. При построении модели реакционной ячейки, можно выделить область порядка  $50 \times 50$  мкм, имеющую близкую по значению температуру. В данном случае можно в дальнейшем проверить точность соответствия модели [9, 10], в которой структура

среды представлялась как набор цилиндрических элементов, сечение которых характеризуется масштабом  $d$ . Часть этих элементов случайным образом удалялась, так чтобы количество образовавшихся пустот соответствовало заданной пористости среды. Если на такую среду наложить сетку с квадратными ячейками со стороной  $d/2$ , то это приведет к формированию трех основных типов элементарных ячеек: 1 – «ядро», 2 – «поры» и 3 – «контакт». В этих ячейках преобладают различные механизмы теплопроводности: 1 – кондукция по твердому телу; 2 – лучистый перенос через поры; 3 – контактная теплопроводность. Каждая ячейка  $(i, j)$  обменивается теплом с соседями по закону (3):

$$[cp]^{(i,j)} \frac{\partial T^{(i,j)}}{\partial t} = \left( k_x \frac{\partial T}{\partial x} \Big|^{(i+\frac{1}{2},j)} - k_x \frac{\partial T}{\partial x} \Big|^{(i-\frac{1}{2},j)} \right) \frac{1}{\Delta x} + \left( k_y \frac{\partial T}{\partial y} \Big|^{(i,j+\frac{1}{2})} - k_y \frac{\partial T}{\partial y} \Big|^{(i,j-\frac{1}{2})} \right) \frac{1}{\Delta y} + Q_p \frac{\partial \eta}{\partial t} \Big|^{(i,j)},$$

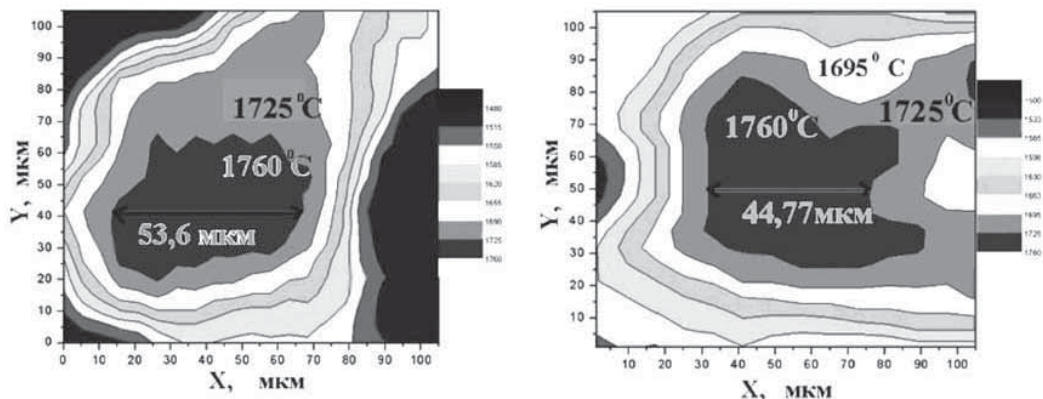


Рис. 5. Модель реакционных ячеек, в которых максимальная яркостная температура достигает  $1760^\circ\text{C}$ : а) квазигомогенное горение; б) спиновое горение

где

$$k_x \Big|_{(i+\frac{1}{2},j)} = \frac{2k_x^{(i+1,j)}k_x^{(i,j)}}{k_x^{(i+1,j)} + k_x^{(i,j)}};$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{(i+\frac{1}{2},j)} = \frac{2(T^{(i+1,j)} - T^{(i,j)})}{d}.$$

Аналогично для  $y$ . Реакция начинается, когда реакционная ячейка прогревается до некоторой заданной температуры  $T_{ign}$  и затем протекает очень быстро (4):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = k_0 H(T - T_{ign}) H(1 - \eta),$$

$$k_0 = \frac{1}{t_r} = \text{const};$$

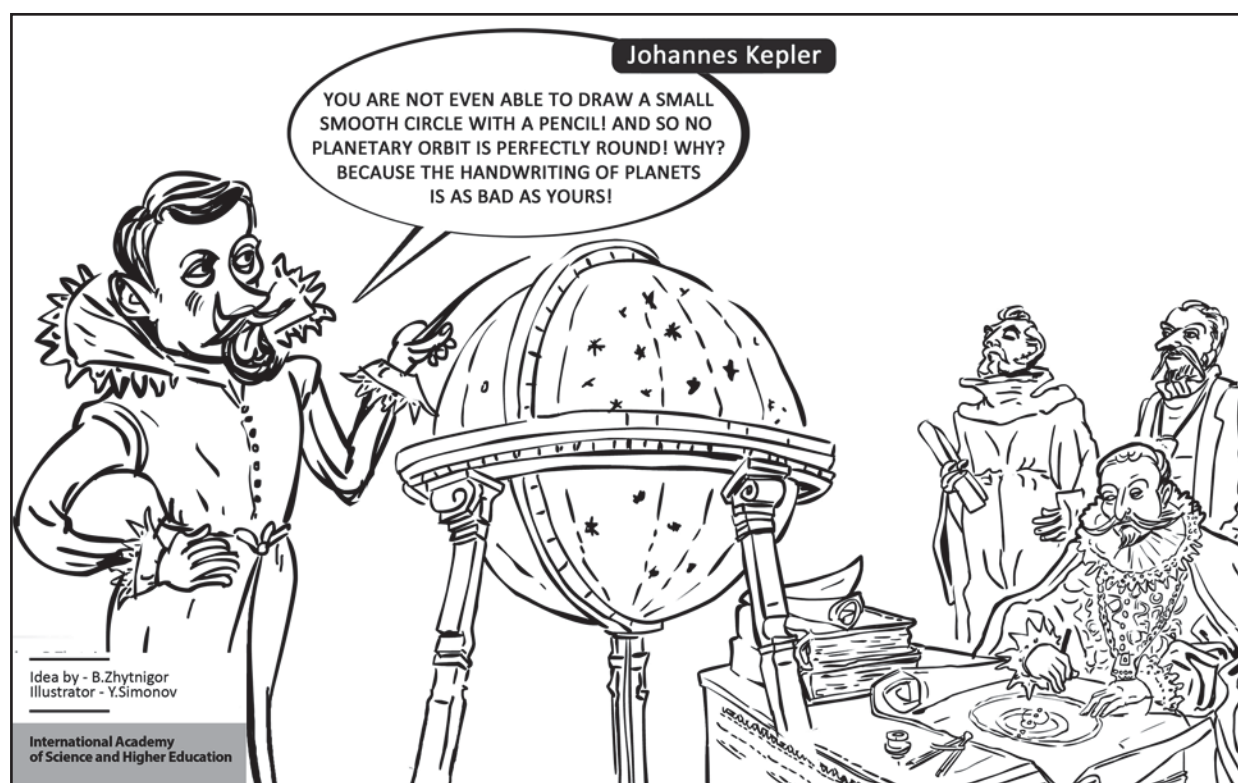
$H(x)$ -функция Хевисайда. Такая модель позволяет напрямую сравнить расчетные данные с результатами экспериментов по микроструктуре волны горения, полученные высокоскоростной микровидеосъемкой процесса горения.

### References:

1. Гарколь Д.А., Гуляев П.Ю., Евстигнеев В.В., Мухачев А.Б. Новая методика высокоскоростной яркостной пирометрии для исследования процессов СВС // Физика горения и взрыва, 1994, т. 30, № 1, С.72-77.
2. Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Иордан В.И., Калачёв А.В. Теоретические модели и экспериментальные методы исследования механизма формирования тепловой структуры в волне горения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза// Позуновский вестник 2005. №1-с. 313-320
3. Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Гончаров В.Д. Исследование тонкой тепловой структуры СВ-синтеза методом

быстродействующей цифровой тепловизионной съемки.// Вестник Алтайского научного центра сибирской академии наук высшей школы. 2003. №4. - С. 3-6.

4. Евстигнеев В.В., Милюкова И.В., Гуляев И.П., Соломенцев С.Ю., Амброськин И.Е. Влияние инертных добавок на теплофизические характеристики СВ-синтеза в системе Ni–Al. // Труды всероссийской конференции «Процессы горения и взрыва в физикохимии и технологии неорганических материалов» (Москва, 24-27 июля 2002г.), типография ИСМАН. Черноголовка. 2002. -С. 391-395.
5. Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Гончаров В.Д. Исследование тонкой тепловой структуры СВ-синтеза методом быстродействующей цифровой тепловизионной съемки // Вестник Алтайского научного центра сибирской академии наук высшей школы, 2003, №4, С. 3-6.
6. Мержанов А.Г. Твердопламенное горение. - Черноголовка, ИСМАН, 2000. - 224 с.
7. Патент 2099674 РФ. МПК G01J 5/52. Способ измерения яркостной температуры объекта / В.В. Евстигнеев, В.М. Коротких, П.Ю. Гуляев, А.В. Еськов, М.А. Гумиров. Заявлено 01.07.1996; Опубл. 20.12.1997, Бюл. № 35. - 2 с.
8. Патент 2094787 РФ. МПК G01N 25/28, G01J 5/12. Способ измерения температуры фронта горения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза смеси дисперсных материалов / П.Ю. Гуляев, М.А. Гумиров, В.В. Евстигнеев. Заявлено 01.07.1996; Опубл. 16.01.1998, Бюл. № 1. - 5 с.
9. Hwang S., Mukasyan A.S., Rogachev A.S., Varma A. Combustion wave microstructures in gas-solid system: Experiments and theory // Combustion Sci. Technology, 1997. Vol. 123. P. 165-183.
10. Hwang S., Mukas'yan A.S., Varma A. Mechanisms of combustion wave propagation heterogeneous reaction systems // Combustion Flame. 1998. Vol. 115. P. 354 363.



## CERTAIN PROBLEMS OF LASER GAS DYNAMICS

Yu. Khlopkov, Doctor of Mathematical and Physical sciences,  
Full Professor  
V. Zharov, Candidate of Mathematical and Physical sciences,  
Associate Professor  
M.M. Zay Yar, Candidate of Mathematical and Physical sciences,  
Doctoral Candidate  
Moscow Institute of Physics and Technology, Russia

Usually the science dealing with the problem of creating coherent radiation is called quantum electronics. Studying the properties of laser radiation has opened new page in science - non-linear optics. It seems that both of these disciplines are very far from the gas dynamics that has no relation to the creation and application of lasers. The purpose of this paper to show that creation and use of lasers requires multiple solutions of gas dynamic problems which are the fundamental importance for the development of laser technology.

**Keywords:** laser technology, laser in gas dynamics, quantum electronics, gas dynamics problems.

Conference participants, National championship  
in scientific analytics

Обычно науку, занимающуюся проблемами создания когерентного излучения, называют квантовой электроникой. Изучение свойств лазерных излучений открыло новую страницу в еще одной науке – нелинейной оптике. Кажется, что обе эти дисциплины очень далеки от газодинамики, что газодинамика не имеет никакого отношения к созданию и применению лазеров. Цель настоящей работы показать, что это не так, что создание и использование лазеров требует решения множества газодинамических проблем, имеющих фундаментальное значение для развития лазерной техники. Многие из этих проблем являются видоизменением проблем, в решении которых газодинамика накопили огромный опыт. В то же время лазерная техника выдвигает целый ряд новых газодинамических задач. Все их можно объединить общим названием – лазерная газодинамика [1, 2]. Многие газодинамики и целые коллективы, работавшие в области газодинамики, например, в AVCO, NASA, ONERA, ЦАГИ, МФТИ, различных авиационных фирмах внесли ощутимый вклад в эту науку.

Слово лазер состоит из первых букв английских слов, определяющих его сущность: LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Тот факт, что молекулы вещества могут наряду со спонтанным (самопроизвольным) излучением и поглощением квантов, испускать их под действием излучения, был установлен А. Эйнштейном еще в 1918 году. При поглощении кванта молекула переходит из некоторого энергетического состояния в состояние с энергией большей как раз на величину кванта  $h\nu$ , где  $h$  – постоянная Планка и  $\nu$  – частота излучения. При испускании кванта происходит обратный переход с более высокого энергетического уровня на более низкий. Если квант света взаимодействует с молекулой, находящейся на нижнем уровне, то имеется определенная вероятность его поглощения. Если квант «встречается» с возбужденной молекулой, находящейся на верхнем энергетическом уровне, то имеется та же вероятность вынужденного испускания

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ ГАЗОДИНАМИКИ

Хлопков Ю.И., д-р физ.-мат. наук, проф.  
Жаров В.А., канд. физ.-мат. наук, доцент  
Зея М.М., канд. физ.-мат. наук, докторант  
Московский физико-технический институт, Россия

Обычно науку, занимающуюся проблемами создания когерентного излучения, называют квантовой электроникой. Изучение свойств лазерных излучений открыло новую страницу в еще одной науке – нелинейной оптике. Кажется, что обе эти дисциплины очень далеки от газодинамики, что газодинамика не имеет никакого отношения к созданию и применению лазеров. Цель настоящей работы показать, что это не так, что создание и использование лазеров требует решения множества газодинамических проблем, имеющих фундаментальное значение для развития лазерной техники.

**Ключевые слова:** лазерная техника, лазер в газодинамика, квантовая электроника, газодинамические проблемы.

Участники конференции, Национального первенства  
по научной аналитике

нового кванта. Очевидно, что чем больше молекул находится на верхнем уровне, тем больше вероятность того, что при прохождении через вещество излучения (потока квантов) последнее усилится [3].

В равновесном состоянии при любой температуре, в любом веществе молекул, находящихся на верхнем уровне, всегда меньше, чем на нижнем. Поэтому обычно наблюдается поглощение света. Для того, чтобы произошло усиление, нужно создать «ненормальную» неравновесную ситуацию, в которой на верхнем уровне находится больше молекул, чем на нижнем или, как говорят, создать инверсию. Квантовая теория призвана определить молекулы, возбуждением которых можно создать инверсию между теми или иными ее уровнями, указать вероятности элементарных процессов, приводящих к возбуждению и дезактивации тех или иных уровней. Этим, в основном, ее роль и исчерпывается. Далее возникает вопрос: как осуществить те процессы, которые должны привести к инверсии?

Лазерные вещества могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Для всех этих веществ способы создания инверсии или, как говорят, «накачки» достаточно разнообразны. Накачку можно осуществить светом, разрядом, электронным пучком, в химических реакциях и т.д. Среди методов накачки одно из ведущих мест занимают газодинамические методы. Но каков бы ни был способ накачки, он никогда не бывает идеальным: только часть затрачиваемой энергии идет непосредственно на возбуждение уровней, остальная затрачивается на нагревание вещества. Нагревание увеличивает заполнение нижнего лазерного уровня, т.е. уменьшает инверсию. Поэтому это паразитное тепло нужно отводить. Его можно отводить, например, теплопроводностью. Однако это процесс медленный и с его помощью можно отводить с единицы поверхности лишь сравнительно небольшие мощности. Для отвода больших мощностей целесообразно сменять рабочее тело. Очевидно, что менять рабочее тело с большой скоростью

легче всего путем прокачки газа через зону возбуждений. Сразу же вспоминаются аэродинамические трубы, в которых создаются высокоскоростные потоки газа. И действительно, первые лазеры значительной мощности были созданы, например в AVCO, путем сравнительно небольшой переделки сверхзвуковой аэродинамической трубы [4]. Таким образом, мы приходим к первой задаче лазерной газодинамики – к задаче смены рабочего тела, т.е. прокачки газа. Здесь возникают все привычные, но при специфических условиях, задачи нагрева газа в форкамере, разгона в соплах, восстановления давления в диффузоре и т.д.

В зоне накачки возбуждение молекул может происходить в результате столкновения с электронами. Эта проблема сродни проблемам подогрева газа в плазменных подогревателях, в аэродинамических трубах с электромагнитным разгоном или в магнитогидродинамических генераторах. Если инверсия возникает в химической реакции (химические лазеры), то здесь газодинамические проблемы выходят на передний план. Это проблемы смешения реагентов в нужных пропорциях и с определенной скоростью.

В указанных примерах газодинамика способствует процессу накачки, создаваемой разрядом или реакцией. Однако инверсия может быть получена чисто газодинамическим путем. Действительно, известно, что если газ разогреть, а затем быстро охладить, то разные степени свободы молекул (разные уровни) релаксируют к новому состоянию с разной скоростью. Поэтому оказывается возможным найти такие вещества, при быстром расширении (охлаждении) которых в верхнем возбужденном состоянии оказывается больше молекул, чем в нижнем, т.е. создается инверсия. Естественный путь быстрого охлаждения газа – это расширение нагретого в форкамере газа в сверхзвуковом сопле. На этом принципе основан так называемый газодинамический лазер.

Созданием инверсии, однако, не завершается создание лазера. Инвертированная активная среда позволяет усиливать излучение. Для того, чтобы лазер мог излучать самостоятельно, без задающего (усиливаемого) излучения, нужна обратная связь. Эта обратная связь создается системой зеркал – резонатором. Спонтанно возникшее излучение отражается от зеркал, многократно проходит через усиливающую среду. Если усиление оказывается больше потерь, то лазер начинает излучать. В соплах и резонаторе происходит сложный комплекс релаксационных процессов в прокачиваемой активной среде при наличии излучения. С релаксационными процессами, химическими реакциями и излучением в различного рода течениях газодинамики имеют дело уже давно в реактивных двигателях, в соплах гиперзвуковых аэродинамических труб, при обтекании тел, входящих в атмосферу Земли и других планет. Накопленный опыт может быть использован и при решении соответствующих задач лазерной газодинамики, обладающих в то же время существенной спецификой.

После того как излучение в лазере получено, его нужно из него вывести. В настоящее время еще нет «стекло», пропускающих мощное излучение. С другой стороны,

давление в окружающей среде, как правило, не равно давлению в резонаторе лазера и в то же время нельзя допустить перетекания окружающей среды в резонатор или наоборот. Здесь опять на помощь приходит газодинамика, так называемые газодинамические окна, т.е. течения газа, удерживающие поперечный перепад давления. Сейчас уже предложен ряд типов таких окон, при создании которых приходится искать компромисс между минимумом расхода, затрачиваемого на удержание перепада давления газа, и минимумом искажения потоком в окне выходящего луча [1, 5].

Основной характеристикой активной среды лазера является коэффициент усиления, определяемый следующим образом. Пусть монохроматическое излучение частоты  $\nu$  падает на некоторую площадку, перпендикулярную к направлению его распространения  $x$ . Для бесконечно тонкого слоя газа  $dx$  изменение потока энергии пропорционально толщине этого слоя и интенсивности падающего излучения (закон Ламберта–Бугера). Поэтому в расчете на единичную площадь

$$dI_\nu = k_\nu I_\nu dx,$$

где  $I_\nu$  – спектральная интенсивность излучения, распространяющегося в направлении  $x$ . Коэффициент  $k_\nu$  называется коэффициентом усиления или поглощения в зависимости от характера взаимодействия излучения с веществом.

Привлекая представления об индуцированном излучении и поглощении и соответствующих коэффициентах Эйнштейна, можно показать, что

$$k_\nu = \frac{h\nu}{c} b_{nm} \left[ \frac{g_n}{g_m} N_m - N_n \right],$$

где  $b_{nm}$  – спектральный коэффициент Эйнштейна для индуцированного поглощения;  $N_m$  и  $N_n$  – плотности атомов или молекул на  $m$ -ом и  $n$ -ом энергетических уровнях, причем  $E_m - E_n = h\nu$  – квант излучения с частотой  $\nu$ ;  $E_m$  – энергии  $m$ -го уровня;  $g_n$  и  $g_m$  – вырождение энергетических уровней  $n$  и  $m$ ;  $h$  и  $c$  – постоянная Планка и скорость света.

Спектральные коэффициенты Эйнштейна могут быть связаны с полными (интегральными) коэффициентами с помощью соотношений вида

$$b_{nm}(\nu) = B_{nm} \frac{g(\nu)}{\Delta\nu}, \quad \overline{\Delta\nu} = \int g(\nu) d\nu,$$

где  $B_{nm}$  – полный коэффициент Эйнштейна для индуцированного поглощения,  $\overline{\Delta\nu}$  – ширина линии, контур которой определяется функцией  $g(\nu)$ .

Интенсивность излучения (или величина поглощаемой энергии) пропорциональна вероятности перехода и, следовательно, меняется в пределах линии так же, как и  $g(\nu)$ . Эта зависимость имеет обычно колоколообразный вид. Из всех причин уширения спектральных линий наиболее важными являются столкновения и тепловое движение атомов или молекул. Для того, чтобы свет усиливался при прохождении через газ, необходимо неравенство, которое указывает на наличие инверсии заселенностей, когда на верхнем уровне, обладающем большой энергией, атомов или моле-

кул больше, чем на нижнем (с учетом статистического веса или вырождения)

$$\frac{N_m}{g_m} > \frac{N_n}{g_n}$$

Для создания активной среды, т.е. среды, усиливающей проходящее через нее излучения, необходимо обеспечить выполнение этого неравенства. Нетрудно показать, что это невозможно осуществить в случае термодинамического равновесия, когда распределение атомов или молекул по уровням является бoльцмановским. Иными словами, усиления средой возможно только в существенно неравновесных ситуациях.

Способы накачки могут быть самыми разнообразными: оптическая накачка среды при воздействии на нее света; накачка электронным ударом в разряде. Широко используются также тепловой и химический способы накачки.

Существенно при этом то, что как процесс накачки активной среды, так и последующее излучение сопровождаются более или менее значительным теплоподводом в среду, вследствие чего может повышаться ее температура. Между тем возможность создания инверсно заселенной среды и поддержание этого состояния в течение достаточного времени (что необходимо для работы лазеров непрерывного действия), часто самым тесным образом связаны с уровнем температуры среды, которая для этого должна быть достаточно низкой. В связи с этим мощность лазера в значительной мере определяется используемым способом отвода тепла от активной зоны.

В тех газовых лазерах, где этот процесс контролируется теплопроводностью и диффузией, характерное время, определяющее теплоотвод, совпадает с временем диффузии  $T_{diff}$

$$T_{diff} = \left(\frac{D}{l}\right)^2 \frac{l}{\bar{c}} = \frac{D^2}{l\bar{c}}$$

Здесь  $D$  – характерный размер, на котором происходят процессы теплопроводности и диффузии (совпадающий, очевидно, с характерным размером устройства),  $l$  – длина пробега молекулы,  $\bar{c}$  – средняя скорость их теплового движения, сравнимая со скоростью звука в газе.

В проточных системах, где газ движется со скоростью  $V$ , конвективно осуществляемый теплоотвод определяется характерным временем порядка  $D/V$ .

Таким образом, для одинаковых объемов активной среды и одинаковой плотности газа отношение мощностей излучения, которые могут быть получены от лазера проточной схемы и лазера с неподвижной средой, есть *просто* отношение характерных времен, определяющих теплоотвод, и имеет величину порядка  $(D/l) \times (V/\bar{c})$ . Для типичных условий работы газовых лазеров эта величина меняется в пределах от  $10^3$  до  $10^5$ . Данное обстоятельство объясняет как то, что именно на проточных лазерах получены рекордные мощности излучения, так и то, почему на рубеже 50-х и 60-х годов, когда начали появляться первые газовые лазеры, возникло тесное взаимодействие между техникой лазеров большой мощности и газовой динамикой. Это привело к появлению некоторых необычных

приложений газовых потоков и новых областей для исследований в газовой динамике, хотя и не потребовало создания каких-либо принципиально новых методов, а также привлечения принципиально новых физических образов и моделей.

Таким образом, на всех этапах (создание излучения, его распространение, использование) возникает большое число газодинамических задач, при решении которых неоценимую помощь может оказать огромный опыт, накопленный в авиации и космонавтике. С другой стороны, развитие лазерной техники открывает новые возможности для авиации и ракетостроения.

## References:

1. Лосев С.А. Газодинамические лазеры – Изд. М.: Наука, 1977.
2. Gerry E.T. Gasdynamic lasers «IEEE Spectrum», 1970, November, pp.51-58.
3. Clark P.O. Design considerations for high power cavities - AIAA Paper, N 72-708, 1972.
4. Christiansen W.H., Russell D.A., Hertzberg A. Flow lasers - Ann. Rev. Fluid Mech. 1975, vol 7, pp. 115-139.
5. Тарасов Л.В. Физика лазера. Изд. 3, - 2011.





## SPATIAL MULTI-DIMENSIONALITY OF THE REAL WORLD

A. Kudryavtsev, Associate Professor  
Higher School of Social Technologies, Latvia

Concept of multidimensional embedded space was introduced. Three-dimensionality of physical world and ten-dimensionality of real Universe space was grounded. Principles of organization of multidimensional space were formulated. Conditional-graphical schemes of components of multidimensional space were proposed. Higher Reason's place and role in general scheme of multidimensional world was shown.

**Keywords:** real world, unmanifested world, multidimensional space, space environment, space dimension, conditional-graphical scheme of space, principles of organization of space, Divine world, Higher Reason, God.

Conference participant, National championship  
in scientific analytics

В науке известно много попыток понять и объяснить многомерное пространство. Как правило, все они сводятся к конструированию различных математических абстракций, которые в итоге оказываются весьма далёкими от реальности [1].

Суть проблемы кроется в том, что все попытки математического представления *многомерного* пространства опираются на *трёхмерные* фундаментальные постулаты математики в виде «непрерывности», «безразмерной точки-ничто» и «бесконечности», что автоматически обрекает подобные попытки на неудачу.

Поскольку целью статьи является обоснование *реальной* многомерности пространства, для достижения поставленной цели потребовался отказ от трёхмерных математических абстракций в пользу многомерных базовых постулатов: «дискретности», «многомерной точки-атома» и «конечности» «реального мира» [2].

Чтобы, по возможности, исключить неоднозначность в понимании используемых в работе терминов, определим ряд ключевых понятий.

### Основные понятия и термины

Прежде всего, введём в рассмотрение понятие **реальный мир**. Будем считать это словосочетание синонимом таких понятий, как «окружающий мир», «мироздание», «вселенная». При этом будем рассматривать «реальный мир» как своего рода «айсберг», состоящий из совокупности проявленного и не проявленного миров с полуизученной прослойкой «эфиром» (рис. 1).

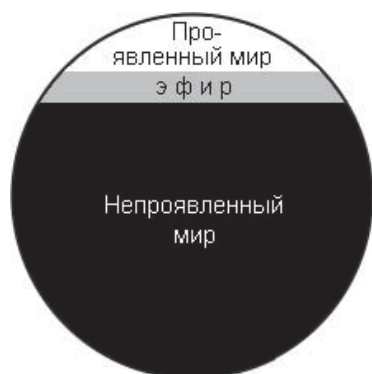


Рис. 1. Состав реального мира

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МНОГОМЕРНОСТЬ РЕАЛЬНОГО МИРА

Кудрявцев А.В., доцент  
Высшая школа социальных технологий, Латвия

Введено понятие многомерного вложенного пространства. Обоснована трёхмерность физического мира и десятимерность пространства реальной Вселенной. Сформулированы принципы организации многомерного пространства. Предложены условно-графические схемы компонентов многомерного пространства. Показано место и роль Высшего разума в общей схеме многомерного мира.

**Ключевые слова:** реальный мир, не проявленный мир, многомерное пространство, пространственная среда, размерность пространства, условно-графическая схема пространства, принципы организации пространства, Божественный мир, Высший разум, Бог.

Участник конференции, Национального первенства  
по научной аналитике

**Эфир** – промежуточная среда-посредник между проявленным и не проявленным мирами. Используемый иногда термин «эфирный мир» неточен, поскольку данная среда не обладает собственным атомом. Эзотерические источники обычно относят эфир к проявленному миру. Современная наука вместо термина «эфир» использует родственный термин «электромагнитное поле».

**Проявленный мир** – это часть реального мира, доступная наблюдению и изучению как непосредственно, то есть с помощью органов зрения, так и с использованием технических средств наблюдения и регистрации. Проявленный мир (рис. 2) включает в себя:

- **микромир** – мир атомов, молекул и кристаллов, а также клеток и клеточных микроструктур (микроорганизмов);
- **видимый мир** – мир предметов, доступный наблюдению невооружённым взглядом;
- **макромир** – частично видимый мир космических объектов.



Рис. 2. Состав проявленного мира

Мельчайшей частицей материи проявленного мира, *сохраняющей все её свойства*, является атом, самой крупной структурой – скопление Галактик. Проявленный мир трёхмерен, поскольку *вся* проявленная материя состоит из одних и тех же трёхмерных атомов.

Часто вместо слов «проявленный мир» употребляется близкий по значению термин **физический мир**. Обычно так говорят, когда хотят подчеркнуть, что изучением этой части реального мира занимается физика. Однако физика, как известно, не довольствуется частью и претендует на изучение мира в целом, то есть в диапазоне линейных размеров материи от нуля до бесконечности.

Таким образом, физика распространяет свои интересы также и на ту часть материи, существование которой сама же отрицает априори, объявляя все попытки исследований в данной области лженаучными. В подтверждение этих слов достаточно упомянуть отрицание официальной

физикой эфира [3] и так называемых «микролептонных» [4] и «торсионных» [5] полей.

Иногда вместо таких понятий, как «физический мир», «проявленный мир», ошибочно употребляется термин **материальный мир**. Чаще всего это происходит от желания противопоставить понятия «духа» и «материи». Однако такой подход в корне неверен, поскольку все миры – и проявленный, и непроявленный – материальны (!), но различаются размерами атомов образующей их материи [6].

**Непроявленный мир** – это мир, «лежащий» за гранью микромира. Он почти недоступен наблюдению и изучению современными техническими средствами. Это тонкоматериальный многомерный мир, точнее, *совокупность миров* высших измерений (рис. 3). При этом из принципа подобия известно, что структура планов бытия Вселенной аналогична структуре тел человека. В науке для обозначения непроявленного мира используются близкие термины «тёмная материя» и «тёмная энергия». По последним научным данным на их долю в совокупности приходится **96%** массы Вселенной.



**Рис. 3. Структура Вселенной**

В настоящее время непроявленный мир известен через такие свои феномены, как сны, астральные выходы, одержание, привидения, телепатия, пророчества, озарения, ясновидение, яснослышание и т. п. К этому же миру принадлежат и другие тонкоматериальные проявления, как-то: память, совесть, воля, интуиция, мысли и чувства.

Непроявленный мир является центральным понятием и предметом изучения всех без исключения религий, оккультных доктрин и эзотерических учений. Однако, будучи непризнанным официальной наукой, непроявленный мир до сих пор не удостоился даже статуса научной гипотезы.

### Причины живучести трёхмерных представлений

Итак, плотный материальный мир трёхмерен. Все остальные (тонкоматериальные) миры многомерны, причём их мерность нарастает обратно пропорционально плотности материи (точнее, размеру образующих её атомов).

Почему же об этом ничего не известно науке, которая либо утверждает, что *весь* окружающий мир трёхмерен, либо создаёт фантастические модели многомерного пространства [1], не имеющие ничего общего с действительностью?

Обозначим лишь самые значимые, на наш взгляд, причины.

1. Влияние наследия длительного периода безраздельного господства в науке идей «научного» атеизма и при-

митивного материализма, противопоставлявшего материю и сознание. При этом сознание считалось *якобы* нематериальной *якобы* функцией *якобы* 3-х мерной материи. Однако на самом деле материя, к которой принадлежит сознание, имеет размерность не менее 6-ти (рис. 3).

2. Усилия, направленные на удержание науки в рамках атеизма. Примером может служить деятельность «Комиссии РАН по борьбе с лженаукой» и текст Резолюции ПАСЕ № 1580/2007 г. против креационизма [7].

3. Пресечение даже попытки сформулировать в учебниках математики определения таких фундаментальных понятий *любого* пространства, как «точка», «линия», «плоскость». При этом приводятся столь «веские» доводы, что невольно возникает вопрос, а как же вообще после *таких* аргументов в науке может существовать феномен «определения понятий»?

Покажем, как обосновывают необходимость изъятия определений базовых элементов пространства авторитетные представители математической науки.

– «Прежде всего, поставим вопрос об определении основных геометрических образов: точка, прямая линия и плоскость. Заметим, что определить какое-нибудь понятие – значит выразить его через понятия, ранее уже установленные. Если же искать определение простейших понятий, то дело неизбежно сведётся лишь к замене одного термина другим, в свою очередь требующим определения» [8].

– «Таковы же определения, которые вы найдёте в удивительной и несколько раз премированной книге Гильберта “Основания геометрии”. Посмотрим, как он начинает: вообразим три системы вещей, которые мы назовём точками, прямыми и плоскостями. Что это за “вещи” – мы не знаем, да и незачем нам это знать. Было бы даже греховно стараться это узнать» [9].

– «Таким образом, понятие (математической) точки само по себе вне рамок планиметрии никакому определению не подлежит: точка, как и пресловутый поручик Киж, “фигуры не имеет”, так что не склонный задумываться над происхождением математических понятий “чистый” математик, пожалуй, сочтёт, что знакомое каждому общежитейское понятие точки как мельчайшей (“неделимой”) области физического пространства или как следа однократного касания бумаги карандашом или иным заостренным пишущим предметом имеет к понятию математической точки не больше отношения, чем индийский или африканский слон – к шахматному» [10].

4. Догматическое использование древних (возрастом 2500 лет) математических абстракций «непрерывности», «бесконечности» и «нуля», безнадежно устаревших в результате научных открытий в области философии, химии, квантовой механики, астрофизики и информатики, что не позволяет науке «даже приблизиться к пониманию многомерности пространства и, следовательно, увидеть место Бога в реальном многомерном мире» [2].

5. Влияние религиозного догматизма, выражающееся в отстаивании церковью идеи Бога-личности вместо Бога-сверхразума, Бога-сверхпринципов, Бога-сверхпространства, что приводит к напрасным усилиям по поиску Бога в соответствии с неверными представлениями об объекте

поиска и к формированию у части общества неприятия столь сказочной модели мира.

Следует также отметить, что ряд трудностей в осознании многомерного пространства обусловлен необходимостью переосмысления привычных понятий и терминов, в частности, таких понятий, как «пространство» и «размерность пространства».

**Понятие пространства**

**Пространство** – то, что вмещает точки и среду. Абстракция пространства необходима для идеализации текущего объёма материи.

**Точка** – наимельчайший неделимый элемент пространства. Понятие точки является идеализацией атома материи, наполняющей текущее пространство. Размер точки определяет размерность пространства.

**Среда** – то, что наполняет межточечные и внутриточечные промежутки. Среда представляет собой точки «внешнего» тонкоматериального пространства. Понятие среды является идеализацией атомов материи «внешнего» пространства. Понятие среды применяется *рекурсивно* конечное число раз.

**Размерность** – число допустимых для данного пространства направлений движения, например:

$D = 3$  – вперёд-назад, влево-вправо, вверх-вниз;

$D = 4$  – вперёд-назад, влево-вправо, вверх-вниз, в-из 3D-пространства;

$D = 5$  – вперёд-назад, влево-вправо, вверх-вниз, в-из 3D-пространства, в-из 4D-пространства.

Данные определения удобно представить в виде краткой формальной записи:

$$S_D = \{M_D, E_D\},$$

причём

$$E_D = M_{D+1},$$

$$D \in \{3, \dots, 10\},$$

где  $S$  – пространство;  $D$  – размерность пространства;  $M$  – материя пространства;  $E$  – пространственная среда.

Более наглядное представление о многомерных пространствах дают их условно-графические схемы (рис. 4–6). В отличие от схемы, реальные соотношения линейных размеров точек  $M_D$  и среды  $E_D$  текущего пространства различаются на несколько порядков.

Например, для 3-х мерного пространства размеры 4D-частицы эфирной среды (электрона) на 8 порядков меньше размеров точки 3D-пространства (атома).

Как видно из рис. 4, четырёхмерное пространство  $S_4$  обладает свойством проникать *внутрь* более плотного трёхмерного пространства  $S_3$ . Соответственно, четырёхмерные объекты, например, такие эфирные сущности, как привидения, способны перемещаться внутрь (через «препятствия») трёхмерного мира. Тем более, эта возможность доступна сущностям, обитающим в пространствах с размерностью выше 4-х. Например, это относится к мыслеобразам, пронизывающим астральное, эфирное и физическое пространства.

Точки остальных пространств (с размерностью выше 4-х) на рис. 4 не показаны. По такому же принципу можно

построить аналогичные схемы для пространств более высокой размерности.

Чем выше размерность пространства, тем меньше число других пространств участвует в его наполнении. На схеме (рис. 5) также показано только ближайшее «внешнее» 5D-пространство.

Пространство наивысшей размерности – Абсолют (рис. 6) – не содержит наполняющей среды, однако оно само играет роль сверхсреды по отношению ко всем остальным пространствам.

После сделанных пояснений рассмотрим свойства многомерных пространств более строго.

**Принципы организации многомерного пространства**

Все пространства, то есть их точки и среда материальны (**принцип единства** пространства и материи).

Пространства не существуют автономно, то есть изолированно друг от друга. Пространства с более тонкой материей наполняют пространства с более плотной материей (**принцип вложенности**).

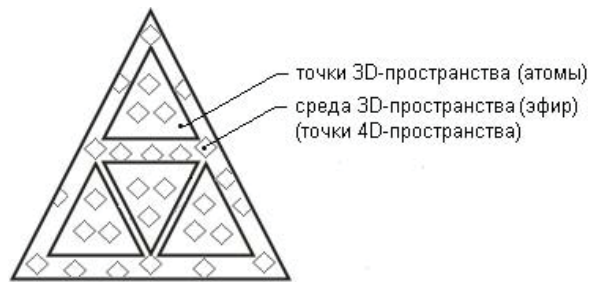


Рис. 4. Условно-графическая схема 3D-пространства

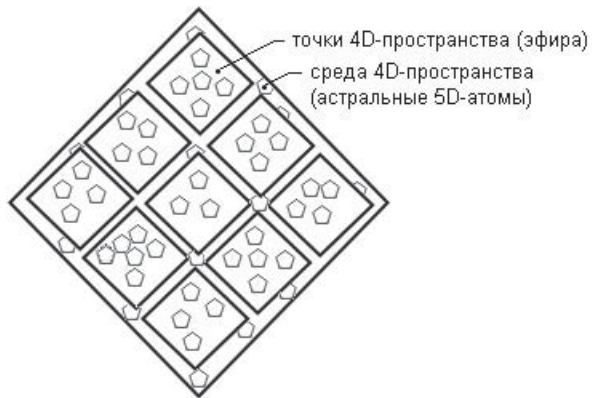


Рис. 5. Условно-графическая схема 4D-пространства

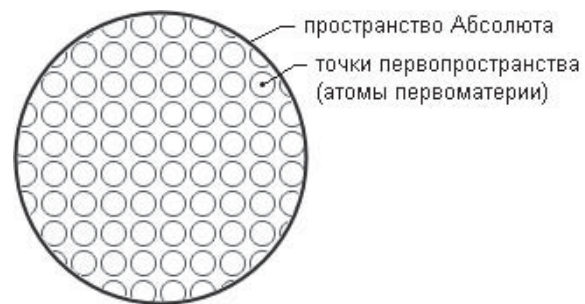


Рис. 6. Условно-графическая схема Божественного мира

Все пространства и их точки сами по себе трёхмерны, по отношению друг к другу – многомерны (**принцип носительности**).

Чем меньше атомы, тем тоньше материя, тем меньше размер точек пространства и тем выше его размерность (**принцип обратной зависимости** размерности от размеров).

Минимальная размерность пространства равна размерности атомов физического мира. Таким образом, пространства с размерностью меньше 3-х не существуют. Максимальная размерность пространства равна размерности атомов Божественного мира – Абсолюта (**принцип конечности** числа пространств и измерений).

$$D_{\min} = 3, \quad D_{\max} = 10.$$

Чем выше размерность пространства (D), тем большее количество (P) более плотных пространств оно может наполнить (**принцип прозрачности** грубых пространств):

$$P = D - 3.$$

Например, четырёхмерное пространство (эфир) может наполнить только одно, трёхмерное, пространство:

$$P_4 = 4 - 3 = 1.$$

Пространства высшей размерности наполняют пространства низшей размерности (**принцип иерархичности**).

Божественное пространство (Абсолют) наполняет, например, семь более грубых пространств (с учётом не показанного на рис. 3 эфирного пространства):

$$P_{10} = 10 - 3 = 7.$$

### Краткие итоги

1. Предложенная модель многомерного мира подтверждает справедливость, практически, всех основных положений религиозных доктрин.

2. Взгляд на Мироздание с позиций его многомерного понимания позволяет легко объяснить все факты, квалифицируемые трёхмерной наукой как чудеса и шарлатанство.

3. Введённое понятие «пространственной среды» должно прекратить, наконец, псевдонаучные спекуляции на тему распространения электромагнитных колебаний в отсутствии среды.

4. Новое миропонимание даёт ответ на многие другие проблемы физики, в частности, позволяет продолжить частотную шкалу вибраций за пределы гамма-кванта и объяснить, почему скорость мысли (6-ти мерной сущности) не сопоставима со скоростью не только 4-х мерного фотона, но даже со скоростью астрального (5-ти мерного) света.

5. В целом многомерная модель вложенных пространств значительно превосходит по своим потенциальным возможностям все известные [1] науке многомерные модели пространства.

### References:

1. Александр Котлин. Как понять четырёхмерное пространство? – [Электронный ресурс] – [www.akotlin.com/index.php?sec=1&lnk=3\\_11](http://www.akotlin.com/index.php?sec=1&lnk=3_11)

2. Кудрявцев А.В. Основы математики – догма или парадигма? // Models and methods of solving formal and applied scientific issues in physico-mathematical, technical and chemical research: Materials digest of the XXXII International Research and Practice Conference. – London, September 20–September 25, 2012.

3. Обухов Ю.А., Захарченко И.И. Эфир или физический вакуум? – НиТ, 2002. – [Электронный ресурс] – <http://n-t.ru/tp/in/efv.htm>

4. Охатрин А.Ф., Татур В.Ю. Микролептонная концепция. – В сб. Непериодические быстротекущие явления в окружающей среде: Тезисы докладов междисциплинарной научно-технической школы-семинара 18-24 апреля 1988, часть I. – Томск, 1988, с. 32-35.

5. Шипов Г.И. Теория физического вакуума. – М.: Наука, 1997. – 450 с.

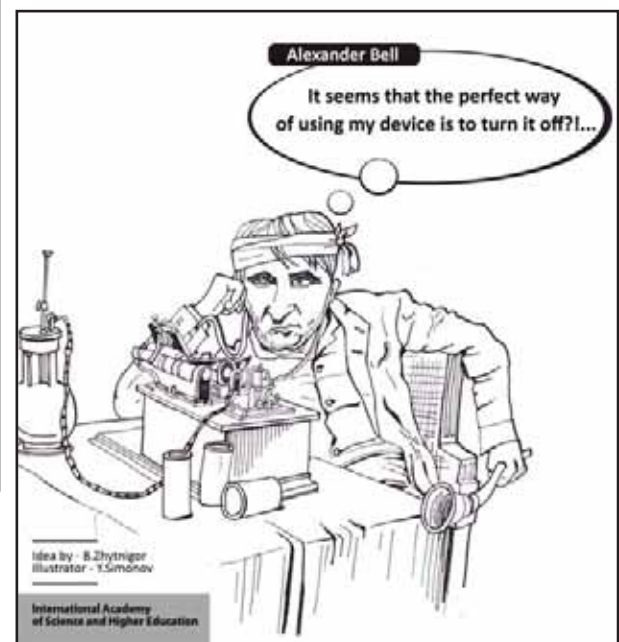
6. Создание космической материи (планов или миров). – В кн.: Введение в Агни Йогу: Основы научного, философского и религиозного мирозерцания. Ключ к пониманию Новой Эпохи. / Составитель Степонас Стульгинскис. – Рига: Vieda, 1995. – 238 с.

7. The dangers of creationism in education: Resolution 1580 (4 October 2007). – Adopted by the Parliamentary Assembly, Council of Europe (35th Sitting). – [Электронный ресурс] – <http://assembly.coe.int/Main.asp?link=/Documents/AdoptedText/ta07/ERES1580.htm>

8. А.П. Киселев, Н.А. Рыбкин. Геометрия: Стереометрия: 10–11 классы: Учебник и задачник. – [Электронный ресурс] – <http://www.math.ru/dic/206>

9. Анри Пуанкаре. Наука и метод. Книга II. Математическое рассуждение. Глава II. Математические определения и преподавание. – СПб., 1910. – [Электронный ресурс] – <http://www.philosophy.ru/library/poincare/index.htm>

10. И. Яглом. Что такое математика. – Из кн.: Математические структуры и математическое моделирование / Авт. И. Яглом. – М.: Сов. радио, 1980. – [Электронный ресурс] – <http://www.ega-math.narod.ru/Quant/Sawyer.htm>



DETERMINATION OF CONDITIONS  
OF FORMATION OF STUDENTS'  
GENERAL PHYSICAL WORLD  
OUTLOOK IN ORDER TO IMPROVE  
FUTURE PROFESSION

G. Mukhamedrakhimova<sup>1</sup>, Candidate of Pedagogical sciences  
K. Mukhamedrakhimov<sup>2</sup>, Candidate of Mathematical  
and Physical sciences  
Kokshetau State University named  
after Sh. Sh. Ualikhanov, Kazakhstan<sup>1</sup>  
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan<sup>2</sup>

Certain aspects of conditions of formation of the students' general physical world outlook are considered in the article. Scientific novelty of the research is the consideration of the trend of the higher education level improvement up to modern stage of science and technology from the standpoint of unity of three subjects of the natural scientific cycle - physics, astronomy and ecology. It will also help to study the psychological level of students' perception of elements of astronomy in integration with physics - moreover, on basis of ecologization.

**Keywords:** education, ecologization system in education, ecological thinking, physical world outlook.

Conference participants, National championship  
in scientific analytics, Open European and Asian  
research analytics championship

**Постановка задачи.** Учитывая те серьезные реформы, которые в последнее время произошли в сфере образования Республики Казахстан, вносились существенные изменения и в форму, и в программу высшего образования. Вследствие внедрения в высших учебных заведениях Казахстана *кредитной технологии обучения*, произошли существенные изменения как в содержании обучения, так и в количестве часов, отводимых на изучение предметов естественнонаучного цикла: физики и астрономии. В то же время естествознание призвано обеспечивать всестороннее развитие личности молодого человека за время обучения и воспитания как в школе, так и в профессиональных учебных заведениях, а при более углубленном обучении – и в высшем учебном заведении. Работая над *национальной моделью образования* Казахстана, перед педагогами непременно встал вопрос о коренных преобразованиях социального заказа общества к высшей школе нашей страны.

1. В настоящее время обучение в вузе ориентировано на формирование у студентов прочных научных знаний через научно-практические информации, много внимания уделяется содержанию и реальным практическим отношениям студента к будущей профессиональной деятельности. Сегодня сложились характерные современному развитию образования вообще, в том числе высшего, проблемы: *недостаточность знаний* в самой физической науке, слабое умение студента ориентироваться в информациях о современных космических исследованиях в мире и Казахстане в процессе своей деятельности; *недостаточность в образовательной деятельности* самого студента по поводу осознания себя как субъекта профессиональной деятельности; *недостаточность в самоопределении* себя в выбранной профессии, выстраивания собственной профессиональной позиции на основе рефлексии профессиональной деятельности. В связи с этим, с все большей остротой выносятся

ВЫЯВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ  
ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ  
ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА  
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУДУЩЕЙ  
ПРОФЕССИИ

Мухамедрахимова Г.И.<sup>1</sup>, канд. пед. наук  
Кокшетауский государственный университет  
им. Шокана Уалиханова, Казахстан  
Мухамедрахимов К.У.<sup>2</sup>, канд. физ.-мат. наук  
Кокшетауский государственный университет  
им. Шокана Уалиханова, Казахстан<sup>1</sup>  
Евразийский национальный университет  
им. Льва Гумилева, Казахстан<sup>2</sup>

В статье рассмотрены некоторые аспекты условий формирования у студентов общей физической картины мира. Научной новизной данного исследования является рассмотрение тенденции повышения уровня высшего образования до современного уровня науки, технологии с позиции единства трех предметов естественнонаучного цикла – физики, астрономии и экологии, что позволит также изучить психологический уровень восприятия студентами элементов астрономии в интеграции в физике, причем на основе экологизации.

**Ключевые слова:** образование, система экологизации в образовании, экологическое мышление, физическая картина мира.

Участники конференции, Национального первенства  
по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского  
первенства по научной аналитике

проблема формирования у каждого гражданина профессиональной инициативы и творчества, умения самостоятельно принимать решения в различных жизненных ситуациях, которые могут возникнуть в профессиональной деятельности молодого человека.

2. Анализ проведенных педагогических исследований показал, что подготовка специалистов естественнонаучного направления – это не просто дать знания по узкой специальности будущего специалиста, а кропотливая работа по расширению круга его познания путем введения научно-познавательной информации в курс физики и астрономии на *основе экологизации* этих предметов: например, будущий специалист-биолог имеет своим объектом биосферу, которая является главным объектом как для экологии, так и для физики, астрономии.

Не загромождая научной информацией основной учебный предмет, можно системно и строго, в краткой и лаконичной форме, предлагать студентам (к примеру, биологам) ту или иную информацию по физике в интеграции с астрономией и экологией. Следовательно, проблема *подготовки будущих специалистов* по физике и астрономии на *основе экологизации обучения* на современном этапе требует особого внимания.

Наша работа посвящена весьма актуальной и еще малоисследованной проблеме: *формирование и развитие профессиональной компетентности будущего специалиста* в условиях университета, т.к. этот этап становления профессиональной компетентности имеет свою специфику, который осуществляется при совместно-распределенной деятельности как преподавателя, так и обучаемого. А продуктом деятельности студента является *профессиональная компетентность*. Поэтому наши усилия в условиях учебно-познавательной деятельности студента на занятиях физики и астрономии ориентированы на конечный

результат – выпуск специалиста, готового теоретически и практически решать профессиональные задачи, умеющего создавать, применять и корректировать систему профессиональной деятельности. Таким образом, готовя учебно-методический комплекс «Экологизированный курс физики и астрономии на основе предметной интеграции» для совершенствования будущей профессии, например, биолога, мы решали весьма непростую задачу: *с одной стороны*, современные требования к специалистам-биологам таковы, что в плане знания идеологии и методологии общей физики и астрономии как фундаментальных дисциплин, они практически не должны уступать требованиям к профессиональным навыкам, иначе не будет фундамента для того, чтобы ту или иную проблему «увидеть в целом»; *с другой стороны*, заведомо нет возможности обеспечить естественнонаучную подготовку будущего специалиста-биолога на том уровне, которым должен обладать специалист соответствующего уровня знаний по различным причинам.

Создание условий для более эффективного формирования профессиональной готовности будущих специалистов означает для нас создание таких условий обучения, чтобы *сформированность* этой профессии была в полной мере отвечающей современным научным достижениям и природно-экологическим, экономическим требованиям к данной профессии. Как показали наши опытно-экспериментальные работы на протяжении уже ряда лет, такие подходы оказались более эффективными для развития естественнонаучного понимания законов природы при формировании профессии будущего специалиста-биолога.

3. Немаловажной основой для родства с Природой, а также формирования моральных качеств личности молодого человека, способности мыслить масштабно и предвидеть возможные последствия деятельности человека для окружающей среды, для развития нового взгляда на «Матушку»-Природу и дальнейшей разумной деятельности в природной среде могут быть только глубокие *экологические знания* о Природе. Сегодня в соответствии с мировыми тенденциями непрерывно изменяются требования, которые предъявляются к *экологическому образованию* – в настоящее время уже недостаточно просто уметь диагностировать источник загрязнения или разработать проект промышленного предприятия с учетом экологических факторов. Характер современных экологических процессов и явлений таков, что любая из них будет затрагивать многие стороны человеческой деятельности, а это обязывает молодых людей, получающих высшее образование, понимать суть и источник возникновения таких проблем и знать известные науке пути преодоления экологических причин, опыт по преодолению не только экологических последствий каких-либо производственных деятельностей, но и опыт людей по предупреждению таких причин.

Проведенный контент-анализ педагогической литературы показал, что преподавание предметов естественнонаучного цикла испытывает определенные трудности и малую разработанность в преподавании физики и астрономии: в вузовской программе дисциплин для нефизических специальностей астрономические и космологические знания иногда вообще выпадают с поля зрения. Молодые

люди подчас вынуждены получать и накапливать знания по астрономии и космологии из случайных (порой, сомнительных, то есть ненаучного происхождения) источников.

Преодолеть такую трудность сложно, но не невозможно. По крайней мере, существует прецедент. Одним из путей является интеграция знаний естественных дисциплин – *физики, химии, биологии, наук о Земле, Солнце и о Космосе*. Этим мы хотели бы способствовать усилиям некоторых авторов, направленных на то, чтобы вернуть должное уважение людей к древнему предмету – *астрономии*. Причем, проблему возможно решать путем переноса части вопросов астрономии в курс физики, «*растворяя*» его в физике, показать важность интеграции *физики и астрономии* в тесной связи с проблемами *экологии*, что бесспорно должно быть *полезным* методом обучения будущих специалистов-биологов. Поэтому важнейшим аспектом современного *экологического образования* мы видим в научной пропаганде и *принципе непрерывности*, что осуществимо путем *интеграции нескольких естественнонаучных предметов*. Но в наше рассмотрение входят вопросы методики *экологического образования* технологического общества с точки зрения таких фундаментальных наук о природе, как *физика и астрономия* в высшем учебном заведении. Как уже упоминалось выше, в воспитании и формировании *экологических знаний* необходимо участие всех *естественных наук* без исключения и обособления какого-либо из них, так называемая *интеграция всех компонентов образовательного процесса*.

Ценность экологических факторов в преподавании естественных наук в том, что они дают преподавателю физики отправную точку при изложении порой сложных вопросов о строении Мира и Вселенной *будущему специалисту* (биологу), который может стать и экспертом-экологом достаточно широкого профиля. Нельзя отрицать, что эти вопросы не рассматриваются преподавателями физики, но рассмотрение экологических факторов носят скорее *случайный* характер. Следует также отметить, что выполнение любых экологических работ в современных условиях, например *эколого-биологической экспертизы* глобального или местного масштаба, оценки риска в конкретном регионе требует от *будущих биологов* хороших знаний не только по физике, но и по астрономии.

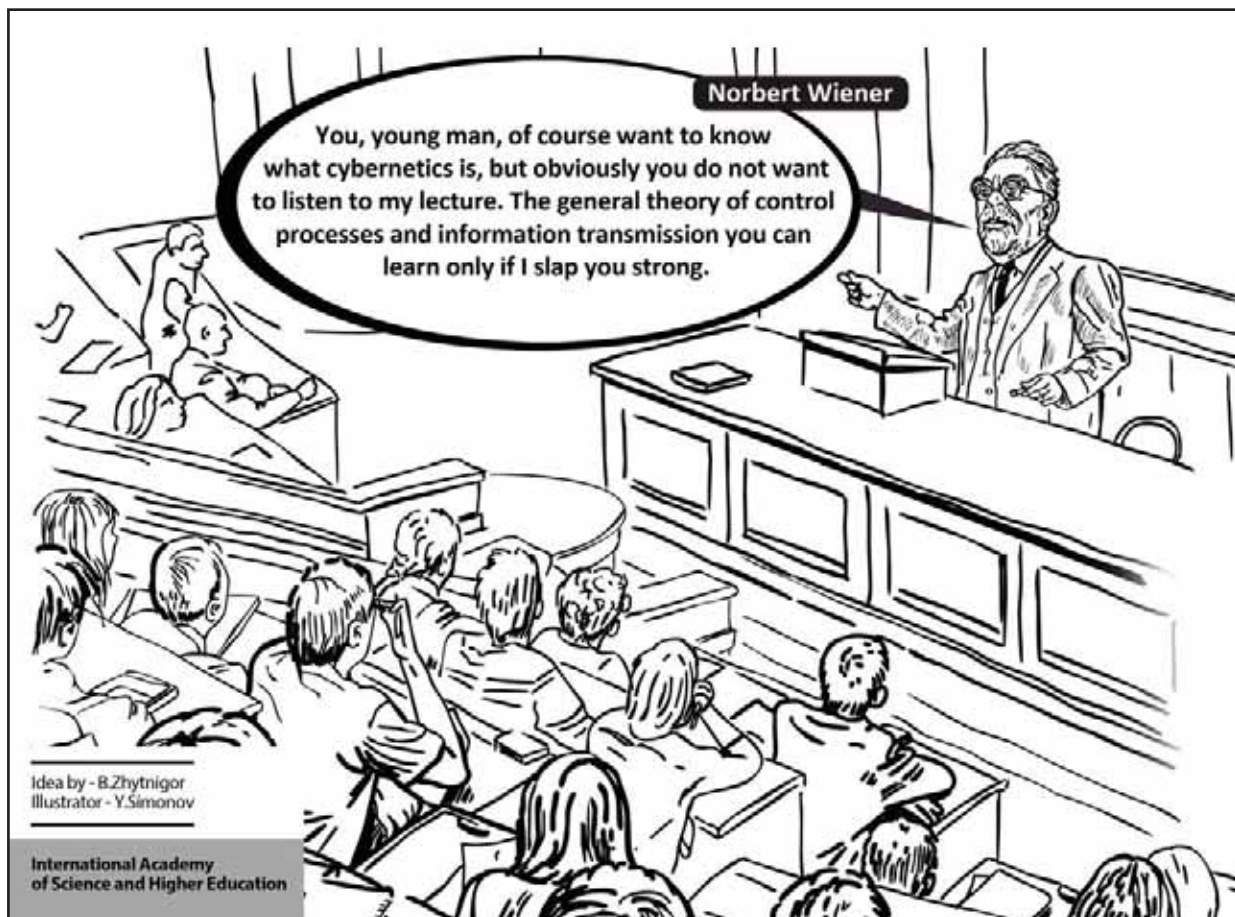
Поэтому, целью нашего исследования мы поставили разработку и научно-методическое обоснование методики экологизированного курса физики и астрономии на основе предметной интеграции для совершенствования будущей профессии (к примеру, биолога) и формирования профессиональной компетентности будущего специалиста в условиях кредитной технологии обучения, для улучшения профессиональных качеств студентов в процессе изучения курса физики.

В связи с этим нами: был проанализирован и систематизирован изученный материал о современном состоянии системы знаний – явления, процессы и закономерности их протекания, которые являются общими для физики и астрономии с введением вопросов экологии, – путем проведения педагогических экспериментов; были выявлены и обоснованы структурно-методические особенности курса

общей физики, астрономии и экологии для формирования будущих биологов на основе предметной интеграции, определены их содержания и предложены критерий отбора содержания интегративного курса; были определены и разработаны методы и пути формирования и совершенствования профессии биолога на основе экологизации предметов физики и астрономии, на основе чего разработаны и создан комплекс учебно-методических пособий по предмету исследования, как на казахском, так и на русском языках; разработана концептуальная модель экологизированного курса физики и астрономии на основе предметной интеграции для совершенствования профессии биолога; были теоретически обоснованы критерии и показатели готовности студентов к работе биолога, осуществлена поэтапная экспериментальная проверка эффективности предлагаемой методики в системе высшей школы; через определение уровня сформированности основных знаний, умений и навыков выявлена и обоснована эффективность созданной концептуальной модели экологизированного курса физики и астрономии на основе предметной интеграции для совершенствования профессии биолога; была рассмотрена тенденция повышения уровня образования студентов биологического направления до современного уровня физической науки с позиции единства трех предметов естественнонаучного цикла – физики, астрономии и экологии, что позволило также изучить психологический уровень восприятия студентами биологических специальностей элементов астрономии и экологии в интеграции с физикой.

## References:

1. Экологический кодекс: паритет интересов // Казахская правда от 10.11.2006 год.
2. Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004 - 2015 годы // Казахстанская правда от 10.12.2003.
3. Длимбетова Г.К. Экологизация обучения в вузе (дидактический аспект). Алматы: Гылым, 2001, 210 с
4. Кенжебеков Б.Т. Университет студенттерінің кәсіби құзреттілігін қалыптастырудың теориясы мен практикасы. Астана, 2002. С. 277.
5. Кенжебеков Б.Т. Методологические подходы к исследованию развития профессиональной компетентности специалиста // Вестник Евразийского университета им. Л.Н.Гумилева. № 6. 2002. – С.78-82.
6. Шайхеслямова К.О. Экологическая подготовка преподавателя химии в системе непрерывного образования: Дисс. на соиск. докт. пед. наук. Алматы, 1995, 309 с.
7. Мұхамедрахымова Ғ.И., Шайхеслямова К.О., Мұхамедрахымов Қ.У «Экологиялық жаңаша ойлау» мектеп қабырғасынан бастап тәрбиеленуі тиіс. Қазақстан жоғары мектебі.// Научно-педагогический журнал. Алматы, №6, 2001, С. 77-81.
8. Ғ.И. Мухамедрахымова, К.О. Шайхеслямова. Экологиялық білім берудің және экологиялық мәдениетті тәрбиелеудің негізгі бағыттары. Вестник Кокшетауского университета. Научный журнал, ч.1, Кокшетау–2003, С.253.
9. Ғ.И. Мухамедрахымова Р.Р. Луговая, К.У. Мухамедрахымов. Использование экологических элементов в образовательных процессах при изучении ядерной физики. ВЕСТНИК Кокшетауского университета. Научный журнал, ч.1, Кокшетау – 2003, С. 259



Idea by - B.Zhytnigor  
Illustrator - Y.Simonov

International Academy  
of Science and Higher Education

## DETERMINATION OF EXPERT QUALITY ASSESSMENTS

A. Kryukov<sup>1</sup>, Doctor of Economic sciences, Full Professor, Head of a Chair  
 I. Kriukova<sup>2</sup>, lecturer  
 Siberian Federal University, Russia<sup>1</sup>  
 General secondary school № 10, Krasnoyarsk, Russia<sup>2</sup>

For automatic processing of expertise results at assessment of the quality of work the algorithm of detection of the expert quality assessment on the basis of indexes of the assessment matrix lines was built. Methods of assessment of quality of products, works or services require the use of subjective marks of experts. It is possible to use the grading system of quality indicators for the express-assessment of quality of production.

**Keyword:** expertise results processing, quality assessment, algorithm, express-assessment, grading system.

Conference participants, National championship in scientific analytics, Open European and Asian research analytics championship

**А**лгоритм определения экспертных оценок качества. Для автоматизированной обработки результатов экспертиз при оценке качества оценки построен алгоритм выявления экспертной оценки качества на основе значений строк матрицы оценки  $|Q_{ij}|$ . Матрица оценки по  $m$  – показателям при определении получена произведением матрицы весовых коэффициентов показателей качества  $|C_{ij}|$  и матрицы двоичных показателей экспертных оценок  $|Э_{ij}|$  по каждой  $n$  – группе  $m$  – показателей, использованных экспертами для оценки качества потенциала  $|Q_{ij}| = |C_{ij}| \times |Э_{ij}|$ .

Это позволяет иметь матричную базу экспертных оценок [1] качества и установить с какого числа экспертов  $k$  может быть обеспечена заданная вероятность получения качественной оценки –  $p$  и ее достоверная величина в оценке –  $\bar{O}$ . Для этого предлагается следующий алгоритм (рис. 1):

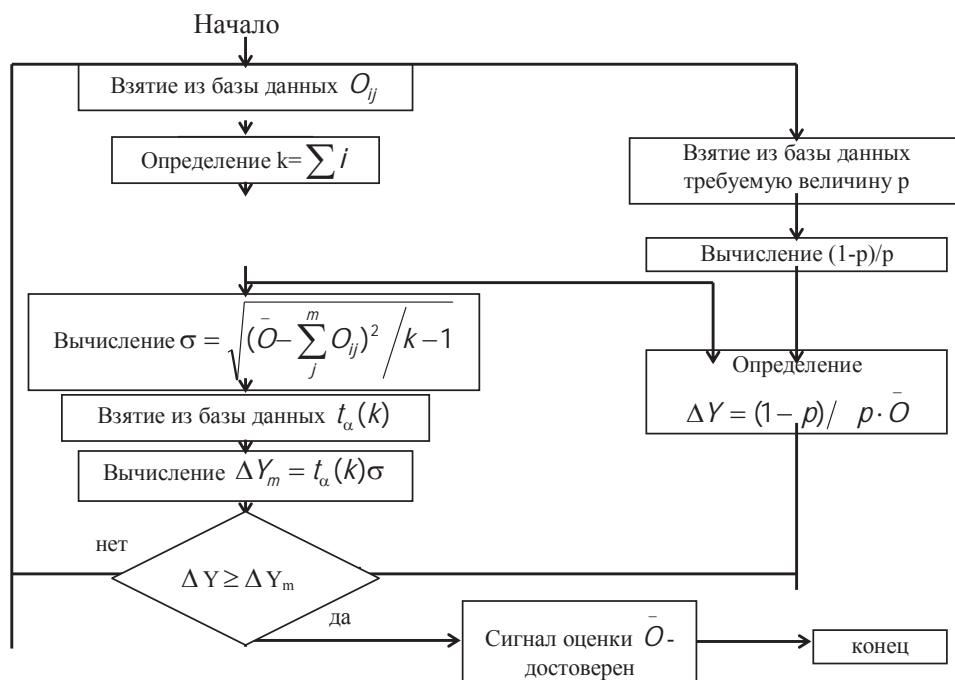


Рис. 1. Алгоритм

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА

Крюков А.Ф.<sup>1</sup>, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой  
 Крюкова И.А.<sup>2</sup>, преподаватель экономики  
 Сибирский федеральный университет, Россия<sup>1</sup>  
 СШ №10 МО г. Красноярска, Россия<sup>2</sup>

В работе для автоматизированной обработки результатов экспертиз при оценке её качества построен алгоритм выявления экспертной оценки качества на основе значений строк матрицы оценки. Методы оценки качества изделий, работ и услуг требуют использования субъективных оценок экспертов. Для экспресс-оценки качества продукции можно использовать бальную систему по показателям качества

**Ключевые слова.** Обработка результатов экспертиз. Оценка качества. Алгоритм. Экспресс-оценка. Бальная система.

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

**Эксперты в оценке качества потребительских свойств товара**

Методы оценки качества изделий, работ и услуг требуют использования субъективных оценок экспертов. Для экспресс-оценки качества продукции можно использовать  $n$  – бальную систему по  $m$  – показателям качества. В этом случае строится матрица весовых коэффициентов показателей качества и заполняется матрица экспертов, участвующих в оценке. Достоверность оценки качества изделий зависит от числа экспертов, участвующих в одновременной оценке. Требуется обосновать минимальное число экспертов, обеспечивающих заданную вероятность получения достоверного качества продукции. В основу этого расчета лежит равенство доверительных интервалов отклонений в оценке качества продукции. При этом доверительный интервал отклонений, вычисленный по допустимой вероятности математического ожидания случайной



величины уровня качества, должен быть равен доверительному интервалу отклонений измеренной величины, определенному через среднеквадратичное отклонение случайной величины и коэффициент Стьюдента [1], величины которых зависят от числа экспертов, участвующих в оценке качества продукции.

Тогда  $\Delta O_p$  – доверительный интервал отклонений в оценке качества изделий через допустимую вероятность их высокого качества –  $p$  вычислим по следующему выражению:

$$\Delta O_p = (1 - p) / p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k O_{ij} / k.$$

где  $O_{ij}$  – оценка  $i$  – качества  $j$  – экспертом,  
 $m$  – число показателей качества,  
 $k$  – число экспертов.

Одновременно доверительный интервал отклонений в измеренной экспертами оценке качества продукции через среднеквадратичное отклонение –  $\sigma$  и коэффициент Стьюдента –  $t_\alpha$  равен

$$\Delta O_\sigma = t_\alpha \sqrt{\left[ \sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^k O_{ij} / k - \sum_{l=1}^m O_{ij} \right)^2 \right] / k - 1}.$$

Для обеспечения статистической надежности выполненных экспертами оценок необходимо, чтобы через  $\Delta O_p$  и  $\Delta O_\sigma$  обеспечивалось неравенство

$$\Delta O_p \geq \Delta O_\sigma. \quad (1)$$

При заданных уровнях вероятности качественности продукции (0.9; 0.95; 0.99) после преобразования неравенства (1) определяем минимальное число экспертов  $k$ ,

которое необходимо иметь для текущей оценки качества продукции

$$(1 - p) / p \geq t_\alpha \sqrt{\left[ \sum_{j=1}^k (1 - k \sum_{i=1}^m O_{ij} / \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k O_{ij})^2 \right] / k - 1}. \quad (2)$$

Неравенство (2) связывает вероятность достоверности для получения качественной продукции –  $p$  с величинами  $t_\alpha$  и  $\sigma$ , которые зависят от числа экспертов, участвующих в оценке. Имея матрицу столбцов весовых коэффициентов  $|C_{ij}|$  для параметров качества и матрицу строк оценок экспертов  $|\mathcal{E}_{ij}|$  в двоичной системе по параметрам качества, определяем матрицу экспертных оценок  $|O_{ij}|$  как произведение матрицы весовых коэффициентов и матрицы оценок экспертов по выражению (3):

$$|O_{ij}| = |C_{ij}| \times |\mathcal{E}_{ij}|. \quad (3)$$

В  $n$  – бальной системе экспертной оценки качества продукции каждый  $j$  – эксперт заполняет по своему номеру одну строку матрицы  $|\mathcal{E}_{ij}|$ . В строке имеется  $m$  – показателей качества, сгруппированных в  $r$  – групп качеств. В каждой из групп эксперт в соответствии со своей квалификацией по выявленным недостаткам продукции выставляет оценку 0 либо 1 по показателям  $r$  – группы.

Таким образом, в каждой строке матрицы  $|\mathcal{E}_{ij}|$  должно быть  $r$  – единиц и  $(m - r)$  – нулей. Подставив в неравенство (2), полученные значения  $O_{ij}$  и табличные значения, вычисляем минимальное число экспертов  $k$ , обеспечивающих заданную вероятность достоверности качества продукции –  $p$ .

**References:**

1. Корн Т. Справочник по математике / Т. Корн, Е. Корн. – М.: Физматгиз, 1985. – 450 с.





**The AICAC Secretariat**

Tel: + 12 024700848  
Tel: + 44 2088168055  
e-mail: [secretariat@court-inter.us](mailto:secretariat@court-inter.us)  
skype: court-inter



AMERICAN INTERNATIONAL  
COMMERCIAL  
ARBITRATION COURT

The American International Commercial Arbitration Court LLC – international non-government independent permanent arbitration institution, which organizes and executes the arbitral and other alternative methods of resolution of international commercial civil legal disputes, and other disputes arising from agreements and contracts.

The Arbitration Court has the right to consider disputes arising from arbitration clauses included into economic and commercial agreements signed between states.

Upon request of interested parties, the Arbitration Court assists in the organization of ad hoc arbitration.

The Arbitration Court can carry out the mediation procedure.

For additional information  
please visit:  
[court-inter.us](http://court-inter.us)

## INTERNATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION



*International Academy of Science and Higher Education (IASHE, London, UK) is a scientific and educational organization that combines sectoral public activities with the implementation of commercial programs designed to promote the development of science and education as well as to create and implement innovations in various spheres of public life.*

Activity of the Academy is concentrated on promoting of the scientific creativity and increasing the significance of the global science through consolidation of the international scientific society, implementation of massive innovative scientific-educational projects.

While carrying out its core activities the Academy also implements effective programs in other areas of social life, directly related to the dynamics of development of civilized international scientific and educational processes in Europe and in global community.

Issues of the IASHE are distributed across Europe and America, widely presented in catalogues of biggest scientific and public libraries of the United Kingdom.

Scientific digests of the GISAP project are available for acquaintance and purchase via such world famous book-trading resources as [amazon.com](http://amazon.com) and [bookdepository.co.uk](http://bookdepository.co.uk).

www: <http://iashe.eu/> e-mail: [office@iashe.eu](mailto:office@iashe.eu) phone: +44 (20) 328999494

## GISAP Championships and Conferences 2014

Branch of science	Dates	Stage	Event name
<b>AUGUST</b>			
Physics, Mathematics, Chemistry, Earth and Space sciences	28.08-02.09	II	Properties of matter in the focus of attention of modern theoretical doctrines
Technical sciences, Architecture and Construction	28.08-02.09	II	Creation as the factor of evolutionary development and the society's aspiration to perfection
<b>SEPTEMBER</b>			
Psychology and Education	17.09-22.09	III	Interpersonal mechanisms of knowledge and experience transfer in the process of public relations development
<b>OCTOBER</b>			
Philology, linguistics	02.10-07.10	III	Problems of combination of individualization and unification in language systems within modern communicative trends
Culturology, Art History, Philosophy and History	16.10-21.10	III	Cultural and historical heritage in the context of a modern outlook formation
<b>NOVEMBER</b>			
Medicine, Pharmaceutics, Biology, Veterinary Medicine, Agriculture	05-11-10.11	III	Techniques of ensuring the duration and quality of biological life at the present stage of the humanity development
Economics, Management, Law, Sociology, Political and Military sciences	20.11-25.11	III	Influence of the social processes globalization factor on the economical and legal development of states and corporations
<b>DECEMBER</b>			
Physics, Mathematics, Chemistry, Earth and Space sciences	04.12-09.12	III	Variety of interaction forms of material objects through a prism of the latest analytical concepts
Technical sciences, Architecture and Construction	18.12-23.12	III	Target and procedural aspects of scientific and technical progress at the beginning of the XXI century



## WORLD RESEARCH ANALYTICS FEDERATION

**R**esearch Analytics Federations of various countries and continents, as well as the World Research Analytics Federation are public associations created for geographic and status consolidation of the GISAP participants, representation and protection of their collective interests, organization of communications between National Research Analytics Federations and between members of the GISAP.

**F**ederations are formed at the initiative or with the assistance of official partners of the IASHE - Federations Administrators.

**F**ederations do not have the status of legal entities, do not require state registration and acquire official status when the IASHE registers a corresponding application of an Administrator and not less than 10 members (founders) of a federation and its Statute or Regulations adopted by the founders.



If you wish to know more, please visit:

<http://gisap.eu>



**International Academy of Science and Higher Education (IASHE)**

1 Kings Avenue, London, N21 1PQ, United Kingdom

Phone: +442032899949

E-mail: [office@gisap.eu](mailto:office@gisap.eu)

Web: <http://gisap.eu>