

# **European Journal of Technical and Natural Sciences**

**Nº 3    2016**



«East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH

**Vienna  
2016**

# **European Journal of Technical and Natural Sciences**

## **Scientific journal**

### **Nº 3 2016**

ISSN 2414-2352

#### **Editor-in-chief**

Hong Han, China, Doctor of Engineering Sciences

#### **International editorial board**

Andronov Vladimir Anatolyevitch, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences

Baranovsky Denis Nikolaevich, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences

Bejanidze Irina, Georgia, Doctor of Chemistry

Frolova Tatiana Vladimirovna, Ukraine, Doctor of Medicine

Inoyatova Flora Ilyasovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine

Kestutis Peleckis, Lithuania, Doctor of Engineering Sciences

Khentov Viktor Yakovlevich, Russia, Doctor of Chemistry

Miryuk Olga Alexandrovna, Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences

Nagihev Polad Yusif, Azerbaijan, Ph.D. of Agricultural Sciences

Nemikin Alexey Andreevich, Russia, Ph.D. of Agricultural Sciences

Ogirko Igor, Ukraine, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

Osipov Gennadiy Sergeevich, Russia, Doctor of Engineering Sciences

Ruchin Alexandre Borisovich, Russia, Doctor of Biological Sciences

Sentyabrev Nikolai Nikolaevich, Russia, Doctor of Biological Sciences

Simonyan Gevorg Sarkisovich, Armenia, Ph.D. of Chemistry

Shakhova Irina Aleksandrovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine

Skopin Pavel Igorevich, Russia, Doctor of Medicine

Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan, Ph.D. of Medicine

Vijaykumar Muley, India, Doctor of Biological Sciences

#### **Proofreading**

Kristin Theissen

#### **Cover design**

Andreas Vogel

#### **Additional design**

Stephan Friedman

#### **Editorial office**

European Science Review

“East West” Association for Advanced Studies  
and Higher Education GmbH, Am Gestade 1

1010 Vienna, Austria

#### **Email:**

info@ew-a.org

#### **Homepage:**

www.ew-a.org

**European Journal of Humanities and Social Sciences** is an international, German/English/Russian language, peer-reviewed journal. It is published bimonthly with circulation of 1000 copies.

The decisive criterion for accepting a manuscript for publication is scientific quality. All research articles published in this journal have undergone a rigorous peer review. Based on initial screening by the editors, each paper is anonymized and reviewed by at least two anonymous referees. Recommending the articles for publishing, the reviewers confirm that in their opinion the submitted article contains important or new scientific results.

#### **Instructions for authors**

Full instructions for manuscript preparation and submission can be found through the “East West” Association GmbH home page at:  
<http://www.ew-a.org>.

#### **Material disclaimer**

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

East West Association GmbH is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

#### **© «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH**

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, Austria on acid-free paper.

## Section 1. Biology

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-3-6>

*Urazbaev Ismatulla Ummatovich,  
candidate of agricultural sciences, assistant  
Gulistan state university of Soil sience  
E-mail: ismatullaurazboev@gmail.com*

### **Development bonitation of the coefficients on the content of humus and of soil erosion**

**Abstract:** In article is stated study correlation intercoupling to productivities of the cotton plant and contents humus a in erode ground for the reason creation bonitation factor. The Factor to correlations between productivity of the cotton plant and degree erode ground is 0.97, but between productivities and humus 0,97. average quadratic equation mistake of the factor to correlations ( $m$  is 0,024 and 0,31, but validity ( $t$ ) is 40,4 and 3,1. Such intercoupling between productivity of the cotton plant, humus and degree erode ground affords ground calculate the bonitation factors.

**Keywords:** bonitation, relief, correlation, productivity, correlation, easy loamy, clayey, humus, erode, irrigated, sereozem.

*Исматулло Умматович Уразбоев,  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
дотченкт кафедры почвоведение  
Гулистанский государственный университет  
E-mail: ismatullaurazboev@gmail.com*

### **Разработка бонитировочных коэффициентов по содержанию гумуса и эродированности почв**

**Аннотация:** В статье излагается изучение коррелятивные взаимосвязи урожайности хлопчатника и содержание гумуса в эродированных почвах с целью создания бонитировочных коэффициентов. Коэффициент корреляции между урожайностью хлопчатника и степенью эродированности почв равен 0,97, а между урожайности и гумусом 0,97. средняя квадратическая ошибка коэффициента корреляции ( $m$ ) равно 0,024 и 0,31, а достоверность ( $t$ ) равно 40,4 и 3,1. Такая взаимосвязь между урожайностью хлопчатника, гумуса и степенью эродированности почв дает основание вычислить бонитировочные коэффициенты.

**Ключевые слова:** бонитировка, рельеф, урожайность, корреляция, легко суглинистый, глинистый, гумус, эродированность, орошаемых, сероземов.

Бонитировка экологических условий хлопчатника и других культур с учетом уровня интенсификации сельскохозяйственного производства выдвигает острую необходимость создания единой методической основы, позволяющей сопоставить оценки качества почв и других факторов жизни растений различ-

ных природно-хозяйственных территорий. Трудами многочисленными исследователями бонитировщиками созданы республиканских методики, инструкции и указания по бонитировке почв, которые с большой пользой используются как научная основа для планирования урожайности, районирования сортов куль-

турных растений, обоснования размещения отраслей сельского хозяйства с учетом почвенных и климатических условий территорий.

Опытные работы по бонитировке орошаемых почв начаты несколько позднее. К настоящему времени в республики, где развивается орошение земледелие, имеют свои методические пособия. Все существующие региональные методики бонитировки почв сельскохозяйственного использования по своему содержанию и критериям оценки можно разделить на 3 направления:

1. Естественно-исторический метод, разработанный В. В. Докучаевым. Баллы бонитета устанавливаются на основе учета генетических свойств, наиболее тесно коррелирующих с урожаев ведущей в регионе сельскохозяйственной культуры [4; 5].

2. В основе второго направления — оценка плодородия почвы урожаю сельскохозяйственных культур, при этом объектом оценки служат агропроизводственные группы или (реже) виды почв [1].

3. Оценка плодородия почв по их свойствам с привлечением элементов агроклимата и агрорельефа. Этот метод можно назвать агроэкологическим [3].

В связи с этим нами были начаты исследования в рамках темы «Разработать методики составления крупномасштабного картирования почв и бонитировки экологических условий хлопчатника на эродированных территориях с учетом уровня интенсификации сельскохозяйственного производства».

Научные исследования проводились в следующих направлениях:

1. Поиск наиболее консервативных в условиях орошения и в то же время агрономических важных свойств для обоснования шкалы бонитировки почв;

2. Установление степени тесноты связи между отдельными свойствами почв и урожаем хлопчатника с применением корреляционного и регрессионного анализов для математического обоснования бонитировочных коэффициентов;

3. Поиск элементов агроэкологии (рельефа, климата), оказывающих наибольшее влияние на развитие хлопчатника для комплексной оценки всех факторов агроэкологии хлопчатника.

Методические проработки по бонитировке почв проводились на учетных площадках размером 10 x 10 м, выбранных внутри ключевых участков после детального картирования (M 1:1000) элементарных почвенных ареалов (ЭПА). учетные площадки располагаются в наиболее характерном участке ЭПА. здесь же закладываются опорные разрезы для из-

учения свойств ЭПА. Учет урожая хлопка-сердца на учетных площадках производился по методу УзНИХИ (2007). Затем производились статистическая обработка урожайных данных, вычисление средневзвешенных урожаев учетных площадок и поиск корреляционных зависимостей между отдельными свойствами почв с одной стороны и урожайностью хлопчатника с другой.

Исследование коррелятивных связей проводилось с помощью уравнения парной корреляции (2007). Если коэффициент корреляции ( $r$ ) выше удовлетворительно, то вычисляли бонитировочные коэффициенты. В случае недостатка материалов по урожаю по отдельным позициям признаков вычисляли средне вероятностные урожаи с применением уравнений регрессии.

Бонитировка — как самостоятельная и исходная основа в общей системе оценки земель должна проводится с максимальной объективностью и точностью, а это в первую очередь зависит от того, насколько правильно выбраны бонитировочные критерии и насколько полно они характеризуют природное плодородие почв. Выделение свойств, принимаемых за бонитировочные критерии, — наиболее сложный вопрос при проведении их качественной оценки. Они должны быть относительно мало динамичными и устойчивыми во времени, общими для всех бонитировочных почв определенной территории и количественно сопоставимыми.

В условиях орошаемого земледелия всем указанным требованиям отвечает механический состав [2]. Исследование возможности бонитировки орошаемых почв по механическому составу проведена по данным 126 типичных хозяйств, 132 фермерских участках и 43 ключевых участков. По каждому показателю почв с применением уравнений регрессии вычислены вероятности урожаи. На основании полученных материалов составлена оценочная шкала бонитировки орошаемых почв сероземного пояса (таблица 1).

Таблица 1. – Базовая шкала бонитировки орошаемых типичных сероземов

№	Механический состав	Бонитировочные коэффициенты
1	Легко суглинистый	95
2	Среднесуглинистый	100
3	Тяжелосуглинистый	90
4	Глинистый	70

Исследованиями различных авторов, урожайность хлопчатника на сильноэродированных почвах

уменьшается на 40–50% по сравнению с урожайностью хлопчатника на неэродированных почвах. Однако до сих пор не были проведены специальные исследования по установлению коррелятивных связей между степенями эродированности почв и урожайностью хлопчатника.

С учетом изложенных нами проведено научное исследование по бонитировке орошаемых типичных сероземов предгорных равнин по степени подверженности ирригационной эрозии. Из приведенных данных таблицы 2 видно, что коэффициент корреляции между урожайностью хлопчатника и степенью эродированности почв и бонитировочные коэффициенты

рованности почв равен 0,97. средняя квадратическая ошибка коэффициента корреляции ( $m_r$ ) равно 0,024, а достоверность ( $t$ ) равно 40,4. Такая взаимосвязь между урожайностью хлопчатника и степенью эродированности почв дает нам основание вычислить бонитировочные коэффициенты.

В плане исследований по усовершенствованию методики бонитировки орошаемых почв республики провели работу по выявлению роли гумуса как фактора плодородия и возможность использования количества гумуса при оценка плодородия орошаемых почв.

Таблица 2. – Зависимость урожайности хлопчатника от степени эродированности почв и бонитировочные коэффициенты

Степень эродированности	Градация по степени эродированности почв (A+B1), см	Количество учетных площадок, шт	Средняя мощность гумусового Горизонта (A+B1), см X	Урожайность, ц/га Y	XU	X2	Y2	Парковочные коэф.
Неэродированные	>75	4	75	34,1	2557	5625	1162	1,00
Намытые	>75	27	75	27,4	2055	5625	750	0,80
Слабоэродированные	50–75	14	60	25,6	1536	3600	655	0,75
Среднеэродированные	25–50	13	35	23,6	826	1225	556	0,70
Сильноэродированные	<25	50	25	20,3	507	625	412	0,60

Для поиска связи между урожайностью хлопчатника и количеством по запасам гумуса в полумертвом слое разделены на 5 групп (таблица 3).

Коэффициент корреляции между урожайностью хлопчатника и содержанием гумуса равен 0,97. сред-

няя квадратическая ошибка коэффициента корреляции ( $m_r$ ) равна 0,31, а достоверность  $t=3,1$ . Такая тесная взаимосвязь между урожайностью хлопчатника и содержанием гумуса дали нам основание вычислить бонитировочные коэффициенты (Таблица 3).

Таблица 3. – Бонитировочные коэффициенты по содержанию гумуса в почве

№	Градация почв по запасу гумуса в слое 0–50 см, т/га	Количество учетных площадок, шт	Средняя урожайность ц/га	Бонитировочные коэффициенты
1	<30	30	20,6	0,55
2	31–45	41	21,3	0,60
3	46–65	26	26,9	0,75
4	66–85	10	29,6	0,85
5	>85	1	35,0	1,00

Таким образом, наши исследования показали, что размеры роста урожайности хлопчатника прямо пропорционально количеству гумуса в полумертвом слое на 10 т/га дает прибавку в урожай около 0,7 ц/га, а 20 т/га — около 5,6 ц/га. Особенно рез-

кое увеличение урожайности хлопчатника заметно при запасе гумуса более 50 т/га. Видимо, эту цифру целесообразно считать средней для орошаемых типичных сероземов при характеристике их по количеству гумуса.

#### Список литературы:

1. Кузмычев В. П. Главные принципы бонитировки почв // Агрономия и почвоведение. Вып. 8, – Киев, 1969.

2. Ли В. Н. Основная шкала бонитировки орошаемых почв серозёмного пояса. Тезисы VII съезда ВОП, часть 4. – Ташкент, – 1985.
3. Мамытов А. М. и др. Методика бонитировки почв Киргизии, – Фрунзе, – 1967.
4. Собелев С. С., Полянский Н. А. Бонитировки почв, – М. – 1965.
5. Тюменцов НюФ. К проблеме бонитировки почв СССР//Бонитировка почв Западной Сибири. Изд-во «Наука», – Новосибирск, – 1975.

## Section 2. Materials Science

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-7-14>

*Kholodnikov Yriu Vasilevich,*

*PhD. tehn. Sciences,*

*General Director of SKB «Thought»*

*E-mail: sdo\_mysl@mail.ru*

*Volegzhannin Ivan Vasilevich,*

*a graduate student FGBOU IN «USMU»*

### Corrosion protection equipment polymer composites

**Abstract:** The article shows the main ways to protect the process equipment from the effects of aggressive working environment-governmental composite materials with a polymer matrix. The classification, new ways of protection are described and recommendations for their use.

**Keywords:** Composite materials, protection of process equipment, aggressive working environment, occupational hazards, lining.

*Холодников Юрий Васильевич,  
канд. техн. наук,  
генеральный директор ООО СКБ «Мысль»  
E-mail: sdo\_mysl@mail.ru*

*Волегжанин Иван Александрович,  
аспирант ФГБОУ ВО «УГГУ» г. Екатеринбург.*

### Коррозионная защита оборудования полимерными композитами

**Аннотация:** В статье приведены основные способы защиты технологического оборудования от воздействия агрессивной рабочей среды композиционными материалами с полимерной матрицей. Приведена классификация, описаны новые способы защиты и даны рекомендации по их применению.

**Ключевые слова:** Композиционные материалы, защита технологического оборудования, агрессивная рабочая среда, опасные производственные факторы, футеровка.

Коррозионные процессы отличаются широким распространением и разнообразием условий и сред, в которых они протекают. Поэтому пока нет единой и всеобъемлющей классификации встречающихся случаев коррозии. Коррозию классифицируют по типу агрессивных сред, по условиям протекания коррозионного процесса, по характеру разрушения и т. п., однако главным классификационным признаком коррозии служит механизм протекания коррозии. По этому признаку классически различают два вида коррозии: химическая и электрохимическая коррозия. Следует иметь в виду, что вследствие высоких диэлектрических свойств полимерных композитов,

электрохимическая коррозия для них не является приоритетным видом разрушения, и в данном случае большее значение в прогнозировании долгосрочных эксплуатационных параметров играет анализ химического или физико-химического взаимодействия композита с агрессивной рабочей средой.

Анализируя физико-химическую составляющую коррозионных процессов протекающих между изделием из полимерных композиционных материалов и рабочей средой, рассмотрим также проблемы защиты изделий от абразивного износа, теплового воздействия, радиационного, биологического, вибрации и шума, и других опасных производственных

факторов. В конце концов, каждый из перечисленных производственных факторов или их совокупность оказывают существенное влияние на эксплуатационные качества изделий, выполненных из полимерных композиционных материалов (ПКМ). И еще одно замечание: класс ПКМ очень широк и многообразен, и охватить все его возможные виды и исполнения, а также, проанализировать с точки зрения коррозионной стойкости в различных рабочих средах, не компетенция одной журнальной статьи, поэтому мы остановимся на полимерных композитах с термореактивной матрицей, как на одном из перспективных, с точки зрения применения в качестве изделий промышленно-технического назначения, классе ПКМ.

На рис. 1 представлена таблица, отражающая основные способы защиты полимерными композиционными материалами оборудования и изделий

от воздействия опасных производственных факторов.

Известно, что основные способы защиты технологического оборудования, машин, механизмов и изделий промышленного назначения делятся условно на три основных вида:

1. конструктивные способы — связанные с применением конструкционных материалов стойких в данной агрессивной рабочей среде;
2. активные способы — предусматривающие применение средств снижения агрессивности рабочей среды на конкретном участке защищаемой поверхности;
3. пассивные способы — предполагают создание защитного непроницаемого барьера на защищаемой поверхности оборудования от воздействия агрессивной рабочей среды.

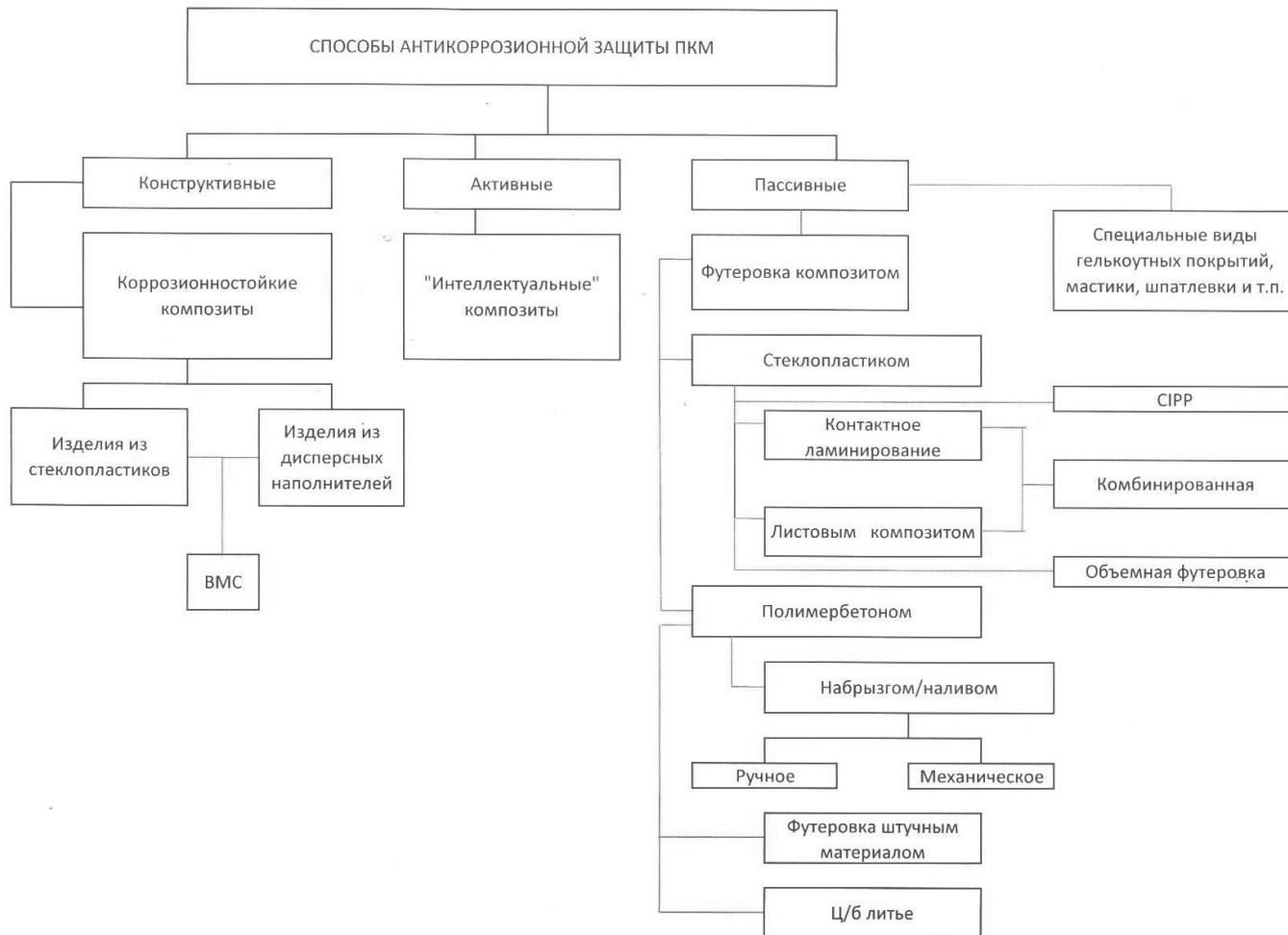


Рис. 1. Способы антикоррозионной защиты ПКМ

Конструктивные способы защиты оборудования от опасных производственных факторов, применимые к рассматриваемому в данной статье предмету деятельности, предполагают его изготовление из коррозионностойких композиционных материалов. Критерием выбора композиционных материалов

может служить фактор оптимизации соотношения «цена/качество», где под параметром цены следует подразумевать стоимость основных составляющих композита (связующее, армирующие материалы, наполнители), затраты на изготовление, эксплуатацию, обслуживание и ремонт. А под параметром качества,

прежде всего, следует понимать совокупность основных эксплуатационных характеристик оборудования (надежность, срок службы, безопасность работы, производительность и другие параметры, важные для каждого конкретного вида изделия).

Изделия из коррозионностойких композитов с термореактивной матрицей из органических смол любого технического назначения можно изготавливать либо стекло- (базальто-, угле-, органо- и пр.) пластиков различными технологическими способами, либо из дисперсно- (зернисто-, нано-) наполненных материалов типа полимербетонов, или из премиксов по технологии прямого прессования (ВМС). Премиксы, состоящие из связующего, армирующих материалов и наполнителей служат промежуточным звеном между чистыми стеклопластиками и дисперсно — наполненными композитами, поэтому мы их выделили в самостоятельную группу коррозионностойких деталей.

Важнейшим компонентом коррозионностойкого композита, определяющим такие его свойства, как химстойкость, влагонепроницаемость, термостойкость, биостойкость и др., является матрица композита (связующее), представляющее собой различные виды органических смол. Наиболее распространеными типами смол, ранжированными в функции повышения химической стойкости и физико-механических характеристик, являются:

1. Полиэфирные смолы:  
— ортофталевые, изофталевые, терефталевые, винилэфирные;
2. Фенол — формальдегидные смолы;
3. Кремнийорганические смолы;
4. Эпоксидные (модифицированные эпоксидные) смолы.

Выбор типа связующего является важной научно-практической задачей, во многом определяющей долговременные свойства композиционного изделия, и осуществляется на основании рекомендаций фирм-изготовителей смол, опыта производителя коррозионностойкого оборудования, лабораторных исследований и анализа опыта эксплуатации оборудования в схожих производственных средах.

Вид армирующего материала, главным образом, определяет физико-механические свойства композита (прочность, вибростойкость, стойкость к действию ударных нагрузок и т. п.). Многообразие видов армирующих материалов открывает перед изготовителем широкие возможности по моделированию конструкции изготавливаемого изделия с различными проч-

ностными характеристиками, не уступающими и превосходящими аналогичные показатели металлов.

Наполнители, вводимые в матрицу композита до ее отверждения, предназначены для придания изделию дополнительных свойств, например таких как: абразивостойкость, триботехнические параметры, электропроводность, биостойкость, огнестойкость и др.

Целесообразность применения изделий с полимерной матрицей и наполнителями в виде фракционированных дисперсных наполнителей органического и неорганического происхождения — т. н. «полимербетонов», в виде элементов строительных конструкций, фундаментов технологического оборудования, переливных лотков, желобов, отстойников, бассейнов и т. п. определяется их более высокими физико-механическими характеристиками и химической стойкостью, чем аналогичные изделия из обычного бетона.

Способы производства изделий из композиционных материалов производственно-технического назначения перечислены в [1].

Под понятием «интеллектуального» композита мы понимаем класс конструкционных материалов, способный к самодиагностированию, самоадаптации и самовосстановлению. Эти композиты должны уметь распознавать возникающие эксплуатационные угрозы (сенсорная функция), анализировать их и принимать самостоятельные или командные решения (процессорная функция), а также возбуждать и осуществлять необходимое противодействие внешней негативной реакции (исполнительная функция).

К сожалению, в настоящее время не существует композитов, которые бы отвечали всем перечисленным требованиям. Однако, поэтапно эти задачи могут быть решены, например задачи по созданию материалов, информирующих о своем состоянии, о приближении эксплуатационных нагрузок к предельно допустимым, о трещинообразовании, химической коррозии, повышенном водопоглощении и т. д. Важно чтобы «интеллектуальная» составляющая композита, органически входила в его структуру и не ухудшала потребительские качества изделия.

Из пассивных способов антикоррозионной защиты полимерными композиционными материалами мы выделили два основных:

- специальные виды защитных покрытий (гелькоаты, мастики, шпатлевки и т. п.);
- футеровка композиционными материалами.

Гелькоатные, мастичные, шпатлевочные и другие аналогичные виды защитных покрытий на основе ко-

ротковолокнистых, дисперсно — (nano-) наполненных композиционных материалов, создают на поверхности объекта защиты достаточно тонкую защитную пленку, способную обеспечить химическую, абразивную, огнестойкую, биологическую стойкость изделия

в ограниченном промежутке времени. Достоинствами этой группы материалов являются минимальные трудозатраты и экономическая выгода, а недостатки — характерные для всех видов пленочных покрытий.

Условия эксплуатации

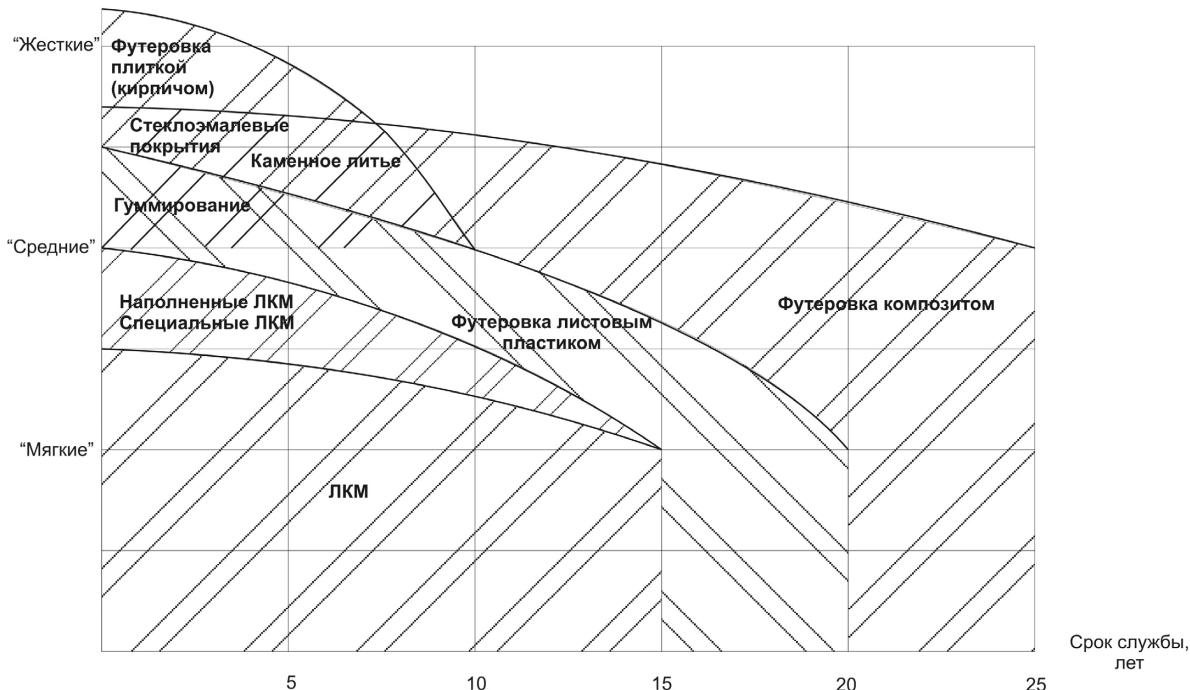


Рис. 2. Применимость защитных покрытий

На рис. 2 представлена обобщенная схема применяемости различных видов защитных покрытий в зависимости от условий эксплуатации и среднего срока службы покрытий.

«Мягкие» условия эксплуатации — это промышленная атмосфера, технические среды с температурой эксплуатации —  $40 \div +40^{\circ}\text{C}$ , pH 4÷7.

«Средние» — температура рабочей среды до  $+100^{\circ}\text{C}$ , pH 3÷8.

«Жесткие» — температура более  $+100^{\circ}\text{C}$ , pH 1÷14, наличие абразивного износа, кавитационные явления, нестабильный рабочий режим.

Границы применяемости, конечно, условные, поскольку понятно, что футерованный плиткой объект в «мягких» условиях простоят и 30, и 50 лет. Однако, этот метод защиты предназначен для других — «жестких» условий, где, как правило, более 10 лет защита не стоит.

Футеровка специальными композитами предназначена:

— для повышения эксплуатационных параметров производственного оборудования (надежность, долговечность, эффективность, производительность и т. д.) путем создания стойкого многофункциональ-

ного барьера на поверхности изделий, защищающего от воздействия агрессивных рабочих сред;

— для снижения стоимости оборудования за счет замены химстойких марок стали и дорогостоящих металлов (титан, медь, алюминий и др.) — на обычные стали, футерованные специальным композитом;

— для оперативного решения вопросов технического обслуживания и ремонтов технологического оборудования, а также безопасного ведения ремонтно-восстановительных работ;

— для придания новых эксплуатационных свойств действующему оборудованию при его модернизации или перепрофилировании.

В настоящее время защита оборудования, эксплуатируемого в агрессивной рабочей среде (а это практически все промышленное оборудование и различные технологические системы), осуществляется следующими способами:

- изготовление оборудования из специальных марок стали;
- защита ЛКМ;
- футеровка листовым пластиком (полиэтилен, фторопласт, винипласт и др.);
- гуммирование резиной;

– футеровка штучными изделиями (каменное ли-  
тье, кирпич, плитка и т. п.).

Преимущества футеровки композитами заключа-  
ется в следующем:

а.) высокая ударо-вибропрочность защитной си-  
стемы;

б.) высокая химстойкость, износостойкость (био,  
тепло и т. д.), футеровочного покрытия;

в.) возможность защиты сложных пространствен-  
ных конструкций любой формы;

г.) возможность ведения защитных работ «по ме-  
сту»;

д.) отсутствие сварных швов и стыков в защитном  
покрытии.

Кроме того, каждый из существующих способов  
защиты решает достаточно узкий спектр проблем, свя-

занных с обеспечением надежной работы оборудова-  
ния в агрессивной среде. На практике же мы имеем  
дело с комплексом негативных факторов, воздействи-  
ющих на производственное оборудование. Например:  
химически агрессивная среда и абразивный износ, или  
абразивный износ и высокая температура и т. п. Только  
композиты способны обеспечить комплексную защиту  
в широком диапазоне агрессивных сред.

Большие возможности эффективной защиты тех-  
нологического оборудования композитами, в том  
числе, объясняются наличием различных, адапти-  
рованных к конкретным условиям проведения ра-  
бот, способам нанесения футеровочных покрытий.  
В табл. 1 приведены данные по известным на данный  
момент способам футеровки, часть из которых впервые  
разработана в ООО СКБ «Мысль».

Таблица 1. Способы футеровки

<b>Способ нанесения футеровки</b>	<b>Назначение</b>	<b>Недостатки, преимущества</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1. «Мокрое ламинирова- ние» <i>Патент РФ № 2365679 ГОСТ Р 55074–2012</i>	– Поверхности любой пространственной конфигурации (пло- ские, сферические, цилиндрические и пр.) – Работа «по месту»	Преимущества: – минимум специального инструмента и оснастки; – возможность нанесения любого вида защитного по- крытия на месте (химстойкое, износостойкое, тепло- стойкое и пр.) – любая поверхность Недостатки: – опасная работа как по пожарным требованиям, так и санитарным – высокое влияние «человеческого фактора»		
2. Футеровка листовым композитом <i>Патент РФ № 92383 ГОСТ Р 54927–2012</i>	– Плоские поверх- ности	Преимущества: – хорошие производственные условия ведения работ; – гарантированное качество защиты; – производительный (по сравнению с 1) способ работ. Недостатки: – только плоские поверхности.		
3. Комбинированный способ футеровки (мо- крутое ламинирование + листовой композит)	– Для крупного, обь- емного оборудования	Преимущества: – достоинства 1 и 2 способов; Недостатки: – отсутствие производственного опыта по данному способу		
4. Способ объемной фу- теровки емкостного об- орудования и труб <i>Патент РФ № 2473424</i>	– футеровка труб (внутренняя); – футеровка емкост- ного оборудования (баки, цистерны, мешалки и пр.); – футеровка воздухо- водов, газоходов.	Преимущества: – получение надежного, эффективного и качественного покрытия труб любого диаметра, сечения (в том числе профильного); Недостатки: – на данный момент достойной альтернативы – нет.		

1	2	3
5. Центробежное литье	– Для футеровки износостойким полимербетоном труб и газоходов	Преимущества: – износо- (тепло- огне- и пр.) стойкое покрытие по толщине меньше, чем футеровка каменным литьем, кирпичом или керамикой. Недостатки: – только цеховое производство ограниченных по длине отрезков труб
6. Футеровка полимербетоном «по месту» (торкретирование)	– Износостойкие (термостойкие) покрытия.	Преимущества: – создание износостойких покрытий по месту набрызгом или наливом. Недостатки: – «человеческий фактор»; – узкая область применения
7. Ремонтные технологии футеровки ГОСТ Р 55073–2012	– Ремонтные работы	Преимущества: – возможность качественного ремонта и модернизации технологического оборудования; Недостатки: – нет регламентов, нормативов, кадров
8. Футеровка «стакан в стакане»	– Быстрое восстановление работоспособности аварийного оборудования	Преимущества: – быстрое решение проблем ремонта. Недостатки: – необходимо иметь запас изделий, обеспечив их хранение; – применимо для ограниченного числа изделий.

Теме защитных футеровочных покрытий посвящен большой цикл работ [3; 4; 5; 6 и др.], Контактное («мокрое») ламирование — это нанесение непосредственно на защищаемую поверхность пропитанного термореактивной смолой армирующего материала толщиной не менее 2,5–3 мм [7]. Достоинства способа — возможность нанесения надежного и долговременного футеровочного покрытия на поверхности любой пространственной конфигурации (прямолинейные, сферические, криволинейные, и др.). Недостатки — «человеческий фактор», трудозатраты и необходимость обеспечения безопасных условий работы, особенно в замкнутых объемах.

Футеровка листовым композитом — способ футеровки листовым специальным композиционным материалом преимущественно прямолинейных поверхностей от воздействия опасных производственных факторов [8]. Достоинства способа заключаются в снижении (по сравнению с вышеописанным способом контактной футеровки) трудозатрат, повышении производительности работ и качества защиты. Недостатки — защита только прямолинейных поверхностей.

Комбинированный способ защиты заключается в сочетании способов контактной футеровки и футеровки листовым композитом.

Технология СИРР предназначена для ремонта и восстановления изношенных трубопроводов методом футеровки внутренней поверхности специальным, пропитанным термореактивным связующим, рукавом из армирующих материалов, протягиваемым в трубу и принимающим ее форму за счет подачи во внутрь рукава горячих пары или воды, обеспечивающих полимеризацию связующего.

Объемная футеровка [9] — способ защиты оборудования, где по техническим причинам (стесненные условия, опасные условия и т. п.) нельзя применить известные способы защиты от воздействия агрессивной рабочей среды. В настоящее время данный способ проходит опытно-промышленные испытания в ООО СКБ «Мысль».

Футеровка полимербетоном целесообразна для защиты технологического оборудования и строительных конструкций от абразивного износа, высоких температур, повышения химстойкости строительных сооружений и т. п. Жидкий полимербетон можно наносить ручным набрызгом или механическим спосо-

бом (торкретированием) с последующим разглаживанием и уплотнением нанесенного слоя.

Футеровка штучным материалом отличается от общепринятого способа защиты тем, что предусматривает применение штучных изделий (плиток с различными защитными функциями), выполненными из композиционных материалов [10]. Преимущества предлагаемого способа футеровки заключаются, прежде всего, в снижении трудоемкости работ и за счет меньшей массы — снижение нагрузок на защищаемое оборудование.

Центробежное литье — классический способ нанесения футеровки, как правило, из дисперсно-наполненного композита на внутреннюю поверхность труб, выполняемую в цеховых условиях на специальном заливочном оборудовании.

Футеровка композитами дает существенные преимущества перед другими способами защиты, поскольку позволяет:

- защищать оборудование в широком диапазоне агрессивных рабочих сред;
- защищать сложные объемные поверхности (шарообразные, с «поднутрениями», и т. п.);
- футеровать присоединенные элементы конструкции (штуцера, каналы, патрубки и т. д.);
- гибкость «мокрого» ламината компенсирует неровности поверхности изделия, что позволяет ликвидировать зазоры между изделием и футеровочным слоем, тем самым, избегая подплечной коррозии;
- менять толщину футеровочного слоя в зависимости от нагруженности изделия в том или ином месте конструкции;
- комбинировать слои футеровки, используя различные виды связующего и типы наполнителей

И, наконец, следует отметить несомненные преимущества композитов по следующим причинам:

1. высокая ударо-вибропрочность, позволяющая воспринимать динамические нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации изделия;

2. большой диапазон рабочих температур без потери защитных свойств защитного покрытия; ремонтопригодность стеклопластиков позволяющая восстанавливать поврежденные участки, без демонтажа всего покрытия;

3. достаточно высокая прочность и химстойкость стеклопластиков позволяет во многих случаях отказаться от применения специальных химстойких материалов (нержавеющая сталь, титан и т. д.) и уменьшить массу конструкции за счет уменьшения толщины подложки (каркаса) изделия.

4. органические смолы, являющиеся связующим в стеклопластиках, обладают отличной совместимостью с большинством химстойких лакокрасочных материалов и другими типами защитных материалов, например резинами, что позволяет проводить комплексную защиту технологического оборудования с применением разных видов защитных систем, материалов, технологий и т. п., в зависимости от условий эксплуатации, требуемого уровня защиты, профессиональной подготовки рабочих, и других технологических параметров.

Таким образом, рассматривая совокупность признаков определяющих целесообразность применения того или иного вида защитной системы, для изделий эксплуатируемых в опасных производственных условиях, следует констатировать, что на данный момент времени футеровка химстойкими композиционными материалами является наиболее предпочтительным видом футеровки ввиду своей универсальности, отличной химстойкости, технологичности и наличия явных эксплуатационных преимуществ.

#### **Список литературы:**

1. Холодников Ю. В. «Промышленные композиты» // Журн. «Композитный мир» – № 5, 2012 г., С. 48–54.
2. «Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии: учебн. пособие»/под ред. А. А. Берлина.- СПб.: – Профессия, – 2008. – 560 с., ил.
3. Холодников Ю. В. «Новые принципы организации защиты технологического оборудования от воздействия агрессивной рабочей среды»//Журн. «Упрочняющие технологии и покрытия» – № 1, – 2012 г., С. 41–43.
4. Холодников Ю. В., Альшиц Л. И. «Футеровка композитами, как направление развития отрасли»//Журн. «Композитный мир» – № 1, – 2012 г., С. 50–53.
5. Холодников Ю. В. «Защита оборудования композиционными материалами»//Журн. «Практика противокоррозионной защиты» – № 1, – 2011 г., С. 14–18.
6. Холодников Ю. В. «Футеровка оборудования композиционными материалами»//Журн. «Новые промышленные технологии» – № 5, – 2010 г., С. 3–5.

7. Патент РФ № 2365678 «Способ получения защитного футеровочного покрытия», опубл. 27.08.09. Патентообладатель – ООО СКБ «Мысль».
8. Патент РФ на полезную модель № 92383 «Лист футеровочный слоистый», опубл. 20.04.2010. Патентообладатель – ООО СКБ «Мысль».
9. Патент РФ № 2473424 «Способ изготовления объемных изделий из композитов», опубл. 27.01.2013. Патентообладатель – ООО СКБ «Мысль».
10. ТУ 2292–004–20616038–2012 «Изделия из полимербетона специального назначения». Разр. – ООО СКБ «Мысль».

## Section 3. Machinery construction

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-15-23>

Vasenin Valery Ivanovich,

Perm National Research Polytechnic University,

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,

department 'Materials, Technologies and Machinery Design'

E-mail: vaseninvaleriy@mail.ru

### Investigation of the double-ring-shaped gating system performance

**Abstract:** The description of laboratory double-ring-shaped gating system is provided. The results of theoretical and experimental determination of flow rate and fluid consumption depending on the number of simultaneously working feeders are given. It is not only segregation of the part of the flow from one collector to another collector (or to a feeder) that takes place in the system but also joining of fluid flows from two collectors is observed. It has been demonstrated that the Bernoulli equation is suitable for the purposes of calculation of the gating systems with variable consumption (mass), which varies by many times at the collector as far as flow is distributed to feeders. For the purposes of calculation the gating system is divided into two rings (flows) of fluid, and every ring is subsequently divided into two half-rings. The calculation is performed using the method of successive approximations applied to obtain the specified value of the pressure head loss difference in the half-rings of each ring. Pressure head loss, fluid flow rate and consumption in feeder are calculated and compared to each other when fluid moves along several parallel hydraulic lines. Four types of pressure head losses are considered, namely losses for longitudinal friction, for local resistance, for flow segregation into several parts, for flows joining. Satisfactory conformity of experimental and calculated results has been obtained.

**Keywords:** pouring basin, sprue, collector, feeder, pressure head, resistance coefficient, mass-flow coefficient, flow rate, fluid consumption.

#### Introduction

L-shaped, branched, combined, cross-gate, step-gate, ring-shaped (horizontal and vertical) gating systems (GS) have been studied previously, including ring-shaped GS with 4 sprues and L-shaped system with variable cross-section collector. The difference between the calculated and the experimental values of flow rates and consumption amounted 1–6%, although the Bernoulli's equation (BE) for the variable consumption (mass) fluid flow was used in calculations. This equation is derived for the **particular** case — for the constant consumption (mass) fluid flow where there is no fluid dispensing on feeders [1, p. 205; 2, p. 10], i.e. the equation is derived for the gating system with only one feeder. It follows that the Bernoulli's equation works also for the variable consumption flow but it is difficult to explain why the equation works. And the possibility of

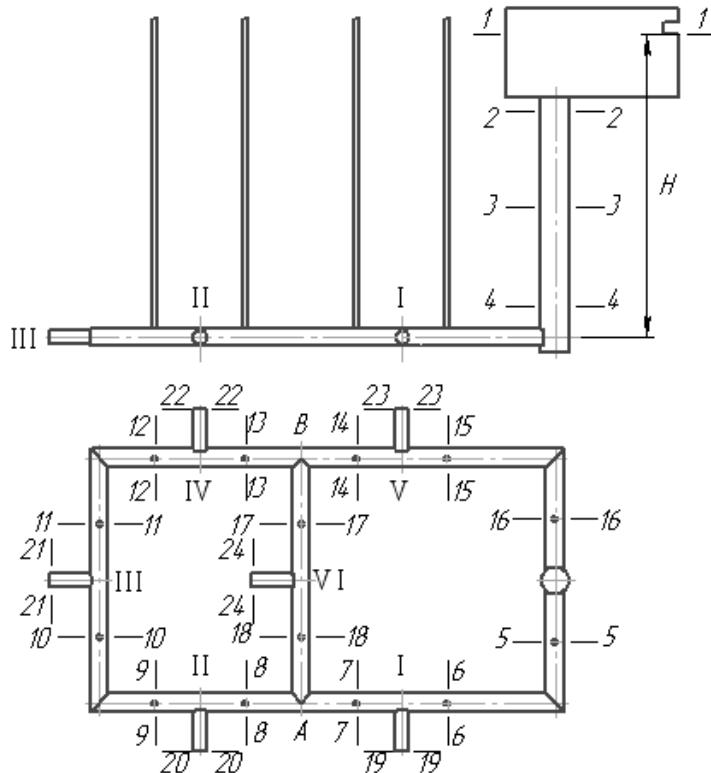
BE usage for GS calculations when consumption in the collector (skim gate) changes from maximum to zero is *not proven theoretically*. Double-ring-shaped GS is the most complex system, and it has not been studied yet. It is not only segregation of the part of the flow from one collector to another collector (or to a feeder) that takes place in the system but also joining of fluid flows from two collectors is observed. The present article deals with theoretical and experimental study of such systems.

#### Studying procedure

The system (see the figure) consists of pouring basin, sprue, collector and six similar feeders I–VI. Pouring basin internal diameter equals 272 mm, water level in the basin — 103.5 mm. Longitudinal axis of the collector and feeders are located in the same horizontal plane. Fluid level  $H$  — is the vertical distance from the cross section 1–1 in the basin to longitudinal axis of the

collector and feeders. This level is maintained constant by means of continuous water adding to the basin and excessive water discharge through special opening in basin:  $H = 0.361$  m. Fluid is discharged from the top from the feeders to a mould. Piezometers, glass pipes with a length of 370 mm and internal diameter of 4.5 mm, are installed in the collector cross sections 5–5, ... 18–18 for the purposes of pressure head measuring. Piezometers bent at the angle of 90° are located in the

sprue cross sections 2–2, 3–3 and 4–4 (not indicated in the figure). Fluid discharge from every feeder takes 50–130 s, depending on the number of simultaneously working feeders; volume of the water discharged from each feeder amounted nearly 9 l. Such limitations by time and by weight are determining for deviation from the average flow rate value of maximum  $\pm 0,005$  m/s. Fluid consumption of each feeder has been evaluated minimum 6 times.



Double-ring-shaped gating system

### Body

First we shall calculate the GS characteristics when only one feeder I is operating. The Bernoulli's equation (BE) for the GS cross sections 1–1 and 19–19 on the way through the sections 2–2, 5–5, 6–6 is:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{p_{19}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{19}^2}{2g} + h_{1-19}, \quad (1)$$

BE for the GS cross sections 1–1 and 19–19 on the way through the sections 2–2, 16–16, 17–17, 7–7 is:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{p_{19}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{19}^2}{2g} + h_{1-19(16-17-7)}, \quad (2)$$

BE for the GS cross sections 1–1 and 19–19 on the way through the sections 2–2, 16–16, 13–13, 8–8, 7–7 is:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{p_{19}}{\gamma} + \alpha \frac{v_{19}^2}{2g} + h_{1-19(16-13-7)}, \quad (3)$$

where  $p_1$  and  $p_{19}$  — pressure in the cross sections 1–1 and 19–19, N/m<sup>2</sup> (equals atmospheric pressure:  $p_1 = p_{19} = p_a$ );  $\alpha$  — coefficient of the flow rate distribution irregularity along the flow cross section

(Coriolis coefficient); is taken as  $\alpha = 1.1$  [2, p. 108];  $g$  — gravity acceleration;  $g = 9.81$  m/s<sup>2</sup>;  $v_1$  and  $v_{19}$  — metal velocities in the cross sections 1–1 and 19–19, m/s (due to big difference of the area of the basin  $S_1$  in the cross section 1–1 and the feeder  $S_n$  in the cross section 19–19 can be taken as  $v_1 = 0$ );  $\gamma$  — liquid metal density, N/m<sup>3</sup>;  $h_{1-19}$ ,  $h_{1-19(16-17-7)}$ ,  $h_{1-19(16-13-7)}$  — pressure head losses when fluid goes from the cross section 1–1 to the cross section 19–19, m. The pressure head losses when fluid goes from the cross section 1–1 to the cross section 19–19 on the way through the sections 2–2, 5–5, 6–6 are:

$$h_{1-19} = \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \alpha \frac{v_{cm}^2}{2g} + \left( \zeta_{4-5(5)} + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_k} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} \right) \alpha \frac{v_{19}^2}{2g}, \quad (4)$$

the pressure head losses when fluid goes from 1–1 to 19–19 on the way through the sections 2–2, 16–16, 17–17, 7–7 are:

$$\begin{aligned}
h_{1-19(16-17-7)} = & \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \alpha \frac{v_{cm}^2}{2g} + \\
& + \left( \zeta_{4-16(16)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_\kappa} \right) \alpha \frac{v_5^2}{2g} + \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_\kappa} + \zeta_{18-7} \right) \alpha \frac{v_{17}^2}{2g} + (5) \\
& + \lambda \frac{l_{A-I}}{d_\kappa} \alpha \frac{v_7^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} \right) \alpha \frac{v_{19}^2}{2g},
\end{aligned}$$

the pressure head losses when fluid goes from 1–1 to 19–19 on the way through the sections 2–2, 16–16, 13–13, 8–8, 7–7:

$$\begin{aligned}
h_{1-19(16-13-7)} = & \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \alpha \frac{v_{cm}^2}{2g} + (6) \\
& + \left( \zeta_{4-16(16)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_\kappa} \right) \alpha \frac{v_{16}^2}{2g} + \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{A-B(d)}}{d_\kappa} + 2\zeta + \zeta_{8-7} \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g} + \\
& + \lambda \frac{l_{A-I}}{d_\kappa} \alpha \frac{v_7^2}{2g} + \left( \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} \right) \alpha \frac{v_{19}^2}{2g}.
\end{aligned}$$

Where  $\zeta_{cm}$ ,  $\zeta_\kappa$  and  $\zeta_n$  — coefficients of local resistances for metal entering from the basin to the sprue, turning from the sprue to the collector and turning from the collector to the feeder I;  $\lambda$  — friction losses coefficient;  $l_{cm}$  — the sprue length (height), m;  $d_{cm}$ ,  $d_\kappa$  and  $d_n$  — hydraulic diameters of the sprue, collector and feeder, m;  $v_{cm}$ ,  $v_5$ ,  $v_7$ ,  $v_{13}$ ,  $v_{16}$ ,  $v_{17}$  — fluid flow rates in the sections 5–5, 7–7, 13–13, 16–16, 17–17 of the sprue and of the collector, m/s;  $\zeta$  — local resistance coefficient for 90° bend from the section 5–5 to the section 6–6 (not considering change of the collector cross section areas);  $l_{cm-I}$  — the distance from the sprue to the feeder I, m;  $l_{cm-B}$  — the distance from the sprue to the point B, m;  $l_{A-B}$  — the distance between the points A and B, m;  $l_{A-B(d)}$  — the distance between the points A and B on the way through the sections 13–13, 10–10, 8–8, m;  $l_{A-I}$  — the distance from the point A to the feeder I, m;  $l_{A-II}$  — the distance from the point A to the feeder II, m;  $l_n$  — length of the feeder, m.

$\zeta_{4-5(5)}^\delta$  — coefficient of resistance for flow segregation in the sprue in the section 4–4 between the sections 5–5 and 16–16, reduced to metal velocity in the section 5–5;  $\zeta_{4-16(16)}^\delta$  — coefficient of resistance for flow segregation in the sprue in the section 4–4 between the sections 5–5 and 16–16, reduced to metal velocity in the section 16–16. These coefficients are determined by the following equation [3, P. 277]:

$$\zeta^\delta = \left[ 1 + \phi \left( \frac{v_\delta}{v} \right)^2 \right] / \left( \frac{v_\delta}{v} \right)^2, \quad (7)$$

where  $\phi$  — coefficient which depends on the rounding of the flow segregation point edges  $\phi = 0.3$ ; when rounding radius equals zero,  $\phi = 1.5$ ; in the considered

GS —  $\phi = 1.5$ ,  $v$  — fluid flow rate before flow segregation, m/s;  $v_\delta$  — fluid flow rate in one of the channels after flow segregation, m/s.

In the equation (5)  $\zeta_{17}$  is the coefficient of resistance for segregation of the part of the flow from the collector cross section 14–14 to the cross section 17–17.  $\zeta_{13}$  is the coefficient of resistance for fluid passage from the section 14–14 to the section 13–13 when the part of the flow goes to the section 17–17. Coefficients of resistances caused by segregation of the part of the flow from the collector will be calculated by the equations applied to the delivery T-bend [1, p. 112–115]. Coefficients of resistance for passage in the collector when the part of the flow goes to the side branch of the collector (or to the feeder)

$$\zeta_{np} = 0.4 \left( 1 - \frac{v_{np}}{v_\kappa} \right)^2 / \left( \frac{v_{np}}{v_\kappa} \right)^2, \quad (8)$$

coefficient of resistance for separation of the part of the flow to the side branch of the collector (or to the feeder)

$$\zeta_{omn} = \left[ 1 + \tau \left( \frac{v_\delta}{v_\kappa} \right)^2 \right] / \left( \frac{v_\delta}{v_\kappa} \right)^2. \quad (9)$$

Where  $v_\kappa$  and  $v_{np}$  — metal velocities in the collector before and after separation of the part of the flow to the side branch, m/s;  $v_\delta$  — fluid flow rate in the side branch (or in the feeder), m/s;  $\tau$  — coefficient. In this particular case  $\tau = 0.15$  [4]. Coefficient  $\zeta_{np}$  is used as reduced to the passing flow rate  $v_{np}$ , and  $\zeta_{omn}$  — to the flow rate in the branch.

In the equation (6)  $\zeta_{8-7}$  is the coefficient of resistance for passage when the flow from the section 8–8 is joined together with the flow from the section 18–18 in the cross section 7–7. In the equation (5)  $\zeta_{18-7}$  is the coefficient of resistance in the side branch when the flow from the section 18–18 is joined together with the flow from the section 8–8 in the cross section 7–7. Coefficients of resistances caused by flows joining in the collector will be calculated by the equations applied to the collecting T-bend [1, P. 114–115]. Coefficient of resistance for passage in the collector when flows are joined together

$$\zeta_{np(cj)} = 1.55 \frac{v_\delta}{v_\kappa} - \left( \frac{v_\delta}{v_\kappa} \right)^2, \quad (10)$$

And coefficient of resistance in the side branch (when  $v_\delta \approx 0.4 v_\kappa$ )

$$\zeta_{omn(cj)} = 0.75 \left[ 1 + \left( \frac{v_\delta}{v_\kappa} \right)^2 - 2 \left( 1 - \frac{v_\delta}{v_\kappa} \right)^2 \right], \quad (11)$$

where  $v_\kappa$  — metal velocity in the collector before flows joining, m/s;  $v_\delta$  — fluid flow rate in the side branch, m/s. The coefficients  $\zeta_{np(cj)}$  and  $\zeta_{omn(cj)}$  belong to the flow rate after flows joining.

It is evident that  $v_5 \uparrow v_{16}$ , and it seems that  $v_5 > v_{16}$ . Let us introduce the following expressions:  $y = v_{13} / v_{14}$ ,  $z = v_5 / v_{16}$ . The system consumption  $Q = Q_{19} = v_{cm} S_{cm} =$

$= v_5 S_\kappa + v_{16} S_\kappa = z \cdot v_{16} \cdot S_\kappa + v_{16} S_\kappa = (z+1) v_{16} S_\kappa$ . Let us assume that  $v_5 = 1.1 v_{16}$ , i.e.  $z = 1.1$ . Then  $v_{16} / v_{cm} = S_{cm} / (z+1) S_\kappa = 1.074550$ . By the equation (7) we can determine  $\zeta_{4-16(16)}^\delta = 2.366058$ .

The same way we find that  $v_{cm} S_{cm} = (v_5 + v_{16}) S_\kappa = (v_5 + v_5/z) S_\kappa = (1+z/v_5) v_5 S_\kappa$ ,  $v_5 / v_{cm} = S_{cm} / (1+z/v_5) S_\kappa = 1.182005$ ,  $\zeta_{4-5(5)}^\delta = 2.215750$ .

The velocities ratio  $v_8 / v_7$  and  $v_{13} / v_{14}$  are also unknown, but it is clear that  $v_8 / v_7 = v_{13} / v_{14}$ . Let us assume that  $y = v_8 / v_7 = v_{13} / v_{14} = 0.3$  — it is the ratio  $v_{np} / v_\kappa$  in the equation (8). We can determine  $\zeta_{13} = 2.177778$ .  $v_{17} / v_{14} = 1 - y = 0.7$  — it is  $v_6 / v_\kappa$  in the equation (9). And  $\zeta_{17} = 2.190816$ .

When  $y = v_8 / v_7 = 0.3$  and  $v_{18} / v_7 = 1 - y = 0.7$ , using the equations (10) and (11) we can determine that:  $\zeta_{8-7} = 0.595$ ,  $\zeta_{18-7} = 0.7205$ .

$$\begin{aligned} v_{cm} &= v_{19} S_n / S_{cm}, & v_5 &= v_{cm} S_{cm} / (1+z/v_5) S_\kappa = \\ &= v_{19} S_n / (1+z/v_5) S_\kappa, & v_{16} &= v_{cm} S_{cm} / (1+z) S_\kappa = v_{19} S_n / (1+z) S_\kappa, \\ v_{13} &= y \cdot v_{16} = y \cdot v_{19} S_n / (1+z) S_\kappa, & v_{17} &= (1-y) \cdot v_{16} = \\ &= (1-y) v_{19} S_n / (1+z) S_\kappa, & v_7 &= v_{16}, v_8 = v_{13}. \end{aligned}$$

Then the equation (4) can be written down the following way:

$$h_{1-19} = \alpha \frac{v_{19}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-5(5)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_\kappa} \right) \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{S_n}{(1+z) S_\kappa} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right]. \quad (12)$$

The expression in square brackets (excluding '1') can be defined as  $\zeta_{1-19}$  — coefficient of the system resistance from the cross section 1–1 to the cross section 19–19, reduced to fluid flow rate in the section 19–19. And the system flow rate coefficient from the cross section 1–1 to the cross section 19–19, reduced to the flow rate  $v_{19}$ ,

$$\mu_{1-19} = (1 + \zeta_{1-19})^{-1/2}. \quad (13)$$

Flow rate

$$v_{19} = \mu_{1-19(19)} \sqrt{2gH/\alpha}. \quad (14)$$

Consumption can be found using the following equation:

$$Q_{19} = v_{19} S_n. \quad (15)$$

The same way using the equations (5) and (7) we obtain the following:

$$\begin{aligned} \zeta_{1-19(16-17-7)} &= \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-16(16)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_\kappa} \right) \times \\ &\times \left( \frac{S_n}{(1+z) S_\kappa} \right)^2 + \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_\kappa} + \zeta_{18-7} \right) \left( \frac{(1-y) S_n}{(1+z) S_\kappa} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}, \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \zeta_{1-19(16-13-7)} &= \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_n}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-16(16)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_\kappa} \right) \times \\ &\times \left( \frac{S_n}{(1+z) S_\kappa} \right)^2 + \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{A-B(d)}}{d_\kappa} + 2\zeta + \zeta_{8-7} \right) \left( \frac{y S_n}{(1+z) S_\kappa} \right)^2 + \\ &+ \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}. \end{aligned} \quad (17)$$

The given GS has the sprue with the length  $l_{cm} = 0.2675$  m, the length of each feeder  $l_n = 0.0495$  m, the distance from the sprue to the first feeder  $l_{cm-1} = 0.241$  m,  $l_{A-B} = 0.258$  m,  $l_{A-B(d)} = 0.774$  m,  $l_{cm-B} = 0.365$  m. Diameters of the feeder, collector and sprue:  $d_n = 0.00903$  m,  $d_\kappa = d_5 = \dots = d_{18} = 0.01603$  m,  $d_{cm} = 0.02408$  m. The same way as in the works [5, 6], let us assume that friction losses coefficient  $\lambda = 0.03$ . The coefficient of local resistance for metal entering from the basin to the sprue depending on the lip rounding radius can be taken from the reference book [3, p. 126]:  $\zeta_{cm} = 0.12$ . Coefficients of local resistances [7]:  $\zeta = 0.885$ ,  $\zeta_\kappa = 0.396$ ,  $\zeta_n = 0.334$ . Calculation results according to the equations (12)–(17):  $\zeta_{1-19} = 0.605547$ ,  $\mu_{1-19} = 0.789203$ ,  $v_{19} = 2.002605$  m/s,  $\zeta_{1-19(16-17-7)} = 0.643453$ ,  $\mu_{1-19(16-17-7)} = 0.780048$ ,  $v_{19(16-17-7)} = 1.979375$  m/s;  $\zeta_{1-19(16-13-7)} = 0.614858$ ,  $\mu_{1-19(16-13-7)} = 0.786924$ ,  $v_{19(16-13-7)} = 1.996823$  m/s.

The ratio values  $y$  and  $z$  were taken at random. It is necessary to calculate these values. The considered GS consists of two rings, namely the near one and the far one. The ring which is located closer to the sprue consists of two half-rings: the first half-ring — from the sprue through the sections 5–5 and 6–6 to the feeder I, the second half-ring — from the sprue through the sections 16–16, 17–17 and 7–7 to the feeder I. Pressure head losses in these half-rings shall be equal. Pressure head losses in the first

half-ring  $h_{cm-1} = \left( \zeta_{4-5(5)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_\kappa} \right) \alpha \frac{v_{19}^2}{2g}$ . Pressure head losses in the second half-ring

$$\begin{aligned} h_{cm-1(16-17-7)} &= \left( \zeta_{4-16(16)}^\delta + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_\kappa} \right) \alpha \frac{v_{16}^2}{2g} + \\ &+ \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_\kappa} + \zeta_{18-7} \right) \alpha \frac{v_{17}^2}{2g} + \lambda \frac{l_{A-1}}{d_\kappa} \alpha \frac{v_7^2}{2g}. \end{aligned}$$

$v_5 = v_6 = 0.332872$ ,  $v_7 = v_{16} = 0.302611$ ,  $v_8 = v_{13} = 0.090783$ ,  $v_{17} = v_{18} = 0.211828$  m/s. The calculations give the following results:  $h_{cm-1} = 0.022064$  m,  $h_{cm-1(16-17-7)} = 0.030587$  m,  $h_{5-16} = h_{cm-1} - h_{cm-1(16-17-7)} = -0.008523$  m. The losses  $h_{cm-1}$  are less than  $h_{cm-1(16-17-7)}$ . To make them equal it is required to increase the flow rate  $v_5$  and to reduce the flow rate  $v_{16}$ .

The ring which is located further from the sprue consists of two half-rings: the first half-ring — from the

point  $B$  through the sections 17–17 and 18–18 to the point  $A$ , the second half-ring — from the point  $B$  through the sections 13–13, 10–10 and 8–8 to the point  $A$ . Pressure head losses in these half-rings shall be equal.

Pressure head losses in the first half-ring  $h_{B-A} = \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_k} + \zeta_{18-7} \right) \alpha \frac{v_{17}^2}{2g}$ . Pressure head losses in the second half-ring  $h_{B-A(d)} = \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{A-B(d)}}{d_k} + \zeta_{8-7} \right) \alpha \frac{v_{13}^2}{2g}$ . The calculations gave the following results:  $h_{B-A} = 0.009198$  m,  $h_{B-A(d)} = 0.002768$  m,  $h_{BA} = h_{B-A} - h_{B-A(d)} = 0.006429$  m. The losses  $h_{B-A}$  exceed  $h_{B-A(d)}$ . To make them equal it is required to increase the flow rate  $v_{13}$  and to reduce the flow rate  $v_{17}$ .

Let us take  $z = 1.2$  and perform the calculations one more time with  $y = 0.3$ ; then we obtain:  $h_{5-16} = -0.004695$ ,  $h_{BA} = 0.005834$  m. While changing  $z$  and  $y$  we change flow rates and pressure head losses in different parts of the hydraulic system. When  $z = v_5 / v_{16} = 1.261708$  and  $y = v_{13} / v_{14} = 0.553016$   $h_{5-16} = -4.997 \cdot 10^{-7}$  m,  $h_{BA} = -1.601 \cdot 10^{-6}$  m. Pressure heads difference amounting  $10^{-6}$  m can certainly be neglected. It is required to ensure that the proposed calculating practice works.

BE represented by the equations (1)–(3) and pressure head losses equations (4)–(6) raise doubts. But the following characteristics of the feeder I have been obtained after calculations:  $\zeta_{1-19} = 0.616064$ ,  $\zeta_{1-19(16-17-7)} = 0.616066$ ,  $\zeta_{1-19(16-13-7)} = 0.616073$ ,  $\mu_{1-19} = 0.786630$ ,  $\mu_{1-19(16-17-7)} = 0.786630$ ,  $\mu_{1-19(16-13-7)} = 0.786628$ ,  $v_{19} = 1.996078$  m/s,  $v_{19(16-17-7)} = 1.996077$  m/s,  $v_{19(16-13-7)} = 1.996072$  m/s. The difference is observed in the sixth decimal place. You shall remember that pressure head losses for one feeder were calculated by three hydraulic lines. Certainly this outstanding result shall be verified and discussed in future.

The table below shows calculation and experimental (in denominator) results.  $N = 100(Q - Q_{\text{expt}})/Q_{\text{expt}}$ .

Let us determine GS characteristics when two feeders, I and II, are operating. The Bernoulli's equation for the cross section 1–1 in the pouring basin and in the cross section 19–19 in the feeder I on the way through the sections 2–2, 5–5, 6–6:  $H = \alpha \frac{v_{19}^2}{2g} + h_{1-19}$ . BE for the sections 1–1 and 20–20 in the feeder II on the way through the sections 2–2, 5–5, 6–6, 7–7, 8–8:  $H = \alpha \frac{v_{20}^2}{2g} + h_{1-20(5-7-8)}$ . BE for the sections 1–1 and 20–20 in the feeder II on the way through the sections 2–2, 16–16, 14–14, 17–17, 8–8:  $H = \alpha \frac{v_{20}^2}{2g} + h_{1-20(16-17-8)}$ . BE for the

sections 1–1 and 20–20 in the feeder II on the way through the sections 2–2, 16–16, 14–14, 13–13, 9–9:  $H = \alpha \frac{v_{20}^2}{2g} + h_{1-20(16-13-9)}$ .

Let us write down the evident equations:

$Q = v_{cm} S_{cm} = (v_5 + v_{16}) S_k = (v_{19} + v_{20}) S_n$ ,  $Q_8 = v_8 S_k = (v_7 + v_{18}) S_k$ . Let us introduce the following expression:  $x = v_{19} / v_{20}$ . As before,  $y = v_{13} / v_{14}$ , and  $z = v_5 / v_{16}$ .  $v_5 = v_6$ ,  $v_9 = v_{10} = \dots = v_{13}$ ,  $v_{14} = v_{15} = v_{16}$ .

Fluid consumption in the system  $Q = (v_{19} + v_{20}) S_n = (v_{19} + v_{19} / x) S_n = v_{19} (1 + 1/x) S_n = v_{19} S_{np(19)}$ , where  $S_{np(19)} = (1 + 1/x) S_n$  is the feeders area reduced to the flow rate  $v_{19}$  (considering operation of both feeders); and  $v_{cm} = v_{19} S_{np(19)} / S_{cm}$ . The same way we write down the following:

$$Q = (v_{19} + v_{20}) S_n = (x \cdot v_{20} + v_{20}) S_n = v_{20} (x + 1) S_n = v_{20} S_{np(20)}, \text{ where } S_{np(20)} = (x + 1) S_n \text{ — the feeders area reduced to the flow rate } v_{20}; \text{ and } v_{cm} = v_{20} S_{np(20)} / S_{cm}. \text{ We write down also: } v_{cm} S_{cm} = (v_5 + v_{16}) S_k = (v_5 + v_5 / z) S_k = v_5 (1 + 1/z) S_k, v_5 = v_{cm} \frac{S_{cm}}{(1 + 1/z) S_k} = v_{19} \frac{S_{np(19)}}{S_{cm}} \frac{S_{cm}}{(1 + 1/z) S_k} = v_{19} \frac{S_{np(19)}}{(1 + 1/z) S_k}.$$

Now we can write down BE for the cross section 1–1 in the pouring basin and the cross section 19–19 in the feeder I on the way through the sections 2–2, 5–5, 6–6 the following way:

$$H = \alpha \frac{v_{19}^2}{2g} \left[ \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_{np(19)}}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-5(5)}^\partial + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_k} \right) \times \times \left( \frac{S_{np(19)}}{(1 + 1/z) S_k} \right)^2 + \zeta_{19} + \lambda \frac{l_n}{d_n} + 1 \right].$$

The expression in square brackets (excluding '1') can be defined as  $\zeta_{1-19}$  — coefficient of the system resistance from the cross section 1–1 to the cross section 19–19, reduced to fluid flow rate in the section 19–19.

Let us take  $x = 1$ ,  $y = 0.3$ ,  $z = 1.1$ . The values of the coefficients  $\zeta_{4-5(5)}^\partial$ ,  $\zeta_{4-16(16)}^\partial$ ,  $\zeta_{13}$ ,  $\zeta_{17}$  can be taken from the previous calculation. It is also required to set the ratio of the flow rates  $v_7 / v_6$ . First let us take  $v_7 / v_6 = 0.3$ . For this purpose the flow rates ratio according to the equation (8) is determined the following way:  $\zeta_7 = 2.177778$ .  $v_{19} S_n = (1 - v_7 / v_6) v_5 S_k$ ,  $v_{19} / v_5 = (1 - v_7 / v_6) S_k / S_n = 2.205919$  — this is the ratio  $v_n / v_k$  in the equation (9). We determine that  $\zeta_{19} = 0.355504$ . We obtain the following calculation results:  $\zeta_{1-19} = 0.997257$ ,  $\mu_{1-19} = 0.707592$ ,  $v_{19} = 1.795518$  m/s.

The following ratios are applicable for the feeder II on the way through the sections 2–2, 5–5, 6–6, 7–7, 8–8:

$$\nu_5 = \nu_{20} \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}, \quad \nu_7 = \nu_{20} \frac{\nu_7}{\nu_6} \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}, \quad \nu_8 = \nu_{20} \frac{\nu_8}{\nu_6} \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}.$$

The coefficient of the system

resistance from the cross section 1–1 to the cross section 20–20 (through the sections 2–2, 5–5, 6–6, 7–7, 8–8), reduced to the fluid flow rate in the cross section 20–20,

$$\zeta_{1-20(5-7-8)} = \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_{np(20)}}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-5(5)}^\partial + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_k} \right) \times \\ \times \left( \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k} \right)^2 + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{A-1}}{d_k} + \zeta_{7-8} \right) \left( \frac{\nu_7 S_{np(20)}}{\nu_6 (1+z)S_k} \right)^2 + \\ + \lambda \frac{l_{A-II}}{d_k} \left( \frac{\nu_8 S_{np(20)}}{\nu_6 (1+z)S_k} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}.$$

$$l_{A-I} = 0.124 \text{ m}, \quad l_{A-II} = 0.134 \text{ m}. \quad \zeta_{1-20(5-7-8)} = 0.933939, \\ \mu_{1-20(5-7-8)} = 0.719082, \quad \nu_{20(5-7-8)} = 1.824675 \text{ m/s}.$$

The following relations are evident for the feeder II on the way through the sections 2–2, 16–16, 17–17, 8–8:

$$\nu_{16} = \nu_{20} \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}, \quad \nu_{17} = \nu_{20} (1-y) \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}, \quad \nu_8 = \\ = \nu_{20} \frac{\nu_8}{\nu_6} \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}.$$

The coefficient of the system

resistance from the cross section 1–1 to the cross section 20–20 (through the sections 2–2, 16–16, 17–17, 8–8), reduced to the fluid flow rate in the cross section 20–20,

$$\zeta_{1-20(16-17-8)} = \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_{np(20)}}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-16(16)}^\partial + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_k} \right) \times \\ \times \left( \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k} \right)^2 + \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_k} + \zeta_{18-8} \right) \left( (1-y) \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k} \right)^2 + \\ + \lambda \frac{l_{A-II}}{d_k} \left( \frac{\nu_8 S_{np(20)}}{\nu_6 (1+z)S_k} \right)^2 + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}.$$

$$\zeta_{1-20(16-17-8)} = 1.023090, \quad \mu_{1-20(16-17-8)} = 0.703060, \quad \nu_{20(16-17-8)} = 1.784018 \text{ m/s}.$$

The following expressions can be written down for the feeder II on the way through the sections 2–2, 16–16, 13–13, 11–11, 9–9:  $\nu_{16} = \nu_{20} \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}$ ,  $\nu_{13} = \nu_{20} y \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k}$ .

The coefficient of the system resistance from the cross section 1–1 to the cross section 20–20 (through the sections 2–2, 16–16, 13–13, 11–11, 9–9), reduced to the fluid flow rate in the cross section 20–20,

$$\zeta_{1-20(16-13-9)} = \left( \zeta_{cm} + \lambda \frac{l_{cm}}{d_{cm}} \right) \left( \frac{S_{np(20)}}{S_{cm}} \right)^2 + \left( \zeta_{4-16(16)}^\partial + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_k} \right) \times$$

$$+ \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{A-B(d)} - l_{A-II}}{d_k} + 2\zeta \right) \left( y \frac{S_{np(20)}}{(1+z)S_k} \right)^2 + \\ + \zeta_n + \lambda \frac{l_n}{d_n}.$$

$$\zeta_{1-20(16-13-9)} = 0.893275, \quad \mu_{1-20(16-13-9)} = 0.726763, \quad \nu_{20(16-13-9)} = 1.844165 \text{ m/s}.$$

It is apparent that the obtained values  $\zeta$ ,  $\mu$  and  $\nu$  for one feeder differ a lot from each other.

The ratio values  $x$ ,  $y$ ,  $z$  and  $\nu_7 / \nu_6$  were taken at random. It is necessary to calculate these values. The ring which is located closer to the sprue consists of two half-rings: the first half-ring — from the sprue through the sections 5–5, 6–6, 7–7 to the point A, the second half-ring — from the sprue through the sections 16–16, 17–17 and 18–18 to the point A. Pressure head losses in these half-rings shall be equal. Pressure head losses in the

$$\text{first half-ring } h_{cm-A} = \left( \zeta_{4-5(5)}^\partial + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-1}}{d_k} \right) \alpha \frac{\nu_5^2}{2g} + \\ + \left( \zeta_7 + \lambda \frac{l_{A-1}}{d_k} + \zeta_{7-8} \right) \alpha \frac{\nu_7^2}{2g}. \quad \text{Pressure head losses in the sec-} \\ \text{ond half-ring } h_{cm-A(16-17-18)} = \left( \zeta_{4-16(16)}^\partial + \zeta + \lambda \frac{l_{cm-B}}{d_k} \right) \alpha \frac{\nu_{16}^2}{2g} + \\ + \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_k} + \zeta_{18-8} \right) \alpha \frac{\nu_{17}^2}{2g}.$$

$$\nu_5 = \nu_6 = 0.604986, \quad \nu_7 = 0.181496, \quad \nu_8 = 0.566487, \quad \nu_9 = \\ = \nu_{13} = 0.164996, \quad \nu_{14} = \nu_{16} = 0.549987, \quad \nu_{17} = \nu_{18} = \\ = 0.384991 \text{ m/s. The calculations give the following re-} \\ \text{sults: } h_{cm-A} = 0.078427 \text{ m}, \quad h_{cm-A(16-17-18)} = 0.096768 \text{ m}, \\ h_A = h_{cm-A} - h_{cm-A(16-17-18)} = -0.018342 \text{ m. The losses } h_{cm-A} \text{ are less than } h_{cm-A(16-17-18)}. \text{ To make them equal it is required to increase the flow rate } \nu_5 \text{ and to reduce the flow rate } \nu_{16}.$$

The ring which is located further from the sprue consists of two half-rings: the first half-ring — from the point B through the sections 17–17, 18–18, 8–8 to the feeder II, the second half-ring — from the point B through the sections 13–13, 10–10 and 9–9 to the feeder II. The ring is arranged in such a manner that the flow is segregated in two parts in the point B and the flows are joined together in the feeder II. Pressure head losses in these half-rings shall be equal. Pressure head losses in the first half-ring  $h_{B-II} = \left( \zeta_{17} + \lambda \frac{l_{A-B}}{d_k} + \zeta_{18-8} \right) \alpha \frac{\nu_{17}^2}{2g} + \lambda \frac{l_{A-II}}{d} \alpha \frac{\nu_8^2}{2g}$ . Pressure head losses in the second half-ring  $h_{B-II(d)} = \left( \zeta_{13} + \lambda \frac{l_{A-B(d)} - l_{A-II}}{d_k} \right) \alpha \frac{\nu_{13}^2}{2g}$ . The calculations give the following results:  $h_{B-II} = 0.034561 \text{ m}$ ,  $h_{B-II(d)} = 0.007854 \text{ m}$ ,  $h_{II} = h_{B-II} - h_{B-II(d)} = 0.026708 \text{ m}$ . The losses  $h_{B-II}$  exceeds  $h_{B-II(d)}$ . To make them equal it is required to increase the flow rate  $\nu_{13}$  and to reduce the flow rate  $\nu_{17}$ .

Let us take  $z = 1.2$  and perform the calculations one more time with  $x = 1$ ,  $y = 0.3$ ,  $v_7/v_6 = 0.3$ ; then we obtain:  $h_A = -0.005389$  m,  $h_{II} = 0.024282$  m. While changing  $x$ ,  $y$ ,  $z$  and  $v_7/v_6$  we change flow rates and pressure head losses in different parts of the hydraulic system. When  $x = v_{19}/v_{20} = 0.980114$ ,  $y = v_{13}/v_{14} = 0.644503$ ,  $z = v_5/v_{16} = 1.163272$  and  $v_7/v_6 = 0.390126$  pressure heads difference amounts  $h_A = 1.950 \cdot 10^{-7}$  m and the difference  $h_{II} = 1.674 \cdot 10^{-6}$  m.

The feeder II has the following characteristics:  
 $\zeta_{1-20(5-6-8)} = 0.978204$ ,  $\zeta_{1-20(16-17-8)} = 0.978203$ ,  $\zeta_{1-20(16-13-9)} =$

$= 0.978194$ ,  $\mu_{1-20(5-6-8)} = 0.710992$ ,  $\mu_{1-20(16-17-8)} = 0.710992$ ,  $\mu_{1-20(16-13-9)} = 0.710993$ ,  $v_{20(5-6-8)} = 1.804144$  m/s,  $v_{20(16-17-8)} = 1.804144$  m/s,  $v_{20(16-13-9)} = 1.804149$  m/s. The difference is observed in the sixth decimal place although the pressure head losses for the feeder II were calculated by three hydraulic lines. We have obtained the same result as for the situation when only one feeder is operating.

While doing so we determine the GS characteristics when various number of feeders are operating. The table below shows calculation and experimental (in denominator) results.

Table 1. –Gating system characteristics

Operating feeders	The system characteristics							
	$\zeta_{1-19}$	$\mu_{1-19}$	$v_{19}$ , m/s	$v_{20}$ , m/s	$v_{21}$ , m/s	$Q_{19}$ , cm <sup>3</sup> /s	$Q$ , cm <sup>3</sup> /s	$N$ , %
I	0.616	0.787	<u>1.996</u> 2.05			<u>127.83</u> 131.29	<u>127.83</u> 131.29	-2.6
I, II	1.039	0.700	<u>1.777</u> 1.81	<u>1.804</u> 1.85		<u>113.80</u> 115.92	<u>229.33</u> 234.39	-2.2
I, III	0.885	0.728	<u>1.848</u> 1.82		<u>1.906</u> 1.86	<u>118.35</u> 116.56	<u>240.41</u> 235.68	+2.0
II, III	1.030 ( $\zeta_{1-20}$ )	0.702 ( $\mu_{1-20}$ )		<u>1.781</u> 1.77	<u>1.803</u> 1.83	<u>114.06*</u> 113.35*	<u>229.53</u> 230.55	-0.4
I-III	1.993	0.578	<u>1.467</u> 1.55	<u>1.556</u> 1.59	<u>1.576</u> 1.61	<u>93.95</u> 99.27	<u>294.53</u> 304.21	-3.2
I-III, VI**	2.491	0.535	<u>1.358</u> 1.311	<u>1.381</u> 1.41	<u>1.406</u> 1.44	<u>86.98</u> 83.96	<u>353.65</u> 354.86	-0.3
I-VI***	5.782	0.384	<u>0.974</u> 0.98	<u>1.154</u> 1.13	<u>1.141</u> 1.19	<u>62.38</u> 62.76	<u>412.11</u> 415.64	-0.8

\* Fluid consumption in the feeder II

\*\*)  $v_{24} = 1.377$  m/s,  $v_{24}^{3KCN} = 1.38$  m/s,  $N = -0.2$  %

\*\*\*)  $v_{24} = 1.038$  m/s,  $v_{24}^{3KCN} = 1.08$  m/s,  $N = -3.9$  %

### The results of the studies and discussions

The difference of the experimental results from the calculated results amounts from -3.9% to +2.0%. It is difficult to make any conclusions because the differences are quite small. Generally it is possible to conclude that satisfactory conformity of experimental and calculated data has been obtained. It has also been demonstrated that the Bernoulli's equation derived for the particular case, namely for the system equipped with one feeder, works also when applied to the multiline-fed gating system, moreover — to the most complex system, namely the double-ring-shaped one, where not only the flow segregation into several parts in the collector takes place but also joining of the flows in the collector is observed. And the number of consump-

tion coefficients of the gating system corresponds to the number of feeders.

Despite of the number of operating feeders, the calculation is based on the Bernoulli's equation represented by the expression (1). First it is necessary to take random flow rates ratios in feeders and in the collector after the flows segregation or joining, then fluid consumption in each feeder and in the whole system shall be determined. After that the system is divided into two rings and each ring is divided into two half-rings. Pressure head losses in half-rings shall be equal. This can be achieved by means of fluid flow rate increase or reduction in separate GS lines. This pressure head losses difference in half-rings can be reduced to any specified indefinite small quantity.

Pressure head losses, flow rate and fluid consumption in each feeder can be calculated when fluid moves along several parallel hydraulic lines (but not upstream); in the double-ring-shaped system fluid goes by three lines. Although fluid flow rates in different parts of the collector can vary by many times. The difference of the feeder characteristics obtained in the process of calculations performed by different hydraulic lines can also be reduced to any specified indefinite small quantity. Such unexpected result shall also be verified and discussed in future.

*So the Bernoulli's equation is used for the flow cross sections having various consumption values and for different hydraulic lines in the same system, and, surprisingly enough, the experiments confirm this assumption which seems to be senseless at first glance. And due to this fact the calculation of double-ring-shaped GS became possible. Without any additional principles. Only the evident one:  $Q = \sum_{i=1}^n Q_i$ , where  $Q_i$  — fluid consumption in the  $i$ -feeder. In any section of the hydraulic system the pressure head  $H$  includes dynamic head and piezometric head as well as pressure head losses.*

In addition to 2 common hydraulic losses the calculations include also losses for longitudinal friction and losses for local resistances, such as losses for pressure head changes calculated using the expressions (7), (8) and (9) as applied to flow segregation, and using the equations (10) and (11) as applied to flows joining. Possibility of summation of the losses for pressure head changing with the losses for longitudinal friction and local resistances is not based theoretically. Although there are no experimental data contradicting this assumption at the moment.

The Bernoulli's equation is derived for the filament flow of perfect ('dry') fluid with steady movement only theoretically with no experimental data used [2, p. 95–97]:  $h + p / \gamma + v^2 / 2g = \text{const}$  (along filament flow), where  $h$  is the cross section exceedance over the reference plane. But when there is real (viscous) fluid with steady movement it is required to introduce pressure head losses for friction and local resistances as well as coefficient of the flow rate distribution irregularity along the cross section flow rate  $\alpha$  [2, p. 108–111]. Besides for the purposes of friction losses determining it is necessary to find experimentally the losses coefficient  $\lambda$ , and for losses in local resistances — local resistances coefficients  $\zeta$ . The coefficients  $\lambda$  and  $\zeta$  depend on the flow rate, pipes in-

ternal surface roughness, etc. It means that the Bernoulli's equation becomes computational-experimental one. Expanding of the field of the equation appliance for the flows with variable fluid consumption using experimental equations (7)–(11) should not generate opposition.

Let us consider that the feeders 'know' each other as switching on or off at least one feeder leads to rearrangement of the whole hydraulic system operation. At the same time the process of fluid outflow is established very quickly, for 5–10 s even if sudden system unbalance occurs, for example when only feeders I and II are operating.

Taking into consideration previously studied L-shaped, branched, combined, cross-gate, step-gate, ring-shaped (horizontal and vertical) gating system, L-shaped system with variable cross-section collector gating systems and ring-shaped GS with 4 sprues, the possibility of the Bernoulli's equation usage applicable to the flow cross sections with variable consumption in several hydraulic lines is deemed to be proven. So the Bernoulli's equation can be used for the purposes of calculation of multiline-fed gating systems (including double-ring-shaped systems). Although it is not based theoretically.

### Conclusion

Thereby the most complex gating system, namely double-ring-shaped system, has been studied both theoretically and experimentally with determining of flow rates and fluid consumption in each feeder and in the whole system. It is not only segregation of the part of the flow from one collector to another collector that takes place in the system but also joining of fluid flows from two collectors is observed. The Bernoulli's equation was used for calculation of such hydraulic system with variable fluid consumption, i. e. for the gating system equipped with one feeder. For the purposes of calculations GS is divided into two rings (flows) of fluid, and every ring is subsequently divided into two half-rings. The calculation is performed using the method of successive approximations applied to obtain the specified value of the pressure head loss difference in the half-rings of one ring. Pressure head loss, fluid flow rate and consumption in each feeder are calculated when fluid moves along several parallel hydraulic lines (but not upstream). The feeder characteristics difference for its calculation by different hydraulic lines is reduced to any specified indefinite small quantity. Satisfactory conformity of experimental and calculated results has been obtained.

**References:**

1. Меерович И. Г., Мучник Г. Ф. Гидродинамика коллекторных систем. – М.: Наука, – 1986. – 144 с.
2. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – М.: изд-во “Бастет”, – 2008. – 672 с.
3. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, – 1992. – 672 с.
4. Васенин В. И., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследования L-образных литниковых системы//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 4. – С. 108–122.
5. Токарев Ж. В. К вопросу о гидравлическом сопротивлении отдельных элементов незамкнутых литниковых систем//Улучшение технологии изготовления отливок. – Свердловск: изд-во УПИ, 1966. – С. 32–40.
6. Jonekura Koji (et al.) Calculation of amount of flow in gating systems for some automotive castings//The Journal of the Japan Foundrymen’s Society. – 1988. – Vol. 60. – № 8. – P. 326–331.
7. Васенин В. И., Васенин Д. В., Богомягков А. В., Шаров К. В. Исследование местных сопротивлений литниковой системы//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14. – № 2. – С. 46–53.

**DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-23-26>**

Mandrov German Aleksandrovich,

Candidate of Chemistry,

Federal Research Center for Coal and Chemistry Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Russia

E-mail: mandrow.g@yandex.ru

## **Selection reagent regime in the flotation of coal slurries**

**Abstract:** The evaluation spend of the activity of collectors in the beneficiation of coal slurry. It is shown that the collectors have surface-active properties that contribute to the efficient separation of the coal combustible mass of the mineral component.

**Keywords:** coal flotation, lignite bituminous resin, surface-active properties.

Мандров Герман Александрович,

кандидат химических наук,

Федеральный Исследовательский Центр Угля и Углехимии  
Сибирского Отделения Российской Академии Наук, Россия

E-mail: mandrow.g@yandex.ru

## **Выбор реагентного режима при флотации угольного шлама**

**Аннотация:** Проведена оценка активности собирателей при обогащении угольного шлама. Показано, что собиратели обладают поверхностно-активными свойствами, способствующими эффективному разделению угольной горючей массы от минеральной составляющей.

**Ключевые слова:** флотация угля, буроугольная битуминозная смола, поверхностно-активные свойства.

Разделение тонкодисперсных угольно-глинистых шламов методом флотации является достаточно сложным физико-химическим процессом, основывающимся на различной смачиваемости твердых частиц. Поэтому одной из актуальных задач в технологии флотационного обогащения углей является поиск и син-

тезирование эффективных и доступных реагентов, в том числе, из каменноугольных смол. Известно, что роль каменноугольных смол как сырьевого источника в дальнейшем будет возрастать с одновременным расширением возможностей по их углубленной переработке с открытием новых областей применения, по-

лучаемых при этом продуктов [1].

В настоящем сообщении приведены результаты исследований с буроугольной битуминозной смолой, полученной из фульво-гуминовых кислот бурого гумусового угля (Барандацкое месторождение, Кузбасс, марка Б2) следующих характеристик: влажность — 5% мас.; зольность — 9,8% мас.; выход летучих — 45,8% мас.;  $C^{\text{daf}} = 72,9$ ;  $H^{\text{daf}} = 5,3$ ; Синтез смолы проводили методом термоокислительного расщепления фульво-гуминовых кислот в автоклаве в среде ледяной уксусной кислоты и в присутствии катализатора уксуснокислого двухвалентного свинца. По окончании синтеза все компоненты смолы количественно экстрагировали пиридином. После отгонки большей части пиридина, остатки смолы растворяли в этиловом спирте и затем анализировали на хроматографе. В процессе хроматографического анализа было установлено, что в битуминозной смоле присутствуют длинноцепочечные молекулы, малопригодные для целей флотации. Поэтому представлялось необходимым провести дальнейшее расщепление этих молекул. С этой целью использовали электрохимическое деструктивное окисление [2]. По окончании электросинтеза продукты реакции исследовали методом хромато-масс-спектрометрии. Продукты электрохимического синтеза были представлены в основном низкомолекулярными кислородсодержащими компонентами (в прядке выхода компонентов): 1 — Уксусная кислота. 2—2-Бутанон-4-гидрокси. 3—3,4-Диметилдигидрофuran-2,5-дион. 4—1,1-Диэтоксиэтан. 5 — Этилнитрозоэтиловый эфир угольной кислоты. 6—2-Метилпиридин. 7—2-Этоксиэтилацетат. 8—2-(2-Аминоэтокси)-этанол.

Для такой смеси веществ важно было знать наличие поверхностно-активных свойств. С этой целью определяли пенообразующую способность — показатель, характерный для поверхностно-активных веществ. Пенообразующую способность ( $q$ ) определяли согласно [3] по следующей формуле:  $q = Hn \cdot tn / tp$ , где  $Hn$  — высота столба пены, см;  $tn$  — время вспенивания, ч;  $tp$  — время самопроизвольного разрушения пены, ч. Пенообразующая способность продуктов деструктивного окисления буроугольной битуминозной смолы была равна:  $q=48$  см, что указывает на наличие поверхностно-активных свойств. Полученная смесь кислородсодержащих соединений, обладающая поверхностно-активными свойствами, была опробована в качестве реагента-собирателя во флотационном процессе с высокозольным, труднообогатимым угольным шламом. Для исследований процесса фло-

тации был отобран шлам угля марки «К» с зольностью 52,0% и крупностью 0–100 мкм. Удельный расход предполагаемого собирателя составлял 6,0 мг/кг, пенообразователя (ОП-7) — 0,03 мг/кг. Оценку флотационной активности реагентов-собирателей проводили при строгом контроле различных технологических параметров: время контакта в диспергаторе и смесителе, скорость перемешивания в диспергаторе и смесителе, скорость подачи угольной пульпы и воздуха в колонну флотации, крупность флотируемых частиц, концентрация реагентов-собирателей, вспенивателя и угольной пульпы. Согласно экспериментальным данным [4] применение сочетания реагентов-собирателей различных видов, как правило, повышает показатели флотации. Одной из возможных причин этого явления может служить мозаичность закрепления указанных собирателей на поверхности угольно-глинистых частиц и, следовательно, изменение величины гистерезисного угла смачивания, определяющего прочность закрепления частиц на поверхности воздушного пузырька. Поскольку количественной мерой смачивания служит краевой угол, а гистерезис смачивания является мерой выражения зависимости краевых углов от условий их формирования, то следует особо отметить, что при внешней простоте гистерезиса, его изучение всегда достаточно сложно, так как различие краевых углов могут вызывать самые разные причины, которые часто действуют одновременно [5]. В соответствии с вышеуказанными данными, была разработана технологическая схема с раздельной подачей реагентов (рис. 1).

Данная технологическая схема разработана, исходя из предпосылок, что в соответствии с молекулярно-массовым распределением и действующими молекулярными силами в замкнутом ограниченном объеме молекулы реагента-собирателя, как и молекулы «свободной воды» должны стремиться войти в упорядоченное структурированное состояние, обеспечивающее им минимальную свободную энергию при ламинарном режиме (исключающим осаждение угольных частиц). Для этого перед подачей во флотационную колонну водоугольную пульпу предварительно перемешивали вместе с водной эмульсией реагентов-собирателей в смесителе. Таким образом, перед выходом угольно-глинистой пульпы из смесителя, в сформировавшейся структурированной многокомпонентной системе: уголь-глина-вода-собиратель — в результате физико-химических взаимодействий должны произойти закрепления определенных компонентов собирателей на поверхности частиц

как угольных, так и глинистых. Известно, что глина также способна сорбировать органические вещества. В [6] было показано, что адсорбция гуминовых кислот на глине (каолините) представляется результатом комплексной адсорбции гуминовых кислот на попечерных гранях, содержащих в избытке положительные группы алюминия. Поэтому при поступлении угольно-глинистой пульпы во флотационную колон-

ну определенная мозаичность, образовавшаяся при закреплении реагентов-собирателей на поверхности различных частиц, и дальнейшее взаимодействие твердых частиц с воздушными пузырьками, должны подтвердить определенную степень сродства к воздушным пузырькам. Результатом этих взаимодействий будет соотношение количества угольных и глинистых частиц при выносе их из колонны в пенном потоке.

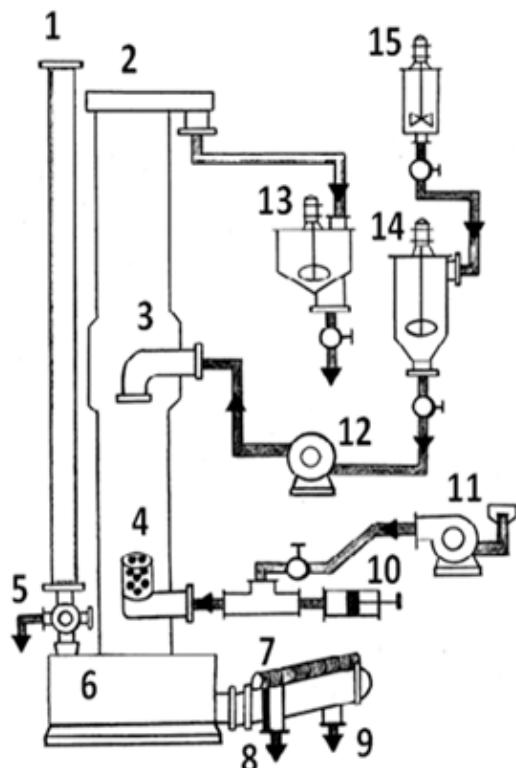


Рис. 1. Принципиальная схема флотационной установки с раздельным реагентным режимом:  
 1 – Эрлифт. 2 – Флотационная колонна. 3 – Ввод угольной пульпы. 4 – Пористый цилиндр для барботажа воздуха. 5 – Трех – ходовый кран для слива воды. 6 – Камера отходов флотации. 7 – Наклонный обезвоживающий шнек. 8 – Вывод воды на регенерацию. 9 – Вывод обезвоженного осадка отходов флотации. 10 – Дозатор реагента. 11 – Воздушный компрессор. 12 – Насос для подачи угольной пульпы. 13 – Сборник флотационного концентрата. 14 – Контактный резервуар. 15 – Диспергатор

Ниже приведен баланс (без учета потерь) продуктов флотационного обогащения высокозольного угольного шлама.

Выход концентрата составлял: 29,8%, при зольности 20,7%.

Выход отходов флотации составлял: 57,1%, при зольности 68,0%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что низкомолекулярные кислородсодержащие соединения, образующиеся при электрохими-

ческом деструктивном окислении буроугольной битуминозной смолы обладают поверхностно-активными свойствами, способствующими достаточно эффективному флотационному обогащению высокозольного труднообогатимого угольного шлама. Рассмотренная технологическая модель может быть применима при отработке эффективных реагентных режимов с использованием, как вновь синтезируемых реагентов, так и их сочетаний с другими доступными реагентами.

#### Список литературы.

1. Обзор рынка каменноугольной смолы в СНГ. //Инфомайн. Исследовательская группа. Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности. Москва, 2010. 75 с.

2. Мандров. Г.А. Низкотемпературное деструктивное окисление высокомолекулярных буроугольных субстанций в электродном процессе с быстрым протонированием.//Химия высоких энергий. 2015. № 5. С. 423–424.
3. Варданян А. А., Тхруни Ф. Н., Балабекян Ц. Р., Агаджанян А. Е., Сагиян А. С. Изучение и оценка эффективности различных пеногасителей на биосинтез L-орнитина.//Биологический журнал Армении. – 2008. – № 1–2 (60). – С. 86–91.
4. Кондратьев С. А. Реагенты-собиратели в элементарном акте флотации.//Новосибирск. Издательство СО РАН. 2012. 241 с.
5. Сумм Б. Д. Гистерезис смачивания.//Соросовский образовательный журнал. 1999. № 7. С. 98–102.
6. Farid Elfarissi, Emile Pefferkorn. Kaolinite humic acid interaction in the presence of aluminium ion.//Colloids and Surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects. 168. (2000). Pp. 1–12.

## Section 4. Medical science

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-27-30>

Kristosduryan Anahit Tigran,  
Yerevan State Medical University after M. Heratsi,  
prof. Department of pediatrics N1,  
Senior Scientific Researcher of MC Cystic Fibrosis, RA  
E-mail: anahitkristosduryan@yahoo.com

Baghdasaryan Vachagan Sisak  
Yerevan State Medical University after M. Heratsi,  
prof. department of pediatrics N1,  
Head Researcher of MC Cystic Fibrosis, RA

Kristosduryan Mariam Tigran,  
neonatologist of MC «Grigor Narekatsi»

Margaryan Hranush Rafik,  
Yerevan State Medical University after M. Heratsi  
ass.prof Department of Neonatology  
Tashchyan Hasmik Martiros,  
Infectiologist of MC «IMMA»

### Fetal varicella syndrome

**Abstract:** Herpes Viridae family consists of more than 80 viruses, but only 8 species affect a person. Herp infections are the most dangerous for pregnant women, and varicella is not an exception. Varicella is absolutely a childhood disease. When the first trimester pregnant is infected the transplacental transmission of the virus can be fraught with fetal death, spontaneous abortion, or affect central nervous system, eyes, limbs hypoplasia, intrauterine dystrophy. Congenital varicella is also characterized by scarring of the skin changes.

**Keywords:** fetal varicella syndrome, chemotherapy, necrotic chorioretinitis, acyclovir.

Кристосдурян Анаит Тиграновна,  
доцент кафедры педиатрии N1  
Ереванского государственного медицинского  
университета им. М. Гераци,  
старший научный сотрудник Центра Муковисцидоза РА  
E-mail: anahitkristosduryan@yahoo.com

Багдасарян Вачаган Сисакович,  
доцент кафедры педиатрии N1  
Ереванского государственного медицинского  
университета им. М. Гераци,  
руководитель Центра Муковисцидоза РА  
Кристосдурян Мариам Тиграновна,  
ненонатолог, МЦ «Григор Нарекаци»

Маргарян Грануши Рафиковна,  
Ереванского государственного медицинского  
университета им. М. Гераци  
Ташчян Асмик Мартиросовна,  
инфекционист МЦ «ИММА»

## Фетальный ветряночный синдром

**Аннотация:** Семейство Herpes Viridae насчитывает более 80-ти представителей, из них поражают человека только 8 видов. Наибольшую опасность герп-инфекции представляют для беременных, и ветряная оспа не исключение. В абсолютном большинстве ветряная оспа — «детская болезнь». При инфицировании беременной первом триместре возможна трансплацентарная передача вируса чреватая гибелью плода, самопроизвольным выкидышем либо поражением центральной нервной системы, органов зрения, недоразвитием конечностей, внутриутробной дистрофией. Врожденная ветряная оспа характеризуется также рубцовыми изменениями кожи.

**Ключевые слова:** фетальный ветряночный синдром, некротизирующий хориоретинит, химиотерапия, ацикловир.

Врожденная ветряная оспа, вызываемая вирусом Varicella-Zoster (семейство Herpesviridae; ДНК — геномный вирус герпеса человека, 3-го типа), передается ребенку в пренатальном периоде.

В связи с высокой контагиозностью заболевания подавляющая часть взрослого населения имеет иммунитет после перенесения первичной инфекции. Риск заражения серонегативных беременных составляет 5–7%. Установлено, что на 1000 родов приходится 1–5 случаев ветряной оспы. Исходя из отмеченного, ветряная оспа не рассматривается как показание к искусственному прерыванию беременности [1]. В то же время трансплацентарная передача VZ-вируса чревата гибелью плода, неразвивающейся беременностью либо ее спонтанным прерыванием. При инфицировании между 13-й и 20-й неделями гестации вероятность развития фетального ветряночного синдрома не превышает 2%. Клинически он проявляется врожденными пороками глаз, ЦНС, аномалиями скелета, поражениями кожи (аплазия, рубцы) [3]. Особенно опасно заражение беременной за несколько дней до и после родов, угрожаемое развитием неонатальной ветряной оспы или фульминантной диссеминированной инфекции с высоким летальным исходом (21–30%).

В качестве клинического примера приводится выписка из истории болезни N5785/1219 пациента В. (д.р. 12/V-2015), поступившего в университетскую клинику с направляющим диагнозом «гипоксико-ишемическое поражение ЦНС, неуточненное поражение печени».

Из анамнеза: ребенок от 1-й беременности, течение которой на 18-й неделе осложнилось развитием

у матери ветряной оспы; после наметилась фетоплацентарная недостаточность III<sup>1</sup>, приведшая к синдрому задержки внутриутробного развития плода. Роды на 33-й неделе гестации экстренным кесаревым сечением, вследствие прогрессирующей гипотрофии плода; весом 1 300 г, ростом 38 см, с рубцами на кожных покровах. Оценен по шкале Апгар в 3/4/4 балла. Из-за нарастания отмечаемых с первых минут жизни дыхательных расстройств ребенок был подключен к аппарату искусственной вентиляции легких. Через короткий светлый промежуток состояние новорожденного вновь ухудшилось, всвязи с развитием раннего неонатального сепсиса. Ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости обнаружило множественные гиперэхогенные участки в печени. На 20-й день жизни офтальмолог при осмотре глазного дна выявил хориоретинит. Терапия проведенная в род.доме включила ротационный курс антибактериальной (сульбактацид+ гентамицин, метронидазол+меропенем, ципро+эдицин), инфузионную, трансфузии свежезамороженной плазмы, эритроцитарной массы; фунгициды. Ребенок находился под динамическим наблюдением офтальмолога. Вскормливался искусственно; выписан в клинически стабильном состоянии в 1,5 месячном возрасте. В амбулаторных условиях мать обратила внимание на появление у ребенка, после контакта с больным ОРЗ, излишней сонливости, вялости, затрудненного дыхания. После осмотра участковым врачом направлен в стационар с целью верификации окончательного диагноза.

Состояние при приеме тяжелое. Выражены признаки угнетения ЦНС, явления интоксикации. Поза

расслабленная «лягушачья». Взгляд не фиксирует, не следит за движущимся предметом; контроль головки отсутствует. Кожные покровы бледно-восковидные; периоральный, периорбитальный и акроцианоз. Видимые слизистые чистые, влажные. Питание пониженное, физическое развитие — <Р<sub>3</sub>. Головка долихоцефалической формы; дизостоз по ходу сагittalного, лямбдовидных и коронарных швов. Большой родничок 2x2,5 см, слажен; малый — не зарашен. Грубые костные деформации не отмечаются, диффузная мышечная гипотония. Дыхание поверхностное, со втяжением межреберий, в легких — неравномерно проводимое жесткое; перкуторный звук не изменен. Границы относительной тупости сердца в пределах возрастной нормы. Сердечные тоны тахикардичны, приглушенны. Живот мягкий, доступен глубокой пальпации. Печень выступает из-под реберья на 1,5–2,5–1,0 см, эластичной консистенции. Селезенка не пальпируется. Физиологические отправления в норме. Менингиальная симптоматика отрицательна.

Результаты проведенных исследований: гемограмма — анемия, лейкоцитоз, моноцитоз, умеренное ускорение СОЭ; общие анализы мочи, кала — без отклонений от нормы; биохимическое исследование выявило гипо- и диспротеинемию, повышение активности маркеров холестаза ( $\gamma$ -GT, ЩФ); микро-

электролиты (Fe, Mg, P, iCa, Na, K) соответствуют возрастным величинам; коагулограмма — интактна. Рентгенография органов грудной клетки (прямая проекция) обнаружила неравномерное сгущение бронхолегочного рисунка, двухстороннее очаговое затенение паравертебральных отделов, расширение корней. УЗИ органов брюшной полости выявило множественные гиперэхогенные участки в печени, размерами 0,2–0,25 см; нейросонография — без особенностей. Эхо КГ — в пределах возрастной нормы. Иммунологическое исследование исключило инфекционные гепатиты (HBsAg striptest-negativ, HCV striptest-negativ), хламидиоз (anti-Chlamida tr. IgM — negativ), **токсоплазмоз (anti — Toxo IgM — negativ)**, герп-инфекции — вирусы простого герпеса (anti — HSV 1/2 IgM-negativ), цитомегаловирус (PCR blood — negativ, anti- CMV IgM — negativ), герпес-зостер (**PCR blood — negativ, anti — VZV IgM — 5,1; negativ**).

Ребенок консультирован невропатологом, гематологом, инфекционистом, офтальмологом.

Заключение офтальмолога: ОД — стекловидное тело мутное, в макулярной области — очаг в виде удлиненного овала с признаками некроза и экссудации; OS — глазное дно по периферии со сливающимися очагами некроза хориоретинальной ткани; макулярная область с крапчатостью, очевидно из-за начидающегося патологического процесса (Рис. 1).

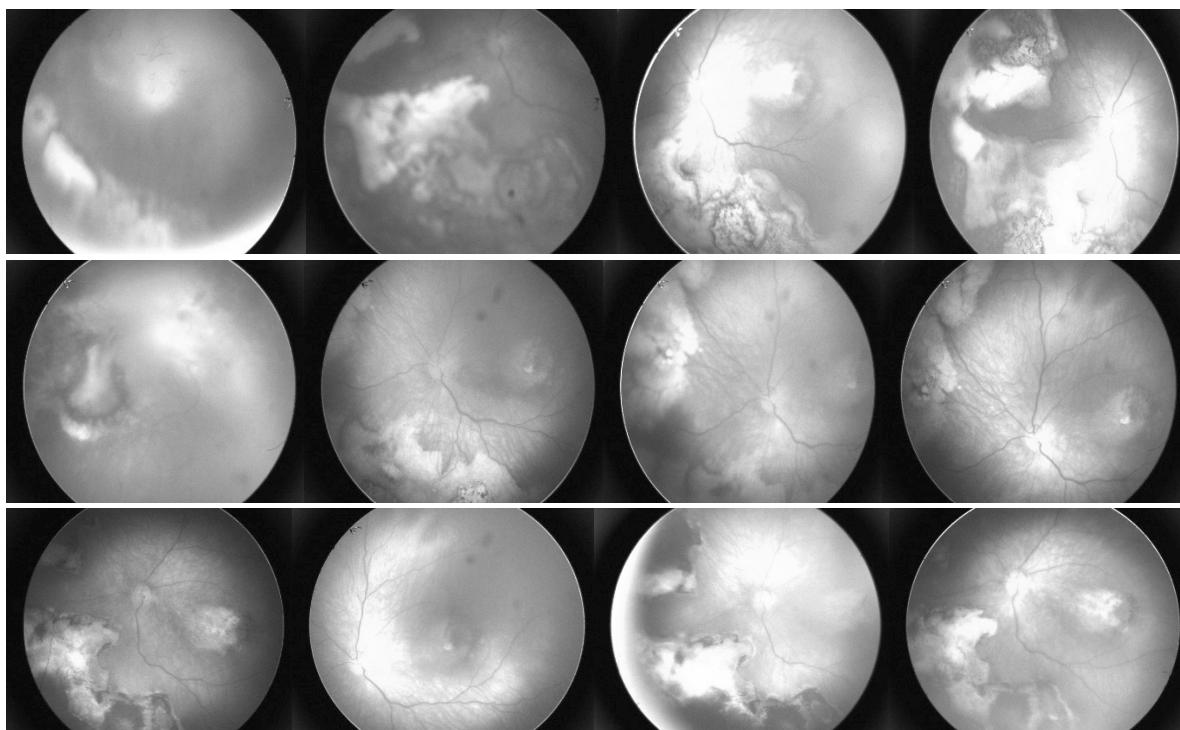


Рис. 1. DS — активный некротизирующий хориоретинит вирусной этиологии

На основании отмеченного поставлен **клинический диагноз** — внебольничная двухсторонняя

пневмония, средней тяжести, ДНГ, острое течение; **сопутствующая патология** — активный некроти-

зирующий хориоретинит, белково-энергетическая недостаточность III<sup>1</sup>, гипоксико-ишемическое поражение ЦНС, токсическое поражение печени, белково-дефицитная анемия.

Назначена комплексная терапия: антибактериальная (клафоран), инфузионная, энзимная (креон — 10.000); трансфузии эритроцитарной массы, альбумина; диетотерапия молочной смесью с повышенной энергетической ценностью — Humana O-VLB с переходом в последующем на Humana medical — O.

Несмотря на отсутствие лабораторных критериев активности герпес-зостера (*PCR blood –negativ, anti — VZV IgM –5,1; negativ*), назначена противовирусная химиотерапия. При этом учитывались анамнестические данные (перенесение беременной ветряной оспы; наличие рубцов на коже ребенка при рождении, косвенно свидетельствующих о врожденном герпес-зостере), особенности иммунного ответа новорожденного (недостаточный синтез антител в разгар клинических проявлений заболевания, по — видимому, обусловленный иммунологической толерантностью к антигенам, а также преморбидным фоном — недоношенность, белково-энергетическая недостаточность, осложненное течение перинатального периода). Противовирусная химиотерапия проведена ацикловиром, бесспорными преимуществами которого являются высокая избирательность и низкая токсичность [2]. Препарат назначен с целью длительной (до 6-ти месяцев) иммуносупрессии в разовой дозе 20 мг/кг x 4 per os. Риск формирования резистентности к ацикловиру обосновывал необходимость

иммунотерапии интерферонами. Иммунотерапия включила Генферон лайт — 125.000 МЕ по схеме: 1 суппозитория x2 per rectum 10-ти дневным курсом с переходом на поддерживающую дозу — 1 суппозитория x1 через сутки в течение 2-х месяцев. Лечение было согласовано с инфекционистом и офтальмологом.

На фоне проводимой комплексной терапии наметилась положительная динамика как соматического статуса, так и локального поражения, проявляющаяся “стушеванием” воспалительного процесса и отсутствием появления новых участков поражения в органах зрения.

Приведенный клинический случай позволяет сделать ряд выводов:

1. Распространенность герп-инфекций, высокая частота их хронизации и формирования осложнений исключают выжидательную тактику практикуемую педиатрами при первичной виремии. В современном представлении терапия герпетических инфекций должна быть агрессивной и продолжительной с установлением контроля над патогеном.

2. Химиотерапия герп-инфекций показана при наличии лабораторных критериев их активности. Однако, интерпретация результатов серологических исследований должна проводиться с учетом особенностей характера и фазы иммунного ответа, так как в некоторых случаях инфицирование не сопровождается адекватным синтезом антител.

3. Ранняя диагностика и своевременная химиотерапия позволяют установить контроль над локальным поражением и общим заболеванием.

#### Список литературы:

1. Внутриутробные инфекции: диагностика и лечения: учебное пособие/М. В. Голубева, Л. Ю. Барычева, Л. В. Погорелова. – Ростов н/Д: Феникс, – 2012. – С. 68–77: ил. – (Медицина).
2. Казмирчук В. Е., Мальцев Д. В. Рекомендации по лечению герпесвирусных инфекций человека // УКР Мед. Часонис, – 2012. – N5. – С. 94–106.
3. Maria A. Nagel, Don Gilden – Varicella Zoster Complications // Curr. Treat. Options in Neurology. – 2013 Aug; 15 (4): 439–453.

Nesterov Alexey Sergeevich,  
professor, The medical faculty,  
E-mail: nesterov-alex@mail.ru

Artamonova Marina Nickolaevna,  
senior lecturer, The Faculty of postgraduate medical  
and pharmaceutical education  
E-mail: artamonovamn2013@yandex.ru

Nesterova Alyona Valeryevna,  
associate professor, The medical faculty,  
E-mail: nesterova-alena@mail.ru

Potaturkina-Nesterova Natalia Iosifovna,  
professor, The Faculty of postgraduate medical  
and pharmaceutical education  
E-mail: micropof@gmail.com

Nemova Irina Sergeevna,  
associate professor, The Faculty of postgraduate medical  
and pharmaceutical education  
E-mail: nemova\_irina@bk.ru

## **Morphometric and elastic-mechanical properties of erythrocytes in patients with psoriasis**

**Abstract:** It has been shown that the red blood cells of peripheral blood of patients with psoriasis changed morphometric and elastic-mechanical properties that especially pronounced in the period of exacerbation. These changes were manifested in the decrease in the diameters of disks and the central holes of erythrocytes, the central height of pits, when height of discs was increased. It has been established that the adhesive forces and the elastic-mechanical properties were reduced and the roughness of topography of the erythrocyte cell membrane was increasing.

**Keywords:** erythrocytes, morphometry, the elastic-mechanical properties, psoriasis, atomic force microscopy.

Нестеров Алексей Сергеевич,  
профессор, медицинский факультет  
E-mail: nesterov-alex@mail.ru

Артамонова Марина Николаевна,  
старший преподаватель, факультет последипломного  
медицинского и фармацевтического образования  
E-mail: artamonovamn2013@yandex.ru

Нестерова Алена Валерьевна,  
доцент, медицинский факультет  
E-mail: nesterova-alena@mail.ru

Потатуркина-Нестерова Наталья Иосифовна,  
профессор, факультет последипломного медицинского  
и фармацевтического образования  
E-mail: micropof@gmail.com

Немова Ирина Сергеевна,  
доцент, факультет последипломного медицинского  
и фармацевтического образования  
E-mail: nemova\_irina@bk.ru

## Изменение морфометрических и упруго-механических свойств эритроцитов у больных псориазом

**Аннотация:** В статье показано, что эритроциты периферической крови больных псориазом изменяют морфометрические и упруго-механические свойства, наиболее выраженные в период обострения заболевания. Указанные изменения проявляются в уменьшении диаметров дисков и центральных ямок эритроцитов, глубины центральных ямок на фоне увеличения высоты дисков, снижении адгезивных сил и упруго-механических свойств, а также в повышении шероховатости рельефа клеточных мембран эритроцитов.

**Ключевые слова:** эритроциты, морфометрия, упруго-механические свойства, псориаз, атомно-силовая микроскопия.

Известно, что белковый цитоскелет обуславливает поведение мембранны эритроцита как упругого твердого тела и определяет функциональную состоятельность этой клетки. Форма может изменяться под влиянием многих внешних факторов, а также в случае некоторых патологий, например, при инфекциях [2, 48–49]. Поэтому оценка формы и визуализация сдвиговых упругих характеристик эритроцитов, являющихся интегрально-регуляторными показателями функционального состояния эритроцитов, имеет значительный практический интерес и считается перспективным для медицинской диагностики различных патологий [5, 100–101].

В этой связи чрезвычайный интерес представляет изучение эритроцитов у больных псориазом — заболевании, крайне трудно поддающемся лечению [3, 21–26]. Чрезвычайно важно уже при первом обращении больного установить степень тяжести патологических изменений в организме пациента, что позволило бы правильно прогнозировать дальнейшее течение заболевания и назначить оптимальную терапию. В этой связи изучение топографии и механических свойств эритроцитов, являющихся маркерами их физиологического состояния, с помощью атомно-силовой микроскопии (ACM) у больных хроническими дерматозами является чрезвычайно перспективной задачей [4, 17–20].

Целью работы явилось выявление изменений морфометрических и упруго-механических свойств эритроцитов периферической крови больных псориазом в период обострения и ремиссии заболевания методом атомно-силовой микроскопии.

### Материалы и методы

Изучение морфометрических и упруго-механических свойств эритроцитов периферической крови осуществляли при помощи сканирующего зондового микроскопа Solver P47-PRO (NT-MDT, Россия). Сканирование образцов производили в полуконтактном режиме на площади 90x90 мкм, используя зонды с золотым напылением серии NSG10 (NT-MDT, Россия) размером 95x30 мкм, с жесткостью балки 17 Н/м, радиусом закругления иглы 10 нм. Количественный морфометрический анализ бактериальных клеток и оценку упруго-механических параметров осуществляли с помощью программного обеспечения микроскопа Nova.

Для оценки глубины повреждения мембран в работе использовали эритроциты периферической крови 104 больных псориазом в период обострения (первая группа) и ремиссии (вторая группа). Группу сравнения составили 52 практически здоровых человека, репрезентативных по полу и возрасту. Препараты готовили путем нанесения взвеси эритроцитов венозной крови на покровные стекла и высушивания на воздухе. Из каждого образца в случайном порядке выбирали десять эритроцитов и измеряли их линейные параметры: диаметр и высоту. При изучении морфометрических свойств эритроцитов регистрировали карты вертикальных отклонений острия ACM-зонда при наложении нагрузки на клеточную поверхность в 36 локальных участках [1, 48–51].

Для оценки упругости клеточной мембранны объекта исследования производили расчет модуля Юнга, который количественно характеризует ригидность клеток. Адгезионную силу оценивали методом пря-

мых измерений величины отклонения консоли при нарушении адгезионного контакта.

Статистическую обработку данных производили с использованием программы «Statistica 6.0». Оценку статистической значимости полученных результатов осуществляли с помощью t-критерия Фишера-Стьюдента ( $p<0,05$ ).

### Результаты исследования

Изучение морфометрических показателей эритроцитов у больных псориазом выявило их выраженные изменения по сравнению с эритроцитами здо-

ровых людей. Установлено достоверное уменьшение значений диаметра дисков эритроцитов и центральных ямок, глубины центральных ямок на фоне увеличения высоты дисков, в период обострения заболевания указанные изменения были более выражены, чем во время ремиссии. Трансформация морфометрических характеристик эритроцитов сопровождалась изменением их адгезивной способности — адгезионная сила эритроцитов первой и второй групп по сравнению с контролем уменьшалась в 1,5 и 1,2 раза соответственно (табл. 1).

Таблица 1. – Морфометрические и адгезионные параметры эритроцитов у больных псориазом

Показатели	1 группа	2 группа	Группа сравнения
Диаметр дисков, мкм	$5,8 \pm 0,16^*$	$6,39 \pm 0,11^*$	$9,54 \pm 0,24$
Высота дисков, мкм	$0,85 \pm 0,17$	$0,74 \pm 0,14$	$0,67 \pm 0,18$
Глубина центральных ямок, мкм	$0,21 \pm 0,05^*$	$0,33 \pm 0,16$	$0,39 \pm 0,11$
Диаметр центральных ямок, мкм	$4,1 \pm 0,28^*$	$3,9 \pm 0,15^*$	$6,2 \pm 0,19$
Адгезионная сила, нН	$32,8 \pm 1,7^*$	$40,8 \pm 1,5^*$	$47,5 \pm 1,2$

\* — показатель достоверности различий показателей по сравнению с контрольной группой ( $p<0,05$ )

Изучение упруго-механических свойств эритроцитов у больных псориазом выявило достоверное снижение показателей модуля Юнга, более выраженное в период обострения. Значения модуля упругости клеточной мембранны у пациентов первой и второй групп в выпуклой и вогнутой областях эритроцитов были минимальными по сравнению со здоровыми и составили  $0,52 \pm 0,06$  кПа и  $0,51 \pm 0,04$  кПа соответственно ( $p<0,05$ ). После проведенного лечения у пациентов наступала ремиссия, сопровождавшаяся увеличением показателей модуля Юнга до  $0,79 \pm 0,08$  кПа ( $p<0,05$ ) в выпуклой и  $1,42 \pm 0,11$  кПа ( $p<0,05$ ) в вогнутой областях эритроцитов. Однако даже в этот период заболевания значения модуля упругости мембранны эритроцитов не достигали уровня аналогичных показателей эритроцитов здоровых людей ( $3,2 \pm 0,09$  кПа и  $2,82 \pm 0,13$  кПа).

Установлено увеличение высоты складок мембранны и, следовательно, к повышению шероховатости ее поверхности до  $109,6 \pm 6,7$  нм ( $p<0,05$ ) в первой и  $101,6 \pm 8,7$  нм во второй группах (в группе сравнения  $91,9 \pm 4,6$  нм).

Таким образом, при помощи АСМ выявлены изменения морфометрических параметров эритроцитов периферической крови у больных псориазом по сравнению со здоровыми, таких как диаметр и высота дисков, глубина и диаметр центральных ямок. Установленные изменения свидетельствуют о деструкции при псориазе мембранны эритроцитов,

участвующей в поддержании формы клетки и ее метаболизме.

### Выводы

1. Выявлены достоверное изменение морфометрических показателей эритроцитов у больных псориазом, наиболее выраженные в период обострения заболевания. Это проявлялось в уменьшении диаметров дисков эритроцитов до  $5,8 \pm 0,16$  мкм и их центральных ямок до  $4,1 \pm 0,28$  мкм, а также глубины центральных ямок ( $0,21 \pm 0,05$  мкм) на фоне увеличения высоты дисков ( $0,85 \pm 0,17$  мкм).

2. Установлено снижение упруго-механических свойств эритроцитов, максимально проявляющееся в период обострения заболевания, когда модуль Юнга в выпуклой и вогнутой областях диска эритроцитов, по сравнению с соответствующими показателями здоровых людей составил  $0,52 \pm 0,06$  кПа и  $0,51 \pm 0,04$  кПа соответственно ( $p<0,05$ ). Во время ремиссии заболевания значения модуля упругости повышались в 1,5 и 2,8 раза соответственно, не достигая, однако, уровня соответствующих показателей здоровых людей ( $3,2 \pm 0,09$  и  $2,82 \pm 0,13$  кПа).

3. Сила адгезии эритроцитов у обследованных пациентов изменялась в зависимости от стадии заболевания, в период обострения данные изменения были более выражены, чем во время ремиссии и составили  $32,8 \pm 1,7$  нН и  $40,8 \pm 1,5$  нН соответственно (у здоровых  $47,5 \pm 1,2$  нН;  $p<0,05$ ).

4. Установлены достоверные отличия рельефа клеточных мембран эритроцитов больных псориазом, проявляющиеся в повышении шероховатости ее поверхности до  $109,6 \pm 6,7$  нм ( $p < 0,05$ ) в стадию обострения заболевания и  $101,6 \pm 8,7$  нм во время ремиссии (в группе сравнения  $91,9 \pm 4,6$  нм).

**Список литературы:**

1. Гущина Ю.Ю., Плескова С.Н., Звонкова М.Б. Исследование различий морфологических параметров клеток крови человека методом сканирующей зондовой микроскопии//Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2005. – № 1. С. 48–53.
2. Дрозд Е. Новый метод в биомедицинских исследованиях//Наука и инновации. – 2009. – № 10. С. 80.
3. Знаменская Л. Ф., Мелехина Л. Е., Богданова Е. В., Минеева А. А. Заболеваемость и распространенность псориаза в Российской Федерации//Вестн. дерматол. венерол. – 2012. Т. 20, – № 5. С. 20–29.
4. Скоркина М. Ю., Федорова М. З., Чернявских С. Д., Забиняков Н. А., Сладкова Н. А. Сравнительная оценка морффункциональных характеристик нативных и фиксированных эритроцитов//Цитология. – 2011. Т. 53, – № 1. С. 17–22.
5. Стародубцева М. Н., Варопаева Е. В., Петренев Д. Р. АСМ-диагностика патологии эритроцитов на основе физико-механического образа клеточной поверхности//Проблемы здоровья и экологии. – 2015. Т. 44, – № 2, С. 99–104.

## Section 5. Food processing industry

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-35-40>

Gennady Ivanovich Kasyanov,

Kuban State Technological University

Dr. Sci. sciences scientific title: Professor

E-mail g\_kasjanov@mail.ru

Dmitry Evgenievich Zanin,

Kuban State Technological University

candidate techn. sciences scientific title: assistant professor

E-mail zanin83@gamil.com

Nazarko Marina Dmitrievna,

Kuban State Technological University

Dr. biologist. sciences scientific title: Professor

E-mail nazarko\_m@mail.ru

Davydenko Taisiya Nikolaevna,

Kuban State Technological University

assistant professor

E-mail davydenko\_taisiya@mail.ru

### The peculiarities of production of baby food products in the Krasnodar region

**Abstract:** The article gives a brief overview of the production of baby food in Russia and abroad. Experimental part presents the results of research in the production of canned baby food at a new factory in Krylovskaya village, Leningrad district of the Krasnodar region. It presents recommendations on the implementation of management system of safe food at the existing plant, focused on the production of canned baby food made of raw materials of Kuban agricultural producers. It is emphasized that natural conditions and resources of Krasnodar region, which are characterized by favorable soil and climatic conditions, permit to produce better, compared to the majority of Russian regions, fruit and vegetable products for baby food.

**Keywords:** baby food, canned fruit and vegetables, ecology of production, safety criteria, canned foods.

*The purpose of research* is to analyze the current state of baby nutrition products based on fruit and vegetables, and the results of authors' research in order to introduce their developments to industry.

The enterprises of canning industry of Krasnodar region produce annually 350 thousand tons of canned fruits and vegetables, and their assortment is more than 250 kinds of items. Canned fruits and vegetables for baby food are produced from Kuban natural raw materials by the following companies: LLC "Organic Agroprodukt", LLC "Fine Food", LLC "Fabrica Zdoroviya", JSC "Syro-

del", the branch of JSC "Experimental Plant" Lebedyan sky".

The plant of children's canned meat "Tikhoretsky" operates in the Krasnodar region. This is the main producer of beef nutrition for small children in Russia, which accounts for 60% of children's canned meat market. "Tikhoretsky" produces 14 kinds of meat and meat-vegetable canned food for children at the brand of "Tema". The plant's capacity is 35 tons of finished products per day. The dairy plant "Labinskiy" manufactures its products at well-known brands such as: "Prostokvashino", "BioBal-

ance", "Aktual" and "Tema". The production capacity is 300 tons of processed milk per day.

In Krylovskaya village, Leningrad district of Krasnodar region a new plant for production of fruit and vegetable-based baby food has been built recently. It is LLC "Kombinat Detskoye Pitaniye". It is planned to produce dry dairy-plant mixtures packed in plastic bags with a barrier layer and fruit puree and fruit — vegetable canned food for children from three months and older with consumer packing to glass containers of 100 milliliters according to the technology developed by scientists and specialists of the State Scientific Institution "Krasnodar Research Institute of storage and processing of agricultural products storage and processing".

The factory produced experimental batches of products (11 items). Currently the demand for manufactured types of baby food products is being studied in order to determine the volume of production in 2016.

We examined the development of production of baby food in Russia. It should be noted that the baby food segment of the grocery market is growing fast, both in the world and in Russia. This is explained by the growth of the birth rate, the growing care of parents about diverse nutrition of high quality, the change in living conditions connected with increasing social activity of parents and etc. According to the portal of the international business

cooperation in Russia there was growth in sales of children's canned food by 11.6%, from 172.4 to 192.3 thousand tons in the period of 2006–2010 [1]. The share of canned fruit accounted for more than 50%, the share of children's mixed puree — almost 21% of canned food. According to opinion of experts, the main feature of the baby food is constant expanding of the range of products on the basis of scientific recommendations and consumer priorities for the modern market.

The share of imported products exceeds more than 6 times the share of domestic production in Russian market of baby food. The following international companies dominate among the imported products of baby food: Nestle and Hienz, Abbott Laboratories company, Mead Johnson, Gerber (USA), Danone (France), Nutricia (Holland), International Nutrition Company (Denmark), Semper (Sweden), Valio (Finland), Fruktal, Kollinska (Slovenia), Hipp (Austria), Humana (Germany), "Bellakt" (Belarus). The smallest share of imported products for baby food is in the segment of fruit and vegetable juices, liquid and pasty dairy products.

In 2015, the volume of baby food market in Russia has grown in comparison with 2012 by 47%. According to BusinesStat expert agency the Russian export of baby food products will be increasing during next few years (Figure 1).

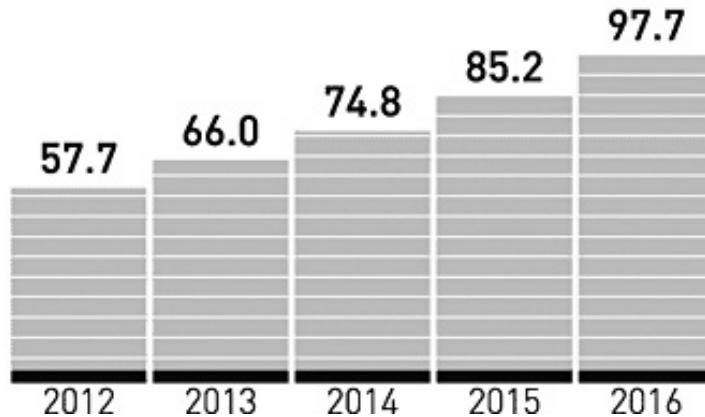


Figure 1. The forecast of the Russian export of baby food (\$ Million)

At the same time Russian producers also export their products mainly to the CIS countries: Ukraine, Kazakhstan, Azerbaijan, Kyrgyzstan and others. The experts noted the growth of consumer confidence in the products of Russian producers, who offer high quality products at cost 1.5–2 times cheaper than from foreign competitors.

The main Russian producers of the baby food market are: CJSC «Plant of children's canned meat «Tikhoretsky», which is the part of «Danone's Group — Unimilk», JSC «Vologda baby food factory» (Vologda), County State Unitary Enterprise «Ekaterinburg City

Dairy Plant number 1 (Ekaterinburg)», JSC «Plant of baby milk products (Moscow)», JSC «Baby food «Istritsa — Nutricia», CJSC «Faustovo» (Moscow region), JSC Lebedyansky EKZ, Pepsico, JSC «Petmol», LLC «Baby food and food concentrates plant» (Saint-Petersburg).

In all countries the baby food manufacturers pay special attention to product safety. For example, the firm Semper (Sweden) uses only environmentally-friendly Swedish raw materials — genuine natural products: vegetables, fruits and grains, grown on soils that are abso-

lutely free of chemical fertilizers, and harvested without preservatives. As for milk and meat products they should be received from animals without use of artificial additives, antibiotics, hormones.

Before entering into the production the raw materials are subjected to thorough check-up for compliance to regulatory requirements (bacteriological and toxicological control, testing for nitrates and nitrites, heavy metals, physical and chemical and organoleptic evaluation and others.). Finished products are undergone to careful analysis for compliance to quality and safety. One of the main requirements for manufacturers of baby food is a certificate of conformity of production and the products to standards, developed on the basis of the Alimentarius Codex adopted by the International Commission of FAO/WHO. «The regulations of the Code relate to: hygiene and nutritional value of food, including microbiological criteria, the requirements for food additives, pesticide residues and veterinary drugs, contaminants, labeling and appearance, as well as sampling and risk assessment methods» (the Code Commission Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Programme for food standards).

*Experimental part.* The existing national and international experience was carefully analyzed during preparation for the establishment of domestic production of fruit and vegetable baby food in Krylovskaya village, Leningrad district of Krasnodar region. The results of this analysis became the basis for the adoption of technological, technical and organizational solutions of creators of this unique enterprise. Non-standard equipment for the enterprise was produced at a pilot plant in the research institute “Mir-Prodmash” (Moscow).

While selecting the construction site for the plant in Krylovskaya village, Leningrad district of Krasnodar region, close attention was paid to environmental problems. The analysis examined and assessed not only the influence of the forthcoming economic activity of the enterprise on the environment of its location (air, soil, groundwater and surface water streams, flora and fauna, the nearest residential area), but also compliance of state environmental components to the high sanitary requirements to the territories in which the production of baby food must be carried out. In addition, it was taken into account that the company is focused on the production of baby food products mainly from raw materials of Kuban agricultural producers.

Krasnodar region is one of the leading Russian regions in terms of investment activity and it constantly ranks first in the Southern Federal District. The agrar-

ian and industrial complex of the region is the leading branch of industry which attracts investments and determines the priority of regional economy. Natural conditions and resources of Krasnodar region, characterized by favorable soil and climatic conditions, allow to get better than in most of Russian regions yields of agricultural products. The total land area of Krasnodar region is more than 7.5 mln. hectares, including 3.8 mln. hectares of arable lands, of which more than 80% are black soils. The system of agro-industrial complex of Krasnodar region is conditionally divided into 5 zones (Figure 2).

Zone 1 (Northern) — a shallow wavy steppe plain, gradually rising from west to east. Here, the ordinary black soils (carbonate) are widely spread.

Zone 2 (central) has typical black and leached soil.

Zone 3 (southern, soils of foothill zone) has gray steppe — brown forest — rendzina soils.

Zone 4 (zone preferably for rice growing) — soils of hydromorphic series, mainly alluvial meadow, meadow-bog, marsh and saline and alkaline difference.

Zone 5 (predominant viticulture zone) — typical black soil and meadow black soil dominate.

The black soil is the most fertile soil of the region. It is common in plain zone 1 and 2. Humus stocks are not the same and vary from 783 tons/ha to 142 tons/ha and on an average compose about 456 tons/ha. The black soil is suitable for cultivation of all agricultural crops. 100 different species are cultivated in Kuban fields.

Investigations of sanitary conditions of soil for agricultural purposes in accordance with GOST 17.4.2.01–81 were held accordingly to Kuban land monitoring program. They showed that the territory of the region can be divided into areas with different qualitative assessment of pollution and namely: successful, selectively successful, little successful, unsuccessful depending on its functional specialization, the density of economic objects, the intensity of ecological and geochemical anomalies, and other factors [2].

The successful area includes fields for agricultural purposes in Beloglinsky, Novopokrovskiy and Krylovskoy administrative districts of Krasnodar region, within zones 1 and 2 of the system of agro-industrial complex, with a total area of over 12 thousand km<sup>2</sup>. There are no large industrial enterprises there, chemical warehouses of mineral fertilizers, plant protection factories, complex geochemical anomalies, which are the sources of pollution of the environment (air, soil, groundwater).



Figure 2. The administrative-territorial division of the Krasnodar region in the system of agro-industrial complex

The assessment of the ecological state of the Krasnodar Territory land according to the total index of heavy metal pollution ( $Z_c$ ) was made by Professor Nazarko M. D. in 2014. It showed that there were agricultural areas of high local pollution in zones 1 and 2. To assess the ecological state of soils the guidelines for determination of heavy metals in soils of agricultural and crop production were used [3].

Total index of pollution ( $Z_c$ ) is determined by the formula:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n Kc_i - (n-1)$$

where:

$n$  – the number of determined ingredients;

$Kc_i = C_i / C_\phi$  – metal concentration factor equal to the quotient of the mass fraction of the  $i$ -th element in the contaminated ( $C_i$ ) and background soils ( $C_\phi$ ). For general environmental characteristics of the main areas of cultivation of agricultural products (zones 1, 2 and 3) according to  $Z_c$ , the number of defined elements in the

soil is  $n = 25$ , for area characteristics according to elements of food safety  $n = 4$  (Pb, As, Hg, Cd).

The indicator of environmental condition of  $Z_c$  soils is calculated for all territory of zones 1 and 2 for 25 chemical elements: Cu, Zn, Pb, Ag, Bi, Sn, Mo, W, Co, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ga, Ge, P, Li, Be, Sr, Zr, Nb, Ba, As, Hg, as well as for 4 elements: Pb, As, Hg and Cd, which are the indicator of safety of plant products, according to the technical regulations of the Customs Union TRTS 021/2011 "About food safety" (hereinafter TR CU 021/2011), approved by the decision of the Customs Union Commission dated 09.12.2011, № 880 [4]. The same elements are normalized in the soil for Hygienic Standard (hereinafter HS) 2.1.7.2041–06 [4] and HS 2.1.7.2511–09 [6].

From the analysis of the results it is seen that in all three zones there are areas with high values of the indicator of ecological state of soils. Increased pollution of these areas with chemical elements is connected mainly with man-made influence on the environment, due

to close location of residential areas, industrial plants, roads, etc. It is obvious that agricultural lands in these areas should be subjected to monitoring system in order to observe their ecological status in accordance with special developed programs.

According to Russian laws, children's nutrition should be organized in accordance with the requirements of SanPiN 2.3.2.1940–05 [7] "Baby Food Organization", registered in the Ministry of Justice on the 03.02.2005, № 6295. This document defines requirements to:

- Technical documents of children's food products production;
- Raw materials and components used for production of baby food;
- Ingredient and chemical composition of finished baby food;
- Packaging of baby food and information printed on the label of product;
- Technological equipment and technological processes in the production of baby food;
- Organization and carrying out of production control at factories manufacturing baby food;
- Production facilities of enterprises for production of baby food.

*Results and its discussion.* It is obvious that the period of formation of baby food company in Krylovskaya village will take several years, but it is necessary to set goals and objectives, which will allow the company to take a leading position among Russian producers of canned fruit and vegetable-based baby food. To do this, they must make full use of world experience of creation of similar enterprises. The first step is to develop and implement HACCP system in the company — a risk analysis system and critical control points (Hazard Analysis and Critical Control Point systems), which will ensure the safety of products of baby food at all stages of the life cycle (production, storage, transportation, realization) and providing systematic identification, assessment and control of hazards that affect the safety of the manufactured product. Implementation of HACCP system in enterprises of members of the Customs Union is provided for TR CU 021/2011, Chapter 3, Article 10. The basic principles of the HACCP system are stated in EU Regulation number 852/2004 of 29.04.2004 and include the following key statements:

- Food safety must be guaranteed throughout its production chain;
- The primary responsibility for food safety lies on manufacturer;

— Implementation of procedures based on HACCP principles will allow the manufacturer to obtain safe food depending on the degree of responsibility;

— The use of HACCP system will establish indicators for monitoring the production mode, based on scientific assessment of risk;

— The application of HACCP system will ensure the production of food products according to EU standards, or at least equivalent to these standards.

The principles of HACCP system development are set out in the GOST R 51705–2001 "Management of food quality based on HACCP principles." During implementation of production processes (manufacturing) of food products associated with the safety requirements of such products, the manufacturer should develop, implement and maintain procedures based on HACCP principles stated in Part 3 of Article 10 of Chapter 3 TR CU 021/2011.

While forming the company it is necessary to implement procedures of Quality Management System (QMS) based on ISO 9000, Environmental Management System (EMS) based on the standards 14000 and ISO 22000 Food safety management (SMS) [8–10]. This will create a system of management of the entire production — economic activity of the enterprise with regard to product quality. This will develop policies, will set tasks and objectives, will identify effective ways of their solution.

Certification of Quality Management System to ISO 9000 requirements will allow:

— The company to be sure that manufactured products correspond to regulatory requirements, market requirements and consumer expectations;

— Consumers to be confident that they acquire the products with the quality corresponding to the regulations on quality and safety.

Implementing an EMS will allow the company to identify and control the environmental influence, monitor and improve its environmental performance, reduce costs for utilization of industrial wastes, reduce ecological payments, save energy and material consumption, improve its image among consumers of products and public opinion, to increase competition of manufactured products.

Implementation of SMS food is an integral part of the QMS, if we accept the definition that quality — is a measure of conformity of the product to its purpose.

Conclusions. Thus, only the implementation of the above mentioned measures will help Krylovskaya baby food plant to occupy its deserving place in the baby food

market sector, as essentially the only measure of trust, recognized by the international community, is organization of the enterprise production based on the requirements and norms of the international standards ISO. The presence of QMS, SEM, SMS certificates characterizes

the company as a stable and decent partner. However, experts of the enterprise should not forget that only high quality and low price provide competitive ability, stability and the possibility of enterprise survival in today's market.

**References:**

1. Survey of the Russian baby food market, [http://www.marketcenter.ru/content/document\\_r\\_31F5D5C0-C382-4788-A3B1-68BB50A7E88F](http://www.marketcenter.ru/content/document_r_31F5D5C0-C382-4788-A3B1-68BB50A7E88F).
2. The report "About the state of natural resources and environmental protection of Krasnodar region in 2015". Department of Natural Resources and the State Environmental Supervision of Krasnodar region, Krasnodar, – 2015. – 358 p.
3. Guidelines for the determination of heavy metals in soils of agricultural and crop production. Approved by Deputy Minister of Agriculture of the Russian Federation of 10.03.1992
4. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 "About food safety", approved by decision of Commission of Customs Union of December 9, – 2011. – № 880.
5. Hygienic standards 2.1.7.2041–06 "Maximum admitted concentration (MAC) of chemicals in soil. Hygienic standards" (registered in the Ministry of Justice of 07.02.2006, the reg. Number 7470).
6. Hygienic standards 2.1.7.2511–09 "approximately admitted concentrations (AAC) of chemicals in soil. Hygienic standards" (registered in the Ministry of Justice 23.06.2009 reg. Number 14121).
7. SanPin 2.3.2.1940–05 "Baby food organization" (registered in the Ministry of Justice on 03.02.2005, reg. Number 6295).
8. Standard ISO 9000–2011. Quality Management System. Fundamentals and glossary.
9. GOST R ISO 14001–2007. Environmental Management System. Requirements with guidance for use.
10. ISO 22000: 2005. Food safety management. Requirements for any organizations in food chain: International Standard/Translated from English. – St. Petersburg: Certification Association "Russian Register", – 2005. – 42 p.

## Section 6. Agricultural sciences

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-41-43>

Agayev Jabrayil Tazaxan oglu,

Agayev Uzeyir Jabrayil oglu

Scientific Research Institute of Plant Protection

and Industrial Crops

E-mail: cabrayil@yandex.com

### Introduction of biological resources protection against phytotoxicity fungi of the genera Fusarium and Alternaria

**Abstract:** The influence of pathogen *Fusarium* and *Alternaria* genus fungus toxins to germination of seeds has been studied. In this biological control have been studied the efficiency of preparation of *Zircon* obtained from *Echinacea purpurea L.* against disease pathogens. Also the disease resistance, height and growth of test plants have increased.

**Keywords:** Solonaceae, fungus, *Fusarium*, *Alternaria*, mycotoxin, *Echinacea purpurea L.*, *Zirkon*, biological control

#### Introduction

During pathological processes fungus are excreting different ferments, toxins, antibiotic compounds, substances possessing toxical impacts. They are split up complex polymers of plant tissues and organic substances [1]. By many factors fungus connected to *Fusarium* and *Alternaria* are excrete different toxic substances mycomarazmin, *Fusarium* acids, *Yavanizin*, *Martizin*, *Enniatin* and et.cetra [2; 3; 4]. Fungus are weaken in connecting to these substances in plants cells membrane and then they are penetrating to endoderm. Afterwards by pathogenenesis processses accrued in plant tissues storage and transportation of water is weaken in transportation processes. Therefor the total water balance is broken.

There are decreased the activity levels of fungal toxins impacts to plant cells oxidation processes provided by enzymes, there are changed the nucleus structure, the activity of mitochondrias diminished [5]. In connection with toxic impacts are spread propogated use of biological struggle methods among of natural antibiotics against plants poisoned disease derivations, antagonists, hyperparasites, phytohormons, phytoncides [6; 7].

*Zirkon* drugs obtained from *Echinacea purpurea L.* are used to increase plant anti stress increasing resistance, as the growth and development regulator, plant flowering, fruiting, anti diseases resistance increasing.

*Zirkon* is used as stimulator in different plants immune system regulation.

#### Materials and Methods

There are studied by O. A. Berestetski (1978) and V. I. Bilayn methods in laboratory condition to research the phytotoxic abilities of *Solanum tuberosum L.*, *Solanum lycopersicum L.*, *Capsicum L.*, *Solanum melongena L.* species leaf spots, withering induced by *Alternaria sp*, *Fusarium solani* və *F.oxyphorum f.sp. lycopersici* fungus [8; 9].

There are determined phytotoxic abilities by mesuring of the growth and development of *Zea mays L.* and *Solanum lycopersicum L.* seeds after moisten by pathogenic cultural decoction (CD).

Results,  $A_f = 100 (D_x D_n) / D_k D_n \cdot 100$  calculated by the formula.

Therein,

$A_f$  – phytotoxic activity, %-lə,

$D_x$  – length of shoots after 24, 48 and 72 hours later, in mm;

$D_k$  – length of shoots in control version, in mm;

$D_n$  – initial length of shoots, in mm.

*Zirkon* is used in closed area above the Amiry F1 hybrid of *Solanum lycopersicum L.* species for increasing the sustainabilities against diseases.

Experiments are put in 5 variants:

1. *Zirkon* 10 ml/ha;

2. Zirkon 12,5 ml/ha;
3. Zirkon 15 ml/ha;
4. Standard: Megafol 0,1 l/ha;
5. Control: no acts proceeded.

Experiments are proceeded in 4 repeats. The spread of diseases in plants has been carried out on the basis of registration of the 5-point scale by evaluation of *Zirkon* against plants diseases sustainability.

#### Discussions and Results:

Table 1.— Toxic impacts and growth indications of *Solanum lycopersicum L.* seeds shoots pathogens

Variants	Initial shoots, in mm	Shoots length, in mm				Before growth development, in%			
		24 hour	36 hour	48 hour	72 hour	24 hour	36 hour	48 hour	72 hour
<i>Alternaria solani</i> Sor.	2	5	7	8	8	37,5	46,1	55,5	69,2
<i>Fusarium solani</i> Mart.	2	6	9	12	13	25	30,7	33,3	50
<i>F.oxysporum</i> f.sp. <i>licopersici</i>	2	7	10	11	12	12,5	23,1	38,9	53,8
Control: moistened in distilled water	2	8	13	18	26	-	-	-	-

The seed shoots were 69,2% less than compared with the results of the control options by moistened in *Alternaria solani* cultural decoction (CD), the growth and development of seed shoots were 50% less than by moistened in *Fusarium solani* fungus cultural decoction (CD), the growth and development of seed shoots were 53,8% less than by moistened in *F.oxysporum* f.sp. *lycopersici* cultural decoction (CD).

*Solanum lycopersicum L.* seed shoots are moistened in cultural decoction (CD) by artificial infection of pathogens. After 72 hours size of shoots in control measure were 26 mm, moistened in *Alternaria solani* by cultural decoction (CD) the size of shoots were in 8 mm, moistened in *Fusarium solani* fungus. by cultural decoction (CD) the size of shoots were in 13 mm, moistened in *F.oxysporum* f.sp. *licopersici* by cultural decoction (CD) the size of shoots were in 12 mm (Table 1).

There are accured the stagnation in growth and development of seeds by impacts of pathogen toxins nevertheless to sharp difference in control compare under the same sprout condition belonging to the same seeds exposures. It has shown by microscope definition under experiments in shoots width ends that *Fusarium solani* and *F.oxysporum* fibers are spread in xylema pipes. Fungus candides and fruit particles are clear shown in *Alternaria solani* grown shoots under microscope observations.

Table 2.— Increase of sustainability impacts of *Zirkon* to *Solanum lycopersicum L.* seeds shoots pathogens

Amiry F1. Station: in Buzovna private hothouse.

Experiment versions	Alternarioz, in%			Fusarioz withering, in%			$\bar{S}_x$ , in%
	Distribution, in%	Intensivity, in%	Biology benefits, %	Distribution, in%	Intensivity, in%	Biology benefits, in%	
1 Zirkon 10 ml/ha	17,8	6,2	48,5	28,5	14,2	33,1	
2 Zirkon 12,5 ml/ha	14,2	5,7	58,9	24,0	10,6	43,6	
3 Zirkon 15 ml/ha	12,5	4,2	63,9	16,2	4,0	61,9	
4 Standart Megafol 1 l/ha	20,9	10,6	39,5	30,4	15,0	28,6	
5 Control:	34,6	18,9	-	42,6	21,8	-	1,62

There are tested as biological struggle against propagation of pathogens Zircon obtained from the terrestrial space of *Echinacea purpurea L.* and 3 organic acids combination against withering diseases the Alternarioz and Fusarioz.

Obtained results have shown in control version the distribution of Alternarioz is in 34,6%, in standard version 20,9%, in control of Fuzarioz against withering disease 42,6%, by use of Zirkon in normal version to 15 ml/ha it was 16,2%, intensivity was in 4%. These results are more

by using of *Zirkon* in compare with another versions. By high biology benefits version — 61,9% (Table 2). *Zirkon* can be mixed in neutral condition (pH=6–7) with most

drugs. It is profitable to eliminate influences of diseases and their toxic impacts during products maturity periods with the application of biological drugs.

### References:

- Monasirskiy O. A., Svirelis L. V. "Circadian rhythms creating toxins fungus genus of *Fusarium*" //Agrochemistry, – 2008, – № 8, Pp. 18–23.
- Lu Zhen et al. "Host Range and phytotoxiciti of *Stemphylium solani*, causing leaf Blight of garlic (*Allium Sativum*) in China" //European journal Plant Pathology, – 2008, no.1, Pp. 21–30.
- Ashmarina A. F. "Phytotoxic and pathogen features of fungus genus *Fusarium* on spring wheat" //Scientific-technic bulletin. NIIKZCXK. 2007., issue. 19, Pp. 15–16.
- Bilay V. I. "Phytotoxins of fungus *Fusarium*"// "Phytotoxic features of soil microorganisms". Leningrad, – 1978, Pp. 142–148.
- Borovkov A. V., Beresteskiy O. A. "Phytotoxic metabolites of fungus genus *Fusarium*" //Mycology and Phytopathology. – 1983, ed. 17 issue.4, P. 349.
- Alekseyeva K. L. "Influence of *Zirkon* to productivity and biochemical compound of vegetable crops" //Natural regulator of *Zirkon* growth, use in agriculture, collection of scientific proceedings. M «NEST M». – 2010, Pp. 9–14.
- Malevannaya N. N., Alekseyeva K. L. "Zirkon drug of modern generation"// "Protection and quarantine of plants". – 2006, – № 8. Pp. 28.
- Beresteskiy O. A. "Phytotoxins of soil microorganisms and their ecological roles" //Phytotoxic features of soil microorganisms: Leningrad, Proceedings of VNIISXI, – 1978, Pp. 87–94.

**DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-43-46>**

Kravchenko Roman Aleksejevich,

Universität für Technologie Ekinoksal, Ekuador,

PhD (geografische Wissenschaften)

Professor mit Lehrstuhl für Umwelttechnik und Umweltrisikomanagement

E-mail: roman.kravchenko@ute.edu.ec

## Linienerosionsformen in der Bergäquatorialzone der Provinz Pichincha, Ekuador

**Abstrakt:** Es lässt sich drei Gruppen der Schluchten nach dem Grad der Erosionsaktivität in der Spitze ausmachen. Zur Gruppe mit dem hohen Grad der Erosionsaktivität gehört 17% Schluchten. Der mittlere Grad ist 21%. Der Niedergrad ist 62%. Die Einwirkung der Akkumulation auf die Dynamik der Schluchten ist geforscht.

**Schlüsselwörter:** Schlucht, Erosion, Akkumulation, Abfälle, fluviale Prozesse.

Die Forschung der Linienerosionsformen wurde auf dem Gebiet der Republik Ekuador der Provinz Pichincha durchgeführt. Die Detailforschung der Schluchten wurde im typischen Schlüsselbezirk, der für dieses Gebiet im Norden der Stadt Quito typisch ist, mit der Fläche von 9 Quadratmeter realisiert. Diese Randzone, derer Boden zurzeit meistens für die Landwirtschaft zur Verfügung gestellt sind. Das geforschte Gebiet charakterisiert sich mit der breiten Erweiterung der Schluchten nach verschiedener Länge, Breite, Tie-

fe und verschiedenem Grad der Erosionsaktivität. Die Höhe über Meerniveau beträgt 2600–2700 m. Das Forschungsobjekt befindet sich in der Nähe der Äquatorlinie.

Die Schluchten entwickeln sich in den modernen Geschiebeablagerungen, die teilweise die Abfälle überdecken. Die Austritte der Festgesteine in einigen Fällen bilden das mehr komplizierte Bild der Entwicklung der Erosionsakkumulationsprozesse in den Grenzen des Grabenbetts.

Die wesentlichen Höhendifferenzen und die Neigungswinkel der Abfälle schaffen die erforderlichen Voraussetzungen für die Wasserströmungsausbildung, die zulässigen Räumungsgeschwindigkeiten der Erde überschreiten. Die Länge der Abfälle überschreitet häufig 1 km. In der Regel, haben die Abfälle komplizierte Form mit der Abwechselung der konvexen und konkaven Strecken.

Die Klimacharakteristiken begünstigen insgesamt die Entwicklung der Wassererosion. Die flüssigen (selten als Hagel) Niederschläge dominieren, aber mit dem wesentlichen Anteil der Regenschauer. Die jahresdurchschnittliche Anzahl der Niederschläge in der Stadt Quito beträgt 1149 mm [1]. Während der Analyse der jahresdurchschnittlichen Verteilung ist bemerkbar, dass die maximale Anzahl der Niederschläge, einschließlich der Regenschauer in April ist. Ebenso für diesen Zeitraum entsteht die Hauptetappe der Erosionsaktivität. Auch muss man darauf hinweisen, dass es „trockene“ Monate von Juni bis August gibt. In diesem Zeitraum bei der Reliefbildung und der Bildung der Ablagerungen spielt der äolische Prozess eine große Rolle. Die Verwehrung der ausgetrockneten, schwach befestigten mit der Pflanzenvegetation Erde bringt zu der Ansammlung der Lagerungen der Staubanteile in den negativen Formen des Reliefs und teilweise der Abfälle. In folgenden, mehr feuchten Monaten bleiben die der unterstandenen äolischen Bearbeitung Gesteine unter dem Einfluss der Wassererosionsprozesse. Sie unterstehen der Auswaschung und weiterer Akkumulation im Bestand anderer fluavilen Ablagerungen.

Zu den Felduntersuchungen gehörten die Forschung des Mikroreliefs, die morphometrischen Charakteristiken der Schluchten, die Forschung der Ablagerungen in den Schluchten und auf den Abfällen, die Forschung der Bodendurchschnitte und des geologischen Profils, das Bohren. Die Analysen der Böden und Ablagerungen auf den Enthalt der organischen Stoffe. Für die Bestimmung der Lage der Untersuchungspunkte, ihrer Koordinaten und der Höhenkoten wurde das G. P.S. benutzt. Es wurden auch die Kartierungsbasen, einschließlich der Satellitenaufnahmen benutzt. Auch für die Forschung der morphometrischen Reliefcharakteristiken wurde die Theodolitaufnahme benutzt.

Die Böden des geforschten Bezirks sind stark erodiert und arm auf die organischen Stoffe. Solche Aspekte, wie der Gehalt der organischen Stoffe in den Schlucht-ablagerungen, wurden vom Autor früher geforscht [2, 3]. Es ist festgestellt, dass der Gehalt der organischen Stoffe in der Oberbodenschicht auf dem forschenden

Gebiet von 1–1,5% beträgt. Die höheren Werte sind für die Gebiete, wo die Neigungswinkel 3 Grad nicht überschreiten, bemerkt. Auch in den Zonen mit der aktiven Akkumulation des ausgewaschenen Materials in den Böden der Erosionsformen und in den Geschiebekegeln ist der Gehalt der organischen Stoffe bis 1,7–1,8% festgestellt. Die Analyse der Bodenmuster wurde im Labor der Zentralen Universität der Stadt Quito durchgeführt.

Auf dem geforschten Gebiet wurde die 181. Liniererosionsform untersucht. Das sind die Schluchten und Auswaschungsrinnen mit der Länge über 20 Meter. Von diesen sind 97 einzelne Auswaschungen. Und 84 Erosionsformen, die in den gabelförmigen Schluchtenystemen gesammelt sind und die Seitenadern des Hauptschluchtbetts sind. Die Verteilung der Schluchten und Auswaschungen ist nach der Meinung vom Autor bedingt. Die Untersuchung der Reliefform muss man wie einzige Gruppe der Linienerosionsformen anschauen. Und der Begriff „Schlucht“ wird im breiten Sinn verwendet, einschließlich der Bedeutung „Auswaschungen“.

Die geforschten Schluchten wurden nach dem Kriterium — Erosionsaktivität der Spitze — gruppiert.

Zur Gruppe mit dem hohen Grad der Erosionsaktivität gehören 31 Schluchten (17%). Die frischen Anschnitte in den Spitzen der Schluchten haben die Abfälle, die zu den senkrechten Wänden näher sind. Auf der Strecke mindestens einige Meter von der Spitze durch das Schluchtbett entsteht der offene, nicht mit der Pflanzenvegetation befestigte Grund. Das sind die Kennzeichen der Erscheinung der regressiven Erosion zurzeit, die Fortschreitungen der Spitze durch den Anfall. Es passiert der Nachbruch des Bodens, der mit dem Wasserstrom durch das Schluchtbett transportiert wird. Entlang den Schluchtkanten durch den Abfall, in dem die Auswaschung sich entwickelt, werden die Rutscherscheinungen aktiver. Diese Gruppe der Schluchten bildet die größte Gefahr für die Zerstörung der Böden.

Die Gruppe der Schluchten mit dem mittleren Grad der Erosionsaktivität ist mit 38 Reliefformen (21%) vor gestellt. Die Schluchtwände sind in der Spitze fragmentarisch nicht vergrast. Die Spuren des nicht wesentlichen Spitzanwuchses.

Die Mehrheit der Schluchten 112 (62%) gehört zur Gruppe mit der niedrigen Erosionsaktivität. Die Spitzen sind abfallend, vergrast. Die regressive Erosion entsteht zurzeit nicht.

Aber man muss darauf hinweisen, dass diese Klassifikation nur solches Kriterium berücksichtigt, wie Charakter der Erosionsaktivität der Schluchtspitzen im Moment der Forschung. Das ist wesentliche Charakteristik für die

Bewertung der potentialen negativen Einwirkung auf die Böden. Aber der Prozess der Entwicklung der Schluchtformen ist mehr kompliziert.

Bekanntermaßen begünstigt das V-förmige Querprofil die Konzentrierung des Stroms und der Vergrößerung seiner zerstörenden und transportierten Fähigkeit. Diese Profilform ist, in der Regel, für die oberen Abschnitte der Schluchten typisch. Die Schlucht verstärkt die zerstörende Fähigkeit des Wasserstroms. Aber der Wasserstrom ausgehend ins Gebiet des unteren Abschnitts der Schlucht und beim Ausgang aus diesem Gebiet plattet sich ab und die Ablagerung der transportierten Stoffe passiert. Die zerstörende und transportierte Fähigkeit des Stroms wird kleiner auf den Abschnitten der Schlucht mit dem breiten und flachen Boden. Es entsteht die aktive Ablagerung der Anschwemmungen. Man muss darauf hinweisen, dass die Grenze zwischen den Schluchtablagerungen und Ausgangsgesteinen der Abfälle nicht rasch wäre. Wahrscheinlich wurden andere Prozesse mit der fluviatilen Akkumulation gemischt. Die kolluvialen Ablagerungen — die Produkte der Zerstörung der Schlucht abfälle haben den fließenden Übergang zwischen den Schluchtablagerungen und Ausgangsgesteinen.

Die Schluchtform verändert sich mit der Zeit. Die regressive Erosion bringt zur Fortschreitung des oberen Abschnitts der Schlucht durch den Abfall und zur Bildung der neuen Abschnitte mit dem engen Boden und der großen Tiefe. Aber gleichzeitig entsteht die regressive Akkumulation — Ablagerungen befüllen den unteren Abschnitt der Schlucht und diese Zone der aktiven Akkumulation schreitet langsam in die Richtung und durch den oberen Abschnitt der Schlucht fort. Da die Schlucht schon weiter infolge der regressiven Erosion nicht anwächst, können die weiter gehenden Prozesse der Akkumulation zu seiner Befüllung teilweise oder vollständig bringen. Und die Schlucht kann sein Existieren als Depression der Schlucht stoppen. Auf diese Weise, ändern die Erosionsakkumulationsprozesse die Form der Schlucht und die transformierte Reliefform zur Änderung des Charakters und der Intensität des fluviatilen Prozesses bringt.

Häufiger nach der Befüllung teilweise verliert die Schlucht die Erosionsaktivität, wird vergrast. Nach dem Anwuchsstoppen und der Abflachung der Abfälle, Befüllung des unteren Abschnitts erhält die Schlucht die Hauptformen. Nach der Beendigung der Anfangsetappe der Akkumulation, die sich sehr intensiv entwickelt, kommt die Etappe der langsamen Entwicklung, Befüllung der Schlucht, die sich während einiger Hundertjahre entwickeln kann. Es hängt von den Größen der Schlucht. Vielleicht können einige wesentliche

Schluchten vollständig ohne wesentliche Änderung der Bedingungen der Ansammlung der Niederschläge befüllt werden. Aber in der Schlucht, die seinen Anwuchs gestoppt hat, bewahren die potentiellen Möglichkeiten der Entstehung der Erosion wieder immer.

Die Lage einiger Schluchten ist auch bemerkbar. Diese Schluchten befinden sich fast auf einer Linie von oben nach unten durch den Abfall. Es ist beobachtbar eine „mehrschichtige“, „vierstöckige“ Lage der Schluchten. Im Abstand zwischen dem Ausmündungsabschnitt der Schlucht und dem Kopf der Schlucht der unteren Schicht nach den Ergebnissen der Bohrung wurden die Fragmente der Schluchtablagerungen gefunden. Diese Fragmente zeugen über das Existieren der frühen Schluchtausmündung. Anschauend des Entwicklungsprozesses der „mehrschichtigen“ Schluchten kann man über das Folgende voraussagen. Die Schlucht entwickelte sich von dem unteren Abschnitt des Abfalls. Der Stoß zu seiner Entwicklung war infolge der Änderung (der Reduzierung) der örtlichen Basis der Erosion. Im Weiteren schritt die Schlucht nach oben durch den Abfall fort, anwachsend mit ihrer Spitze. Aber gleichzeitig auf Rechnung der regressiven Akkumulation passierte die Befüllung des unteren Abschnitts der Schlucht. Falls die Verlängerung der Schlucht auf Rechnung der regressiven Erosion gleich ihrer Reduzierung auf Rechnung der regressiven Erosion ist, so schreitet die Schlucht nach oben durch den Abfall ohne Vergrößerung ihrer Länge fort. Man muss darauf hinweisen, dass die beschrieben in dem Artikel Dynamik der Schluchten für den Zeitraum der Zehnjahren oder Hundertjahren entsteht (abhängig von den Natur- und anthropogenen Bedingungen).

Weitere Änderung der örtlichen Basis der Erosion bringt zur Bildung der neuen Schlucht im unteren Abschnitt des Abfalls. Und schon wieder die gebildete Schlucht so zu sagen holt die mehr alte Schlucht ein. In den „mehrschichtigen“ Schluchten, falls die Geschwindigkeit der Befüllung der Erosionsform der oberen Schicht (befindet sich höher durch den Abfall) die Geschwindigkeiten des Anwuchses der „einholenden“ ihrer Auswaschung der unteren Schicht überschreitet, so entwickelt sich die junge Schlucht (im unteren Teil des Abfalls) im Ort der alten Schlucht, die vollständig gefüllt ist. Falls die Form der Linienerosion der unteren Schicht mit ihrer Spitze die untere Schicht der Schlucht von der oberen Schicht zerstört, so entsteht ihre Verschmelzung und Aktivierung.

Auf diese Weise, entsteht der unkontinuierliche Wechsel der Dominierung der Erosion oder Dominierung der Akkumulation bei der Entwicklung der Schluchten. Wenn ein Zyklus der Entwicklung der

Schluchten vollständig nicht beendet wird (Schlussstadium dieser Entwicklung ist vollständige Befüllung der Erosionsform), beginnen die Prozesse der wiederholten Auswaschung, als eine Erosionswelle andere Welle einholt. Die Schluchten entwickeln sich durch die Zurückkehrung in den Ausgangsstand [2, 4, 5]. Aber die vollständige Ähnlichkeit passiert nicht, wenn die entstehenden Änderungen im Vergleich zu den vorhergehenden Zyklen der Entwicklung entstehen. Die Prozesse der Akkumulationsentwicklung der Schluchten sind Gesetzmäßigkeit, die ein Bestandteil der zurückkehrenden Phase in die Entwicklung des fluvialen Reliefs ist.

Zusammenfassungen: Es lässt sich drei Gruppen der Schluchten nach dem Grad der Erosionsaktivität in der Spitze ausmachen. Zur Gruppe mit dem hohen Grad der Erosionsaktivität gehört 17% Schluchten. Der mittlere Grad ist 21%. Der Niedergrad ist 62%. Die Einwirkung

der Akkumulation auf die Dynamik der Schluchten ist geforscht.

Bei der Entwicklung der Schluchten spielt eine große Rolle nicht nur die regressive Erosion, aber auch die regressive Akkumulation. Die Schluchtablagerungen bei der Befüllung der Linienerosionsformen wirken auf den Wasserstrom ein. Die regressive Akkumulation modifiziert das Relief und bringt zur Reduzierung der Erosionsaktivität. Aber gleichzeitig schafft die Akkumulation die Voraussetzungen für die neue Erosionsentwicklung. Es passiert die Zyklusselbstentwicklung, Selbstregulierung der Schluchten, infolge des inneren Widerspruchs des Erosionsakkumulationsprozesses.

Das Vorhandensein der „mehrschichtigen“ Schluchten, die sich fast auf einer Linie von oben nach unten befinden, ist die Folge verschiedener Etappen der Erosions- und Akkumulationsselbstentwicklung des Reliefs.

#### Referencez:

1. Geography of Ecuador//Patricia Aspiazu de Paez, Milton Luna Tamayo, Joaquin Gomez de la Torre. – Madrid, Cultural, 2004 – P. 360
2. Kravchenko, R. Influence of sediment from the Gullies in the development of erosion forms.//Enfoque UTE, V.4 – N.2, 2013 – Pp. 35–44
3. Kravchenko R. A. Accumulation of organic matter in the linear forms of erosion in the northern part of Quito, Ecuador//8th International Scientific and Practical Conference «Science and Society», – London, – 2016. Pp. 110–114.
4. Skomorokhov A. I. On the reciprocating evolution of the fluvial relief//Geomorfologiya – 1990, – Nr. 2, Pp. 12–19.
5. Kravchenko R. A. Accumulation at the gully system's development//Geomorfologiya – 2000, – Nr. 2, Pp. 12–18.

**DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-46-49>**

Rasizade Govhar Mammad,

The Genetic Resources Institute of the Azerbaijan National Academy of Sciences

E-mail: finusa@rambler.ru

Babayev Oktay Karam

The Genetic Resources Institute of the Azerbaijan National Academy of Sciences

E-mail: rzayev@rambler.ru

## Method of fighting with phylloxera

**Abstract:** Using of preparation consisting of new biologically active mixture in fighting against harmful pests and parasites in agricultural plants (cotton, melons, vegetables, etc), particularly against phylloxera on grape plant leaves is examined in the article. The method is based on preparation of biologically active mixture (infusion) from crushed leaves of walnut (*Juglans regia L.*), oak (*Quercus iberica Stev.*), Linden (*Tilia caucasica Rupr.*) and green peel of walnut and processing of grape leaves 3–4 times with that mixture.

**Keywords:** phylloxera, *Juglans regia L.*, *Quercus iberica Stev.*, *Tilia caucasica Rupr.*, parasites in agricultural plants.

As the soil and climatic conditions of Azerbaijan are very favourable for grape, therefore viticulture had existed since ancient times. Given the importance of viticulture products, the establishment of new production facilities for further development of this field, important government measures to improve the methods

of cultivation are being implemented in Azerbaijan. For increasing the productivity of viticulture farms and the production of quality products, new methods to fight against diseases, pests, insects in this field are to be developed, too.

The article is dedicated to a new method of fighting against one of the insects that damages grape — phylloxera.

Although the birthplace of phylloxera pests is considered to be the North America, but the end of the XIX century, it reached the south of France, and then many European countries, including Azerbaijan. Phylloxera is a widespread insect that causes serious damage to the development of grape plant, in general, viticulture. First of all, the size growth of grape plants infected by phylloxera becomes weak, weak shoots do not grow longer, the product is reduced, and during the winter weather they are completely destroyed.

There are a variety of methods and chemicals known to combat phylloxera. For example, there is a method of interbreeding of European grape infected with phylloxera to durable American grape varieties by twining [1]. However, the disadvantage of this method is that the process is complicated, and a lot of time and effort is required to implement it and it is not effective enough.

In addition, the method of using of pesticides (hexachlorbutadien, phasalon, keltan etc.), as well as biologically active substances and their mixture with insecticides, is also known. This method is implemented by spraying of pesticides on vineyards infected with phylloxera 18–20 times on the season. The disadvantage of this method is a use of a large amount (up to 500 kg 1 hectare of land) of toxic chemicals (pesticides) and the danger if they ingested on human organism [2, 264–287].

In general, as the most of the methods of struggle against phylloxera is based on the toxic substances, it leads to accumulation of those items on the leaves of plants, fruits, on the ground, resulting in the environmental pollution, causing deterioration of the environment. In this regard, the development of new methods of struggle against phylloxera that cause serious damage to wine-growing economy, and use of these methods is characterized by its urgency [3, 65; 6].

Methods of preparation of environmentally safe medicines preparation and their use against pests of plants, pests using a mixture of biologically active substances are limited. In this regard, the method of fighting in agriculture, especially against phylloxera on grape plant leaves, developed by G. M. Rasizade and

O. K. Babayev, is very important. The above-mentioned method is based on preparation of biologically active mixture (infusion) from crushed leaves of walnut (*Juglans regia L.*), oak (*Quercus iberica Stev.*), Linden (*Tilia caucasica Rupr.*) and green peel of walnut and processing of grape leaves 3–4 times with that mixture.

For the biologically active mixture the ingredients will be taken in following weight ratio: the leaves of walnut, walnut peel, oak leaves, linden leaves = 8: 2: 1: 1. The advantage of the method is explained by the fact that the due to juglan, ascorbic acid in leaves and green peel of walnuts, and also carotene, alkali and astringent substances the bactericidal properties of infusion rise. To prepare the above infusion we should take  $800 \pm 10$  g of fresh crushed leaves of walnuts,  $200 \pm 10$  g of crushed green peel of walnut,  $100 \pm 10$  g of crushed linden leaves and  $100 \pm 10$  g of crushed leaves of oak and add on them 1–1.5 litter of boiling water and then to mix within 25–30 minutes.

At that it should be noted that the above-mentioned leaves are to be collected in August-September and must be used within 24 hours. Then the prepared infusion (liquid part) is separated from raw pulp. Pouring boiling water on the raw pulp in the same amount the process is repeated 3 times and the raw mass is squeezed and raw pulp is separated fully from liquid part. At the end of the process it is possible to get an infusion of 2,8–3,0 litres. The infusion (2.8–3.0 litres of infusion) is diluted with water of 17 litres before using at grape leaves. 1,0–1,2 litres of solution is needed for one-time processing. So 0.5–0.6 litres is used for leaves and the same amount is used for processing of plant roots. If necessary, the infusion may be prepared in advance and kept in hermetically closed glass bottles for one year at a temperature of 4–6°C.

The processing of grape leaves and its roots with the above-mentioned solution is carried out in 3 stages. For the first time processing is done when the leaves began to emerge (in April-May months), then at the second time in stage of blooming (in May-June months), and finally a third time when the crops is yielded (in June-July months).

The efficiency of infusion developed by method of G. M. Rasizade and O. K. Babayev and used phylloxera is tested in practice as follows. First of all, 5 out of 10 grape leaves from the experimental area were taken with artificial infection with phylloxera and 5 were processed with said infusion 3 times. After 14–18 days the larvae, nymphs and matured samples taken from processed grape leaves were studied under a microscope (with 600–800 times zooming). The died larvae, nymphs and

matured samples were observed in black colour. If 10–15% of them were in other colour (dark orange to dark red colour), then the processing can be carried out for the 4th time. At result of works carried out in grape leaves we observed that phylloxera was destroyed for 100%.

The phylloxera infected grape becomes weak and may be infected by a number of other diseases. For this reason, it is important to increase the resistance of infected leaves. There are 3–4% of alkali substances on leaves of walnut and about 25% on oak leaves, so that they may have a destructive impact on disease pathogens [4]. And linden leaves are rich in carotenoids and saponine and as it is known they have softening influence on tissues, presence of these components in infusion softens

the outer membrane of knobs and thus facilitates the effective absorption of juglan. And it also increases the effectiveness of the infusion during the first and second processing of grape leaves [5]. In addition, the presence of ascorbic acid in green peel of walnuts accelerates the destruction of phylloxera.

It is known that the assessing of the effectiveness of the fight against phylloxera is done based on the process of formation of knob. There are about 180–240 larvae in one knob which then turn into matured individuals. The more knob remains after processing, the method is considered less effective. The information on knob formation levels in grape plant, processed 3 times with above-mentioned method, is given in the following table:

Table 1.

<b>№</b>	<b>Kinds of experiments</b>	<b>Knob formation level, in%</b>
1	Checking	8
2	Nut	1,6
3	Green peel of nut	1,4
4	Oak	2,0
5	Linden	2,5
6	Nut+oak	1,1
7	Nut+linden	1,4
8	Nut+green peel of nut+oak+linden (8:2:1:1)	0

As can be seen from the table, complete destroying of knobs on grape leaves take place when processed with infusion prepared from walnut leaves, green peel of walnut, oak leaves and linden leaves.

Studies carried out in the laboratory under a microscope allows to make judgment on influence of infusion of walnut leaves, green peel of walnuts, oak leaves and linden leaves both separately and together on phylloxera of leaves of plant and its roots.

The destruction of phylloxera for 100% occurs when the infusion contains all walnut leaves, green peel of walnuts, oak leaves and linden leaves. As mentioned above, the key component to destroy phylloxera is juglan and ascorbic acid and other alkali items, astringent substances, carotene, saponine, etc. play a supporting role and leads to further increase the efficiency of juglan against phylloxera.

Using of method proposed to fight against phylloxera has a number of advantages compared with other existing methods: this method is ecologically clean and allows to avoid using of toxic chemicals and pesticides poisoning the environment; it is non-waste, so squeezed raw formed as a result of preparation of infusion further may be used as green manure; in addition to phylloxera, it allows to destroy a number of other pests in grape leaves (grapes and spider mite) and diseases (mildew, oidium, anthracnose etc.). The above-mentioned method is considered to be useful for coping with the phylloxera, as well for preventive purposes.

The preparation made against phylloxera, in addition to viticulture may be used also against the pests and insects of a number of agricultural crops (cotton, melons and vegetables, etc.).

#### References:

1. Недов П. Н., «Иммунитет винограда к филлоксере и возбудителям гниения корней», – Кишинев, – 1977 (Nedov P. N., “Immunity of grape to phylloxera and roots rotting pathogens”, Chisinau 1977).
2. Акчурин Р. К., «Виноградство», М., «Высшая школа», – 1976, С. 264–287. (Akchurin R. K., “Viticulture”, – M., “High School”, – 1976. Pp. 264–287).
3. Иванова А. Н., Ивахненко Т. З., «Влияние биологически активных веществ и их смесей с инсектицидами на зараженность подвойной культуры винограда филлоксерой листовой формы. Защита растений от вредителей и болезней и сорной растительности», – Ставрополь, – 1988. С. 65. (Ivanova A. N., Ivakhnenko T. Z.,

"Influence of biologically active substances and their mixtures with insecticides for infection rootstock culture of grape with phylloxera of leaf form. Protection of plants against pests and diseases and weeds", – Stavropol, – 1988, P. 65).

4. Кузнецова Д.А., «Лекарственные растительные сырье и препараты», – М., «Высшая школа», – 1987 (Kuznetsova D. A., "Herbal drugs and preparations," – M., "Vysshaya School" – 1987).
5. Дамиров И. А., Прилипко Л. И. и др., «Лекарственные растения Азербайджана», – Баку, – 1982 (Damirov I. A., Prilipko L. I. et al., «Medicinal Plants of Azerbaijan», – Baku, – 1982).
6. Авторское свидетельство SU 1808280, «Способ борьбы с филлоксерой», A01 M 1/00, 15.04.1993 (Author's Certificate SU 1808280, «Method to combat phylloxera», A01M 1/00, 15.04.1993).

## Section 7. Technical sciences

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-50-53>

Dormeshkin Oleg Borisovich,

Die Belarussische Staatliche Technologische Universität

Prorektor, Doktor der Ingenieurwissenschaften, Professor

E-mail: Dormeshkin@yandex.ru

Harms Sven,

ERCOSPLAN Ingenieurbüro Anlagentechnik GmbH

Doktor der Chemie, Verfahrenstechniker

E-mail: sven.harms@mail.com

Greshnov Vadim Anatolyevich,

Die Belarussische Staatliche Technologische Universität

Aspirant, Fakultät der chemischen Technology und Technik

E-mail: v.greschnov@gmail.com

### Anwendungsperspektiven des ESTA-Verfahrens für Aufbereitung von carnallithaltigen Kalirohsalzen

**Abstrakt:** Die steigende Nachfrage nach Kalidüngemitteln motiviert Produzenten zur Verwendung von Außerbilanzkalirohsalzen mit absinkender Qualität des ausgeforderten Erzes. Viele aktuelle und im Abbau stehende Lagerstätten sind durch einen vergleichsweise erhöhten Magnesiumchloridgehalt gekennzeichnet, der die Verarbeitung von Sylvinitrohsalz beeinträchtigt. Der Höchstgehalt von Magnesiumchlorid im Rohsalz beträgt beim industriellen Flotationsverfahren 5% sowie beim Heißlöseverfahren 2% bis 4%. Da für die Aufbereitung von Kalirohsalzen in mehr als 80% der Fälle das Flotationsverfahren angewendet wird, ist die Vermeidung des negativen Einflusses von Magnesiumchlorid ein aktuelles Problem Kalisalzverarbeitung.

**Schlagworte:** Kalirohsalz, Aufbereitung, Carnallit, Magnesiumchlorid, Flotationsverfahren, Filtration Trennung, ESTA-Verfahren.

Es ist bekannt, dass man in einigen Heißlöse- und Flotationsfabriken mit dem Abstoß eines Teiles der umlaufenden Mutterlauge arbeitet um einen Austrag von Magnesiumchlorid aus dem Prozess zu gewährleisten. Dies führt zu einer Abnahme der Ausbeute von Kaliumchlorid in das Produkt.

Hervorzuheben ist, dass es eine prinzipielle Möglichkeit [1] für das Eindampfen des abzustoßenden Teiles der Mutterlauge gibt mit einer gleichzeitig zusätzlichen Herstellung des Zielproduktes gibt. Durch den Schritt des Eindampfens erhält man eine Mischung aus NaCl und KCl als kristallisierte feste Phase (sogenannter künstlicher Sylvinit) mit einer gleichzeitigen Erhöhung der MgCl<sub>2</sub>-Konzentration in der eingedampften Lösung. Die hochkonzentrierte Magnesiumchloridlösung kann zur Herstellung von Magnesiumhaltigen Produkten

wie z. B. Magnesia benutzt werden. Allerdings erfordert dieses Verfahren der Magnesiumchloridabführung und -aufbereitung hohe Investitionskosten.

Neben einer Lösungseindampfung ist es auch möglich, Magnesiumchlorid durch das Ausfällen mit kausischer Soda (NaOH) in Form von Mg(OH)<sub>2</sub> abzutrennen. Allerdings ist dieses Verfahren kostenintensiv aufgrund der hohen Kosten des Fällungsmittels NaOH und hat keine praktische Anwendung gefunden.

Im Normalfall ist eine gewisse Menge Magnesiumchlorid im genutzten Sylvinitrohsalz im Form von Carnallit (KCl·MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O) enthalten. Der Carnallit wird in der Sylvinit-Verarbeitung vollständig zersetzt oder gelöst. Da das Rohsalz meist mit KCl-gesättigten Lösungen gemischt wird ist die Zersetzung, d.h. Lösen des Magnesiumchlorids und des Wasser bei gleichzeiti-

gem Ausfällen der KCl-Komponente des Carnallits nicht ungewöhnlich.

Wenn das Sylvinitrohsalz Carnallit enthält, der eine höhere Löslichkeit als Sylvin und Halit besitzt, erhöht sich die Konzentration von Magnesiumchlorid in der umlaufenden Lösung und gleichzeitig sinkt die Konzentrationen von Natrium- und Kaliumchlorid. Carnallit löst sich so lange auf, bis ein Gleichgewicht im System  $\text{KCl} — \text{NaCl} — \text{MgCl}_2 — \text{H}_2\text{O}$  bei einer gegebenen Temperatur eintritt [2].

Tabelle 1. – Gemessene Parameter der sylvinitischen Flotation des entschlammten Rohsalzes abhängig von dem Magnesiumchloridgehalt in der Mutterlauge

<b>Gehalt <math>\text{MgCl}_2</math>, %</b>	<b>Gehalt KCl im Roh- salz, %</b>	<b>Masse % Kon- zentrat</b>	<b>KCl-Ausbringen ins Konzentrat, %</b>	<b>Gehalt KCl, %</b>	
				<b>Konzen-trat</b>	<b>Rück-stand</b>
2,5	28,8	31,0	92,0	85,8	3,3
5	28,8	30,6	91,6	85,6	3,4
7,5	28,7	30,7	90,9	85,1	3,7
10	28,6	30,8	90,7	85,0	3,9
15	28,5	30,7	89,6	84,2	4,3
20	28,6	30,6	89,1	83,1	4,4
25	28,5	30,5	88,5	82,9	4,7

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, hat ein Magnesiumchlorid-Gehalt von bis zu 5% in der Lauge keinen wesentlichen nachteiligen Einfluß auf die technologischen Parameter der sylvinitischen Flotation des Kalirohsalzes. Wenn der Magnesiumchlorid-Gehalt in der Mutterlauge mehr als 5% erreicht, sinkt der KCl-Gehalt im Konzentrat sowie auch die Ausbeute von KCl ab. Auf Grund der hohen Hydratationsenergie der Magnesiumionen besitzt das Magnesiumchlorid im Vergleich zu Kalium- und Natriumchlorid eine wesentlich höhere Löslichkeit. Demzufolge steigt die Konzentration von Chlorionen an und sie üben einen aussalzenden Effekt auf die Flotationsamine aus. Es ist bekannt, dass die Oberfläche des Kaliumchlorids eine negative Ladung aufweist. Aufgrund der Adsorption von gelösten Magnesiumkationen auf die Oberfläche der Sylvin-Kristalle ist eine Verstärkung der Hydratation vom Kaliumchlorid und eine Ladungsumkehr seiner Oberfläche zu beobachten, was die Fixierung des Flotationsamins auf der Sylvin-Oberfläche verschlechtert.

Wenn die Konzentration von  $\text{MgCl}_2$  in der Umlauflauge 8–10% erreicht hat, erfolgt eine Absenkung des Adsorptionsvermögens von Aminen an die Sylvin-Kristalle und somit eine Minderung ihrer Flotationsaktivität.

Gemäß einer Ausarbeitung [3] zeigt Tabelle 1 die Ergebnisse der Grundflotation des Rohsalzes aus der Starobinsk-Lagerstätte mit künstlich in die Flotations-suspension gegebenen definierten Magnesiumchlorid-Anteilen.

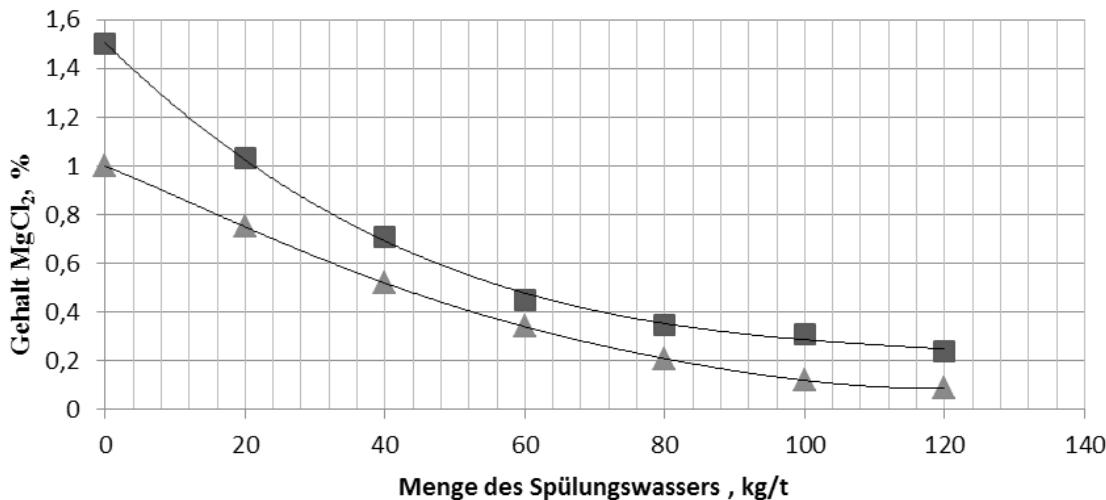
Die Einführung des gut wasserbindungsfähigen und maßgeblichen (im Vergleich zu  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  Ionen) bivalenten Magnesiumkations in die Lösung, mindert die Beweglichkeit der Wassermoleküle und erhöht die Lösungsviskosität, die 3,32 Pa·s bei einer  $\text{MgCl}_2$ -Konzentration 35,4% erreicht, was einem Aufsättigen der Lösung an Magnesiumchlorid bei 20 °C entspricht. Die Erhöhung der Lösungsviskosität verkompliziert auch die Entwässerung des Konzentrats und der Rückstände der Flotation.

Auf Grund der Ergebnisse von modellierten Filterprozessen des Flotationskonzentrats bei unterschiedlichen  $\text{MgCl}_2$ -Gehalten in der Mutterlauge wurde es festgestellt, dass die Suspensionsviskosität durch den Rückgang des Massenanteils von  $\text{MgCl}_2$  in der Flüssigphase des Konzentrats absinkt. Außerdem verringert sich der Einheitswiderstand des Filterkuchens während der Filtration. Die Untersuchungsdaten der Filtrationseigenschaften von Suspensionen sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2. – Die Forschungsergebnisse der Filtrationseigenschaften von Suspensionen mit unterschiedlichen  $\text{MgCl}_2$ -Gehalten in den Flüssigphasen

<b>Massenanteil <math>\text{MgCl}_2</math> in der Flüssigsphase, %</b>	<b>Filtrationszeit, s</b>	<b>Dynamische Viskosität des Filtrats, <math>\text{Pa}\cdot\text{s}\cdot 10^{-3}</math></b>	<b>Einheitswiderstand des Filterkuchens, <math>\text{m}^{-2}\cdot 10^{11}</math></b>
16,51	9,23	3,157	3,675
14,84	8,49	3,098	2,549
12,28	8,16	2,836	2,134
10,43	6,15	2,637	1,984
8,97	6,21	2,411	1,952
6,79	6,27	2,204	1,930

Die Abbildung 1 zeigt Forschungsergebnisse über die Spülung von Flotationskonzentraten mit einem Anfangsgehalt von  $MgCl_2$  von 1% und 1,5% auf einem Filter mit Reinwasser. Der Wasserverbrauch pro Spülung wurde anhand der Verringerung der  $MgCl_2$ -Konzentration bis zu akzeptablen Werten (weniger als 0,3%  $MgCl_2$ ) ausgewählt.



Die Abbildung 1– Die Änderung des  $MgCl_2$ -Gehalts im Konzentrat bei unterschiedlichen Mengen an Spülwasser pro Spülung

Der  $MgCl_2$ -Gehalt in Rohsalzen von mehreren Weltlagerstätten in Usbekistan, Turkmenistan, Russland, Thailand und im Einzelnen in der Petrikov-Lagerstätte der Republik Belarus beträgt 1,5% bis 5%. Mit der Erhöhung von Aufbereitungskapazitäten werden wirtschaftlich zu nutzende Haupthorizonte für den Aufbereitungsprozess berücksichtigt, die Außerbilanzhorizonte mit  $MgCl_2$ -Gehalten von bis zu 10% und mehr darstellen.

Neben Heißlöse- und Flotationsverfahren ist das elektrostatische Trennverfahren (ESTA) für die Aufbereitung von sylvinitischen Rohsalzen eine aussichtsreiche Verfahrensoption. Außerdem ist eine breite Anwendungsmöglichkeit der ESTA bei der Rohsalzverarbeitung in kombinierten Verfahrensvarianten gegeben.

Das ESTA-Verfahren [4] beruht auf der Trennung von Mineralen, die unterschiedliche triboelektrische Ladungen haben. Die Trennwirkung entsteht durch ein Hochspannungsfeld, das die zu trennenden Minerale passieren. Die elektrische Aufladung der Rohsalzpartikel entsteht durch Reibung der Partikel untereinander oder unter dem Einfluss von erhöhten Temperaturen. Um eine bestimmte Ladung (positiv oder negativ) auf der Oberfläche bestimmter Salzminerale auszubilden wird das Rohsalz vor der triboelektrischen Aufladung mit bestimmten Reagenzien konditioniert.

Durch das ESTA-Verfahren lässt sich bisher nur Kieserit in verkaufsfähiger Qualität als direktes Produkt

gewinnen. Das Kaliumchloridkonzentrat muss dagegen noch weiteren Verarbeitungsschritten unterzogen werden.

Prinzipiell ist es auch möglich durch das ESTA-Verfahren Kalirohsalze mit den Werkstoffkomponenten Sylvinit und Carnallit aufzubereiten. Insbesondere für die Aufbereitung von carnallithaltigen Rohsalzen mit hohem Gehalt an  $MgCl_2$  könnte dies von Interesse sein. Nach einer Abtrennung von Carnallit aus dem Salzgemisch dann der Sylvinit der weiteren Aufbereitung unterzogen werden.

Es ist bekannt, dass die Oberfläche des Kaliumchlorids wie auch die Oberfläche des Magnesiumchlorids eine negative Ladung aufweisen, was die Schwierigkeit der Trennung dieser Minerale durch das ESTA-Verfahren ausmacht. Für die Lösung dieses Problems sind 2 Richtungen denkbar: (1) Erforschung der technischen Verbesserung von bestehenden elektrostatischen Anlagen; (2) Einführung von neuen Konditionierungsmitteln zum Zweck der Variation der Ladungsintensität oder Ladungsvorzeichen von den Mineraloberflächen.

Als technische Lösungen der ESTA-Technologie gibt es zum jetzigen Zeitpunkt Freifallscheider [5], der auch zur Trennung von carnallithaltigen Kalirohsalzen dienen kann. Das Prinzip der Arbeit dieses Scheiders besteht darin, dass Carnallit und Sylvinit unterschiedliche Ladungsintensitäten zugewiesen bekommen. Da-

bei entsteht auf Carnallit-Kristallen eine größere negative Ladung als auf den sylvinhaltigen Partikeln. Beim Durchlauf der Rohsalzpartikel im elektrischen Hochspannungsfeld eines Freifallscheiders erfolgt zuerst die Abtrennung von Carnallit und danach die Abtrennung der Sylvin-Partikel.

Im Laufe der Jahre sind bei der Anwendung des ESTA-Verfahrens schon verschiedene Konzepte der Konditionierung von Kalirohsalzen mit Reagenzien durchgeführt worden.

In einer Ausarbeitung [6] wurden positive Forschungsergebnisse der ESTA-Aufbereitung von Sylvin aus einem Kalirohsalz mit Anfangsgehalt von 12% K<sub>2</sub>O beschrieben. Die Konditionierung des Aufbereitungsgutes erfolgte dabei mittels organischer Substanzen, die eine oder mehrere SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>Me- oder SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>Me-Gruppen und 6 und mehr C-Atome im Molekül enthalten.

Außerdem wurden in der Literatur Ergebnisse vorgestellt [7] welche die Anwendungsmöglichkeit von Carbonsäuren untersuchen die mindestens 3 C-Atomen der aliphatischen, cycloaliphatischen, aromatischen oder hydroaromatischen Reihe enthalten. Diese Stoffe haben beim ESTA-Verfahren als Konditionierungsmittel in der Aufbereitung von Kalirohsalzen mit verschiedenen Ansätzen gute Parameter gezeigt.

In einer weiteren Ausarbeitung [8] wurde das Verfahren der elektrostatischen Aufbereitung von Carnallit enthaltenden Rohsalzen in zwei Stufen verarbeitet. Dabei wurde bei einer Trenntemperatur gearbeitet, die in den Grenzen zwischen Raumtemperatur und Schmelztemperatur von Carnallit lag, vorzugsweise im Bereich von 30 °C bis 80 °C. In der ersten Stufe erfolgt

die Abtrennung der nichtkalihaltigen Bestandteile aus dem Rohsalz unter Verwendung von bestimmten Konditionierungsmitteln. In der zweiten Stufe wird die weitere Auf trennung des in der ersten Stufe erhaltenen carnallithaltigen Vorkonzentrates in eine sylvin- und eine carnallitreiche Fraktion unter Nachkonditionierung mit organischen Verbindungen in der Art von organischen Säueren durchgeführt.

Auf der Grundlage der vorgenommenen Experimente und analysierten Daten kann man eine negative Auswirkung von Magnesiumchlorid auf Flotationsaufbereitung eines sylvinitischen Kalirohsalzes hervorheben. Diese negative Wirkung besteht in der Unterdrückung der Reagenzwirkung, der Verlangsamung des Filtrationsprozesses und der Mengensteigerung von Spülungswasser während der Entwässerung des Flotationskonzentrats. Eine Lösung dieses Problems könnte die Verwendung von kombinierten Verfahren sein, die auf der elektrostatischen Trennung und Flotation basieren. Aber der unzureichende Untersuchungsstand des elektrostatischen Trennverfahrens, ein Mangel an Kenntnis über chemisch-physikalische Oberflächenerscheinungen, die bei der Konditionierung von Mineralien mit verschiedenen Reagenzien eine Rolle spielen, sowie ein Mangel an approbierten Verarbeitungstechnologien von magnesiumhaltigen sylvinitischen Rohsalzen erschweren die Übernahme und Anwendung solcher Verarbeitungskonzepte. Diesbezüglich gibt es die Notwendigkeit für die Durchführung von weiteren Forschungen im Bereich der Technologien für den komplexen Einsatz der sylvinit- carnallitischen Rohsalze auf Grundlage kombinierter Aufbereitungsverfahren.

#### Referenz:

1. Teterina, N. N. Tehnologija flotacionnogo obogashchenija kalijnyh rud [Tekst]/N. N. Teterina, R. H. Sabirov. – Perm': OGUP, – 2002 J. – 484 s.
2. Klassen V. I. Teoreticheskie osnovy i praktika flotacii kalijnyh solej/V. I. Klassen. – M. Nedra, – 1979. – 240 s.
3. Vlijanie hloridov magnija i kal'cija na flotaciju kalijnoj rudy starobinskogo mestorozhdenija/A. D. Markin, DK 622.765.06., – 2008. – 107–110 s.
4. Malaja gornaja jenciklopedija. pod redakciej. S. Beletsky. – Donetsk: Donbass, – 2004. – ISBN 966–7804–14–3.
5. Patentschrift 26 09 048 C2. Singewald, Amo und et al. – 1983. Bundesrepublik Deutschland.
6. Patentschrift 1 056 551. Dr.-Ing. Hans Autenrieth. Patentiert für: Kali-Forschungs-Anstalt G. m.b. H., Hannover. – 1957. Bundesrepublik Deutschland.
7. Patentschrift 1 076 593. Dr.-Ing. Hans Autenrieth. Patentiert für: Kali-Forschungs-Anstalt G. m.b. H., Hannover. – 1960. Bundesrepublik Deutschland.
8. Patentschrift 1 142 802. Dr.-Ing. Hans Autenrieth, Gerd Peuschel und et al. – 1961. Bundesrepublik Deutschland.

Isayev Hidayet Isa,  
Azerbaijan State of Oil and Industry University (ASOIU)  
Dr.Sci.Tech., professor of the Department «Power System»

Mamedov Ali Yolchu,  
Azerbaijan State of Oil and Industry University (ASOIU)  
Engineer (ASOIU)

Aliyeva Sanubar Khidir,  
Azerbaijan State of Oil and Industry University (ASOIU)  
Dissertator of the Department «Heat Engineering»  
E-mail: sanubar.aliyeva1967@gmail.com

## Heat dissipation when driving hydrocarbons in a vertical pipe in a supercritical pressures

**Abstract:** Explanation results of experimental studies of heat transfer in a supercritical hydrocarbon pressure. As a result of studies have established non-linear allocation  $t_c^*$  over the length of the channel and, depending on the  $q$ . Illustrated that in the area  $t_c^* \geq t_m$  communication between  $a$  and  $q$  can be represented by power dependence.

**Keywords:** critical pressure, heat emission, heat capacity, density, wall temperature, heat flux density, pseudo-critical.

Исаев Гидаят Иса оглы,  
Азербайджанского Государственного Университета  
Нефти и Промышленности (АГУНП)  
д.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика»

Мамедов Али Йолчу оглы,  
Азербайджанского Государственного Университета  
Нефти и Промышленности (АГУНП)  
инженер — АГУНП

Алиева Санубар Хыдыр кызы,  
Азербайджанского Государственного Университета  
Нефти и Промышленности (АГУНП)  
докторант, кафедры «Теплотехника»  
E-mail: sanubar.aliyeva1967@gmail.com

## Теплоотдача при движении углеводородов в вертикальной трубе в условиях сверхкритических давлений

**Аннотация:** Излагаются результаты экспериментальных исследований теплоотдачи в условиях сверхкритических давлений углеводородов. В результате исследований установлено нелинейное распределение  $t_c^*$  как по длине канала, так и в зависимости от  $q$ . Показано, что в области  $t_c^* \geq t_m$  связь между  $a$  и  $q$  может быть представлена в виде степенной зависимости.

**Ключевые слова:** критическое давление, теплоотдача, теплоемкость, плотность, температура стеки, плотность теплового потока, псевдокритическая.

**Введение.** Исследование конвективного теплообмена при сверхкритических давлениях (СКД) веществ

представляет собой задачу, актуальную для многих областей техники, включающих энергетическую, хи-

мическую, газовую и авиационную отрасли промышленности. Использование режимов с улучшенным теплообменом может позволить значительно сократить габариты теплоотдающих поверхностей или в несколько раз уменьшить скорость течения рабочей среды и соответственно потребную мощность насосов. Процесс улучшенного теплообмена чрезвычайно сложен, отличается неравномерной интенсивностью по длине охлаждаемых каналов и возникновением термоакустических автоколебаний (ТААК) давления. Эти его особенности пока трудно поддаются теоретическому расчету, вследствие чего внедрение в практику режимов с улучшенным теплообменом возможно только после проведения подробных исследований при различных условиях с различными теплоносителями. К числу последних можно отнести органические вещества, широко применяемые в различных отраслях промышленности. Специфика таких веществ обуславливает необходимость экспериментальной проверки возможностей применения для их расчета моделей и формул, полученных на воде, гелии, водороде в условиях СКД.

Таким образом, отмеченные обстоятельства подтверждают актуальность данной проблемы и требуют дальнейших исследований процессов конвективного теплообмена в условиях СКД.

Данная работа выполнена на кафедре «Теплоэнергетика» в соответствии с тематическим планом НИР АГУНП (государственной регистрации 0-111 Az 203 Г), планом важнейших НИР, координируемых АН по комплексной проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика».

В статье излагаются некоторые результаты исследований теплоотдачи этилбензола с учетом изменения направления течения жидкости в условиях СКД.

## Экспериментальная установка

Теплоотдача и температурный режим оттенок труб исследовались на экспериментальной установке, представляющий собой всех разомкнутый циркуляционной контур, изготовленный из нержавеющей стали. Подробное описание установки и методика проведения опытов даны в [1]. Основной элемент установки — экспериментальная труба, изготовленная из нержавеющей стали марки 12Х18 Н10 Т или

Таблица 1. – Расчет  $t_m$

0Х 18 Н10 Т, длина и диаметр которых выбирались по условиям проводимых исследований.

Максимальная относительная погрешность при определении коэффициента теплоотдачи составляла  $\pm 19\%$ , средне квадратичная  $\pm 14\%$ .

## **Основания выбора теплоносителя**

Выбор этилбензола в качестве модельной жидкости связана с тем, что во-первых — это вещество обладает низким критическим давлением ( $P_{kp} = 3,7195$  МПа) который позволяет проводить эксперименты в широком интервале изменения давления, во-вторых — теплофизические свойства её в широком интервале изменения давления и температур достаточно хорошо изучены в проблемной лаборатории «Теплофизика углеводородов» АГ УНП.

Характер изменения теплофизических свойств этилбензола ( $\lambda$ ,  $c_p$ ,  $\rho$ ,  $\mu$ ,  $p_v$ ) в зависимости от температуры при  $P=5,0\text{ МПа}$  иллюстрирован на рис 1. Отметим, что все указанные теплофизические свойства определены с высокой степенью точности методом пьезометра постоянного объема ( $\rho$ ), нагретой нити ( $\lambda$ ), капиллярного вискозиметра ( $\mu$ ) диабатического циркуляционного калометра ( $c_p$ ). Наличие данных по  $\lambda$ ,  $c_p$  и  $\mu$  позволило рассчитать значения критерия Прандтля при различных давлениях и температурах.

Из рисунка видно, что при определенном значении температуры жидкости все теплофизические свойства существенно изменяются, а теплоемкость жидкости достигает своего максимального значения.

Эта температура принято называть псевдокритической, т.е. это температура соответствует максимальному значению изобарной теплоемкости при сверхкритическом давлении и обозначается она  $t_m \cdot B|2|$ . Разработан расчетная формула для определения указанной температуры в виде

$$t_m = \frac{(\pi + B)}{\pi + C} \quad (1)$$

где для этилбензола  $A=689,01 \cdot 10^0$ ;  $B=113,320 \cdot 10^{-2}$ ;  
 $C=324,487 \cdot 10^{-2}$  и  $\pi = \frac{P}{P_{kp}}$ .

Результаты расчётов  $t_m$  приведены ниже в таблице и иллюстрированы на рис. 2. в виде зависимости.

4,0	P, M <sub>Pa</sub>
352,23	$t_{m'}$ °C
4,5	P, M <sub>Pa</sub>
362,20	$t_{m'}$ °C
5,0	P, M <sub>Pa</sub>
362,20	$t_{m'}$ °C
5,0	P, M <sub>Pa</sub>
371,96	$t_{m'}$ °C
5,5	P, M <sub>Pa</sub>
381,00	$t_{m'}$ °C
6,0	P, M <sub>Pa</sub>
389,75	$t_{m'}$ °C
6,5	P, M <sub>Pa</sub>
397,50	$t_{m'}$ °C
7,0	P, M <sub>Pa</sub>
405,20	$t_{m'}$ °C
7,5	P, M <sub>Pa</sub>
412,47	$t_{m'}$ °C
8,0	P, M <sub>Pa</sub>
419,36	$t_{m'}$ °C
8,5	P, M <sub>Pa</sub>
425,91	$t_{m'}$ °C
9,0	P, M <sub>Pa</sub>
432,28	$t_{m'}$ °C

**Обсуждение результатов исследований.** В указанной выше экспериментальной установке опыты проводились в стационарном тепловом режиме в следующих интервалах изменения режимных параметров процесса:

$$P = (1,075 \dots 2,016) P_{kp}; \quad t_{\infty} = (0,028 \dots 0,638) t_{kp};$$

$$t_c^{\circ} = (0,086 \dots 1,588) t_{kp}; \quad R_{e_{\infty,d}} = (1 \dots 8) \cdot 10^4;$$

$$q = (0,49 \dots 7,00) \cdot 10^6 \frac{Bt}{M^2}$$

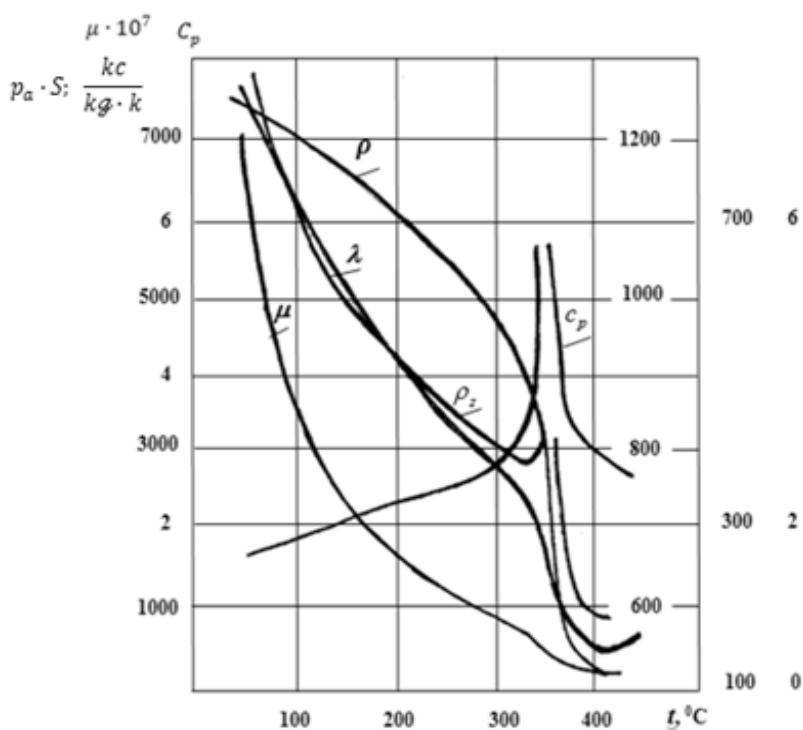


Рис. 1. Характер изменения теплофизических свойств этилбензола в зависимости от температуры при  $P=5,0$  МПа

Полученные результаты обрабатывались по общепринятым методикам и строились графические зави-

симости характеризующие интенсивность теплоотдачи и температурный режим стенок труб.

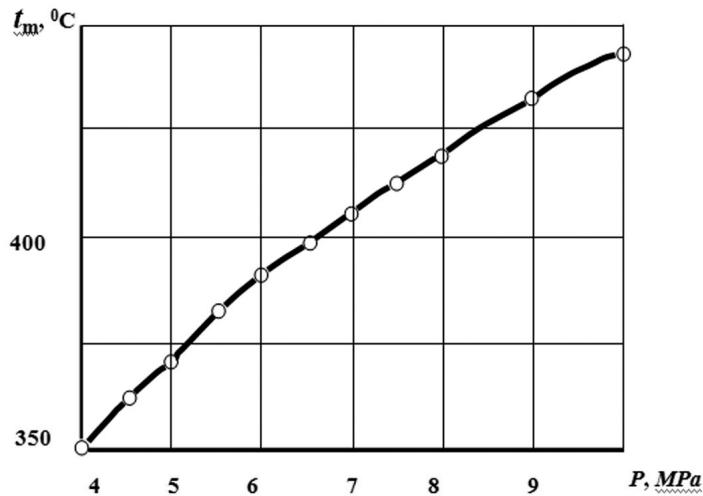


Рис. 2. Зависимость  $t_m = f(P)$  для этилбензола

Известно, что для теплового расчета и надежной оценки температурного режима охлаждаемой поверхности стенок труб высокофорсированных теплоэнергетических оборудования весьма важным является экспериментальное определение закона распределения температуры поверхности стенки трубы. На ос-

новании полученных результатов выдача окончательных расчетных рекомендаций для определения местных коэффициентов теплоотдачи. В этой связи сначала рассмотрим распределение температуры стенки вдоль вертикальной трубы и на рис. 3. представлен график распределения температуры жидкости (а)

и температуры охлаждаемой поверхности вдоль вертикальной трубы (в). Из рисунка видно, что при  $t_c^* < t_m$  характер изменения температуры охлаждае-

мой поверхности стенки трубы такой же как при обычном конвективном теплообмене до критической области состояния вещества (кривая 1 на рис. 3, в).

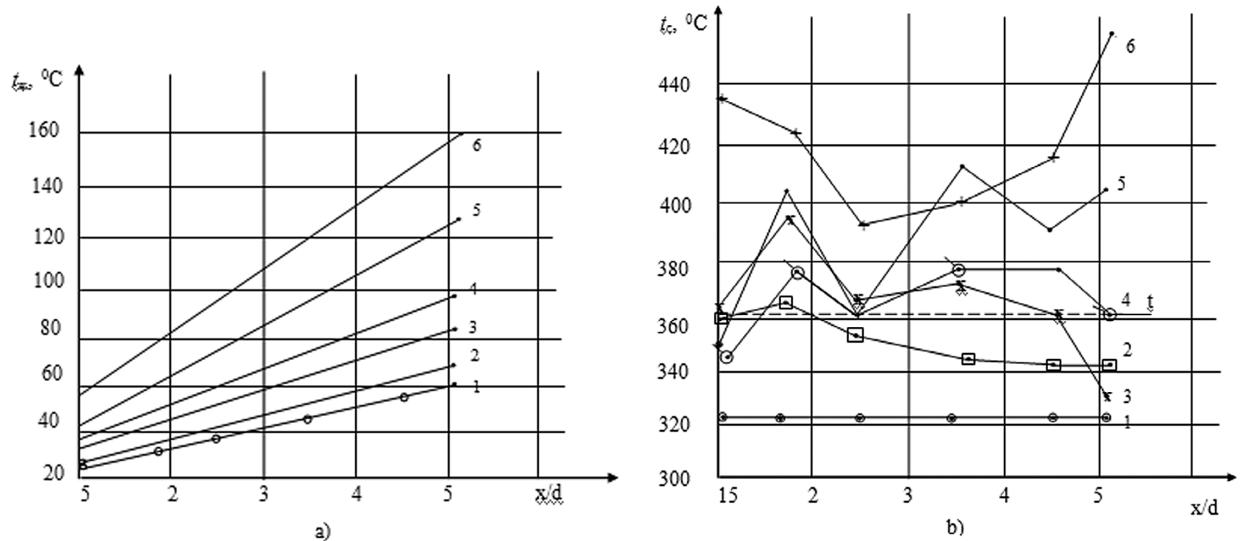


Рис. 3. Зависимости  $t_w = f\left(\frac{x}{d}\right)$  (а) и  $t_c^* = f\left(\frac{x}{d}\right)$  (в) для подъемного движения этилбензола при  $P=4,5$  МПа,  $t_{w_0}^{*x} = 12^\circ\text{C}$  и  $\rho\omega = 3600 \frac{\kappa\omega}{M^2 \cdot c}$  и  $\frac{x}{d} \approx 40$ .

$$1 - 2,057; 2 - 2,354; 3 - 2,830; 4 - 3,537; 5 - 4,825 \cdot 10^6 \frac{Bt}{m^2}$$

При постоянных режимных параметрах с увеличением плотности теплового потока температура охлаждаемой поверхности стенки трубы достигает псевдокритической температуры исследуемой жидкости. При этом характер распределения температуры стенки, несколько изменяется и в начальной части трубы образуется слабо выраженный максимум (кривая 2). При больших значениях плотности теплового потока температура стенки по всей длине трубы превышает псевдокритическую температуру исследуемой жидкости и характер распределения её по длине трубы вновь изменяется и каждому значению плотности теплового потока соответствует свое распределение  $t_c^*$  (кривые 3–6), который трудно поддается физическому объяснению. Отметим, что немонотонное распределения температуры стенки вдоль вертикальной трубы также наблюдается при опускном движении этилбензола сверхкритических давлений.

На рис. 4 изображены графики зависимости  $t_w = f(q)$  и  $t_c^* = f(q)$  для подъемного и опускного движения этилбензола сверхкритических давлений. Указанные зависимости построены по данным полученной в сечении  $\frac{x}{d} \approx 40$  от входа трубы при  $t_c^* = 12^\circ\text{C}$ ,  $P=4,5$  МПа и  $\rho\omega = 3600 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{с}$ . Из рисунка видно, что зависимости  $t_c^* = f(q)$  как для подъемного так и для опускного движения имеет идентичный и довольно

сложный характер изменения. Сначала с повышением плотности теплового потока  $t_c^*$  увеличивается по прямолинейному закону (участок АБ). В точке Б  $t_c^*$  достигает псевдокритической температуры исследуемой жидкости ( $t_m = 362,20^\circ\text{C}$ ). При этом в трубе появляется периодический звук и теплоотдача сопровождается колебаниями давления жидкости и температуры стенки. Начиная с этого момента ход температурной кривой изменяется и образуется горизонтальная площадка БВ ( $t_c^* \approx t_m = \text{const}$ ) т. е. наступает первично улучшенный режим теплоотдачи. По мере повышения плотности теплового потока периодический звук переходит к пронзительному свисту. В конце участка БВ увеличение плотности теплового потока приводит к возрастанию  $t_c^*$ , в результате которых образуется участок ВГ — относительно ухудшенный режим теплоотдачи. В точке Г обнаружены прекращение свиста и спад температуры стенки — вторично улучшенный режим теплоотдачи. Отметим, что подобный характер измерения  $t_c^*$  в зависимости от  $q$  ранее наблюдался в опытах с другими органическими теплоносителями [1; 3; 4].

Полагаем, что наступление первично улучшенного и относительно ухудшенного режимов теплоотдачи связано существенным изменением теплофизических параметров жидкости в пристеночном слое.

Вторичное интенсификации процесса теплоотдачи по видимому есть результат совместных действий различных взаимосвязанных факторов в том числе, изменением амплитудно-частотных характеристик

процесса; разложением исследуемой жидкости в околостеночном слое и влиянием свободной конвекции на теплообмен, что требует дальнейших исследований и уточнений.

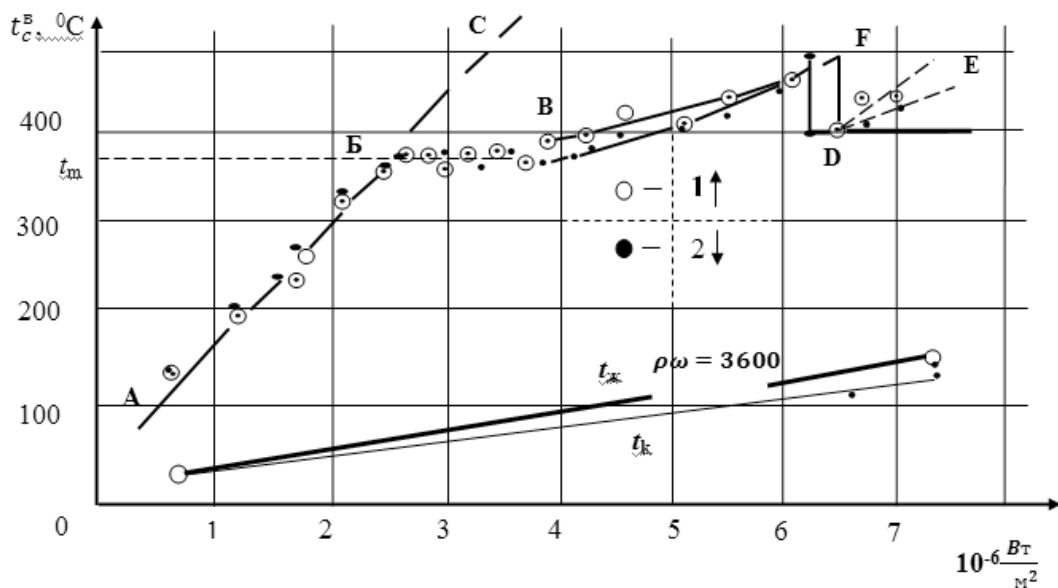


Рис. 4. Графики зависимости  $t_{\infty} = f(q)$  и  $t_c^B = f(q)$  для подъемного (1) и опускного (2) движения этилбензола при  $p=4,5 \text{ МПа}$ ,  $t_{\infty}^{B_x} = 12^\circ\text{C}$ ,  $\rho\omega = 3600 \frac{\text{kg}}{\text{M}^2 \cdot \text{c}}$  и  $\frac{x}{d} \approx 40$

На рис. 5 в логарифмических координатах изображены график зависимости  $\alpha = f(q)$  для подъемного и опускного движения этилбензола. Из рисунка видно, что в области  $t_c^B \geq t_m$  с увеличением плотности теплового потока коэффициент теплоотдачи растет по линейному закону. В этой области связь между  $\alpha$

и  $q$  может быть представлена в виде следующей степенной зависимости

$$\alpha = cq^n \quad (2)$$

Здесь  $n$  является  $\tg \phi$  угла наклона этой прямой т. е.  $n = \tg \phi = 1,08$  и  $c=0,001$ , который должен удовлетворить любой точке указанной прямой.

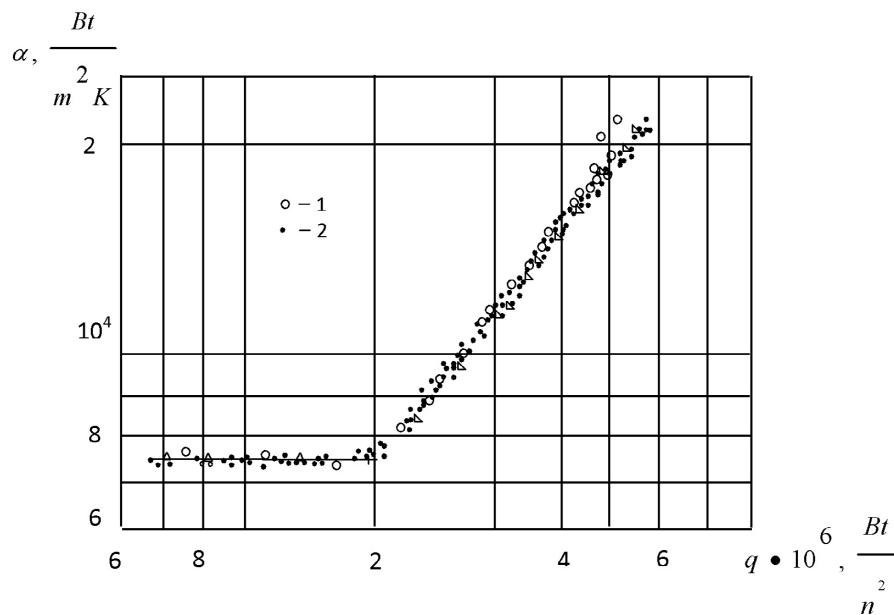


Рис. 5. Зависимость  $\alpha = f(q)$  для подъемного (1) и опускного (2) движения этилбензола в логарифмических координатах

Некоторые результаты расчетных и экспериментальных значений теплоотдачи для подъемного

и опускного движения этилбензола приведены ниже в таблице 2.

Таблица 2. – Расчетное и экспериментальное значения коэффициента теплоотдачи

Подъемное движение				Опускное движение			
$q \cdot 10^{-6}, \frac{Bt}{M^2}$	$\alpha^P, \frac{Bt}{M^2 \cdot k}$	$\alpha^S, \frac{Bt}{M^2 \cdot k}$	Откл. в%	$q \cdot 10^{-6}, \frac{Bt}{M^2}$	$\alpha^P, \frac{Bt}{M^2 \cdot k}$	$\alpha^S, \frac{Bt}{M^2 \cdot k}$	Откл. в%
1	2	3	4	1	2	3	4
2,697	8817	8630	2,1	2,631	2647	8640	0,1
2,893	9511	9390	1,2	2,822	9259	9210	0,5
3,112	10291	9890	3,8	3,024	9977	9950	0,2
3,325	11054	10690	3,2	3,237	10738	10650	0,8
3,587	11998	11660	2,8	3,466	11562	11230	2,8
3,782	12704	12210	3,8	3,722	12486	13230	5,6
4,106	13883	13290	4,2	4,086	13810	13460	2,5
4,472	15224	13950	8,3	4,435	15088	14320	5,0
4,825	16526	15050	8,9	4,809	16467	15140	8,0
5,207	17944	16980	5,3	5,186	17865	16140	9,6
5,634	19538	18530	5,1	5,300	18290	16930	7,9
6,509	22835	23220	1,6				
6,769	23821	23090	3,1				

Из таблицы видно, что максимальное отклонения между экспериментальными и расчетными значениями коэффициента теплоотдачи не превышает 10%.

Таким образом, в результате проводимых исследований установлено крайне немонотонное изменение температуры внутренней стенки как по длине канала, так и в зависимости от плотности теплового потока. Показана возможность представления связи между коэффициентом теплоотдачи и плотности теплового

потока в области  $t_c^* \geq t_m$  в виде степенной зависимости  $\alpha = c \cdot q^n$

#### Обозначения

$P$  – давление, МПа;  $P_{kp}$  – критическое давление, МПа;  $t_c^*$  – температура внутренней поверхности стеклянной трубы,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\infty}$  – температура жидкости,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho \omega$  – массовая скорость кг,  $M^2 \cdot s$ ;  $t_m$  – псевдокритическая температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $q$  – плотность теплового потока,  $\frac{Bt}{M^2}$ .

#### Список литературы:

1. Ахундов Т. С. Исследование теплофизических свойств углеводородов ароматического ряда. Диссер.док. техн.наук. – Баку, – 1974.
2. Исаев Г. И. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении н-гентана и около критическом давлении жидкости. Пром. теплотехника, – 1981, т-3, – № 4, С. 33–37.
3. Исаев Г. И. Теплоотдача органических теплоносителей при сверхкритических давлениях. Диссер. док. техн. наук. – Ашхабад, – 1991.
4. Кафенгауз Н. Л., Федоров М. И. О взаимосвязи температуры охлаждаемой поверхности и частоты автоколебаний давления при теплообмене с турбулентным потоком жидкости. – ИФЖ, – 1968, т. 15, – № 3, С. 455–458.

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-59-62>

Karimov Tashmuhamed Halmuhamedovich,  
Kyrgyz State University of Construction,  
Transport and architecture? Bishkek c., Kyrgyzstan  
Director of Institute of Ecology and Energy saving, c. t.s, prof.  
E-mail: tashmukhamied@mail.ru

## Storage of water resources of Kyrgyz Republic and their use

**Abstract:** This article analyzes the water resources of the Kyrgyz Republic. Given data on glaciers and contamination of surface water and groundwater. We examine the sources of pollution of major rivers such

as the Naryn, Chu. Tup, Jyrgalan etc. Given the degree of mineralization of the major rivers of the Kyrgyz Republic. Indicated contamination of freshwater supplies fertilizers and pesticides. The government should take strict control of water resources and their protection from pollution.

**Keywords:** water resources, glaciers, pollution, river, salinity, freshwater, fertilizers, pesticides, control.

Каримов Таимухамед Халмухамедович,  
Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры  
имени Н. Исanova, г. Бишкек, Кыргызстан  
Директор института экологии  
и энергосбережения, к. т.н., и.о проф.  
E-mail: tashmukhamied@mail.ru

## Запасы водных ресурсов Кыргызской Республики и их использование

**Аннотация:** В данной статье приведен анализ водных ресурсов Кыргызской Республики. Даны данные о ледниках и загрязнениях поверхностных и подземных вод. Рассмотрены источники загрязнения крупных рек таких как Нарын, Чу. Тюп, Жыргалан и т. д. Приведен степень минерализации крупных рек Кыргызской Республики. Обозначены загрязнения запасов пресной воды удобрениями и пестицидами. Государству необходимо взять под жесткий контроль использования водных ресурсов и их защиту от загрязнения.

**Ключевые слова:** водных ресурсы, ледники, загрязнения, реки, минерализация, запасы пресной воды, удобрения, пестициды, контроль.

Запасы водных ресурсов каждой страны являются одним из наиболее важных и, вместе с тем, уязвимых компонентов природной среды. От рационального использования ресурсов, сохранения их качества зависит благополучие и устойчивое развитие экономики.

По сравнению с нашими ближайшими соседями (Узбекистан, Таджикистан, Казахстан) Кыргызская Республика располагает значительными запасами водных ресурсов: около 50 млрд. м<sup>3</sup> год поверхности речного стока, 13 млрд. м<sup>3</sup> год потенциальных запасов подземных вод, 1745 млрд. м<sup>3</sup> год озерной воды.

В настоящее время свои водные ресурсы Кыргызская Республика использует только на 12–17%, из которых 90% расходует на оросительные цели.

Значительная часть забираемых вод теряется при использовании, из-за плохого технического состояния ирригационных и водораспределительных систем, износа оборудования, отсутствия водосберегающих технологий и бессточных систем водоснабжения.

В последние годы в связи с глобальными процессами изменения климата возросла угроза сокращения ледников. В перспективе к 2025 году, площади оледенения в нашей стране могут сократиться в среднем на 30–40%, что приведет к уменьшению водности на 2,25–35%.

Наибольшую тревогу вызывает экологическое состояние поверхностных и подземных вод Чуйской долины и промышленных районов Южного региона. Это связано, с тем, что значительная часть малых городов и районных центров республики не имеет централизованных канализационных систем и очистных сооружений. К локальному загрязнению открытых водоемов приводит увеличение сброса загрязняющих веществ, недостаточное внимание способам хранения, обработки, утилизации промышленных и бытовых отходов, низкая культура сельскохозяйственного производства.

Практически все предприятия животноводства не имеют систем сбора, хранения и утилизации стоков. Неочищенные навозосодержащие стоки отходов животноводства стали одним из наиболее опасных источников загрязнения водных экосистем.

В открытые водоемы и водотоки без очистки сбрасывается все увеличивающийся объем опасно загрязненных сточных вод, содержащих нитраты, хлориды, хром, нефть и нефтепродукты, соли тяжелых металлов. Наиболее подвержены загрязнению в своих средних и нижних течениях бассейны рек Чу, Сыр-Дарья, Кара-Дарья, Джергалиан, Тюп и ряд других.

Рассмотрим источники загрязнения и степень минерализации реки Чу и Нижне -Ала-Арчинского водохранилища.

Если проанализируем гидрохимический режим бассейна реки Чу, то минерализация воды в нем колеблется в зависимости от гидрологического режима (175–436 мг/л), увеличение минерализации наблюдается вниз по течению и наибольших значений достигает в створе пос. Нижне-Чуйский. Минерализация воды в Нижне-Ала-Арчинском водохранилище составляет 215–289 мг/л. Кислородный режим удовлетворительный. Содержание кислорода было в пределах 8,75–11,4 мг О<sub>2</sub>/л, процент насыщения кислородом составил 86–129%.

Основные источники загрязнения расположены в среднем и нижнем течении реки Чу, у села Васильевка, где в реку поступают сточные воды городской канализации. Здесь отмечается увеличение концентрации вредных и ядовитых веществ (азота нитратного, азота аммонийного, небольшое содержание фосфора). В результате самоочищения воды у пос. Нижне-Чуйский концентрация загрязняющих веществ снижается.

Что касается притоков реки Чу, то в р. Кичи-Кемин, Чон-Кемин минерализация незначительна, в верховьях р. Ала-Арча и Аламедин — 80–91 мг/л., в р. Ак-Суу — 481–756 мг/л, в р. Ноуруз и Красная — 6,0 моль/л. Так же в этих реках наблюдается повышенное содержание загрязняющих веществ.

По химическому составу вода притоков р. Чу, кроме р. Ак-Суу, относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция; вода р. Ак-Суу относится к сульфатному классу.

Проблеме сохранности в чистоте подземных вод в настоящее время не уделяется должного внимания. Это объясняется тем, что представители власти и широкая общественность не имеют достаточно точного представления о них.

Подземные воды по своему общему объему (654 км<sup>3</sup> в 200–300-метровой толще четвертичного водоносного комплекса и возобновляемые ресурсы—380 м<sup>3</sup>/с) уступают ресурсам поверхностных вод, сосредоточенных в реках, озерах и водохранилищах. Но у подземных вод есть преимущество, которое полностью компенсирует относительно малый объем. Оно выражается в том, что они получили практически повсеместное распространение в пределах межгорных впадин, имеют высокое качество и независимость от сезонных климатических изменений и сопутствующих им явлений. В пределах всех равнин Кыргызстана на всей их площади распространены естественные подземные «озера», в основном, с чистой пресной водой.

Прогнозные возобновляемые ресурсы подземных вод Чуйской впадины составляют 71 м<sup>3</sup>/с., суммарные

утверженные запасы — 66,5 м<sup>3</sup>/с.; в Иссык-Кульском бассейне оцениваются в размере 67 м<sup>3</sup>/с., запасы подземных вод по месторождениям оцениваются в 23,3 м<sup>3</sup>/с.; в Кочкорской впадине составляют 18 м<sup>3</sup>/с, утвержденные запасы Шамсинского месторождения оценены в 0,32 м<sup>3</sup>/с.; в Таласской впадине — 26 м<sup>3</sup>/с, утвержденные запасы по месторождениям оценены в 3,46 м<sup>3</sup>/с.; в Нарынской впадине — 4 м<sup>3</sup>/с, утвержденные запасы Кугартского месторождения подземных вод составляют 0,05 м<sup>3</sup>/с.; на юге страны возобновляемые ресурсы подземных вод составляют 52 м<sup>3</sup>/с., суммарные утвержденные запасы — 30,14 м<sup>3</sup>/с.

Преимущество подземных вод заключается в том, что они имеют меньше выраженную степень загрязнения. Конечно, капитальные затраты на добычу подземных вод велики, но при надлежащем обслуживании скважин, насосного оборудования, мы получим стабильный источник качественной воды.

Надо отметить что, в целом по республике, в крупных населенных пунктах, где сконцентрированы промышленные предприятия, подземные воды загрязнены в большей степени, так как их стоки, просачиваясь сквозь толщу земли, увеличивают площадь загрязненных очагов.

Тревогу вызывает состояние подземных вод Орто-Алышского месторождения, обеспечивающего питьевой водой 60% столицы (зафиксированы нитраты), аналогичная ситуация — в г. Кара-Балта, Ош-Карасуйском оазисе, Кугартской долине, Тахтекской, Баткенской впадинах, Туе-Моюнской равнине, где, кроме нитратов, обнаруживаются нефтепродукты и ядохимикаты.

Загрязнение подземных вод восточной части Чуйской впадины, связано с прошлой деятельностью Актюзского рудника и Орловского химико-металлургического завода. Несмотря на прекращение деятельности предприятий, антропогенное загрязнение сохраняется, за счет фильтрации из хвостохранилища «Буурдинское» в долине реки Беркут.

Природное загрязнение подземных вод в Чуйской впадине так же связано с выщелачиванием соленосных пород палеоген-неогена с образованием повышенных концентраций сульфатов, хлоридов в районе сел Беловодское, Нижняя Серавимовка.

В пределах Иссык-Кульской впадины природное загрязнение представлено высоким содержанием фтора в подземных водах до 28 мг/л (ПДК — 1,5 мг/л) и повышенной минерализацией грунтовых вод до 10 г/л в районе Сухого хребта на востоке впадины. Повышенная минерализация до 5 г/л и суль-

фатный состав обнаружены на отдельных участках вблизи берега озера (Тамга-Боконбаевское, в районе устья рек Чок-Тал, Тору-Айгыр, Ак-Олон); в междуречье Ак-Терек-Туура-Суу зафиксирован хлоридный состав подземных вод при минерализации 1–3 г/л.

В Нарынской, Ат-Башинской впадинах на территории населенных пунктов качество подземных вод соответствует нормам питьевого водоснабжения, но при этом наблюдается увеличение минерализации, содержания нитратов и общей жидкости.

По Ошской области содержание нитратов остается на уровне 1999–2000 годов. Основной причиной остается инфильтрация бытовых стоков из различных неизолированных отстойников. Степень загрязнения тем больше, чем меньше глубина залегания уровня подземных вод.

В районах орошающего земледелия юга республики, также как и в северных районах при неглубоком залегании уровня подземных грунтовых вод и неэффективной работе дренажных систем широко развит процесс засоления грунтовых вод и грунтов. В целом по республике засолению подвержено порядка 40% сельскохозяйственных земель.

Уровень залегания подземных вод различна в разных частях долин, как правило, она велика в предгорьях. В пределах практически всех впадин Киргизстана — Чуйской, Иссык-Кульской, Кочкорской, Таласской, Ферганской — наблюдается подтопление населенных пунктов подземными водами в районах неглубокого до 1–2 м. залегания уровня подземных вод.

Процесс заболачивания зафиксирован в таких населенных пунктах как:

- Джалаал-Абадская область: Сузакский район — с. Арал, Сузак; Аксыйский район — с. Коргон, Авлетим.
- Ошская область: Араванский район — с. Гульбахор, Кереак, Тээке; Карасуйский район — с. Таширов; Ноокатский район — с. Бель-Орук; Узгенский район — с. Жиланды; г. Ош.
- Иссык-Кульская область: Тонский район: г. Балыкчи, с. Ак-Олон; Джети-Огузский район — с. Шалва, Ак-Джар; Тюпский район — с. Тюп.

– Нарынская область: Джумгальский район — с. Кызарт, Кыргын, Чаек; Кочкорский район — с. Усубалиева; Акталинский район — с. Баетово.

– Таласская область: Манасский район — с. Манас; Кара-Буринский район — с. Аманбаево, Чолпонбая, Жийде; Бакай-Атинский район — с. Бакай-Ата, Орловка, Кыргызстан; Таласский район — г. Талас, с. Кок-Ой, Арал, Кепре-Базар, Кара-Суу.

– Чуйская область: Чуйский район — г. Чуй-Токмок; Иссык-Атинский район — с. Ивановка, Красная речка; Кантский район — г. Кант, с. Минлянфан, Алга; Сокулукский район — с. Джанги-Пахта, Камышановка, Сокулук, Спартак, Сретенка; Джалильский район — г. Кара-Балта, с. Чаловка, Степное; Панфиловский район — с. Каинды.

Причиной подтопления, на фоне многолетних природных колебаний уровня подземных вод и нерационального использования поливных вод, является, главным образом, плохое состояние дренажных систем.

Свою лепту в загрязнение подземных вод вносит фильтрация с полей при орошении за счет растворения удобрений и пестицидов, особенно в условиях неглубокого, в пределах первых метров, залегания уровня подземных вод.

С момента обретения Киргизстаном независимости в водной политике не произошло улучшений, так как основные негативные факторы продолжают действовать. Государству необходимо взять под контроль бурение новых водозаборных скважин, технологии их оборудования и режим эксплуатации. Отсутствие мониторинга может привести к ухудшению качества подземных вод, привести к усилению процесса загрязнения и истощения.

Государственный контроль за важнейшим стратегическим ресурсом — водой, становится особенно актуальным в связи с нарастающей в последние годы тенденцией к иссушению и опустыниванию в Центрально-Азиатском регионе. Для этого необходимо создать территории, в пределах которых будет действовать жесткий режим охраны подземных вод.

#### **Список литературы:**

1. Абылгазиев Б. Водные ресурсы Киргизии и их охрана. – Фрунзе: – Киргизстан, – 1975. – 107 с.
2. Водный баланс водохранилищ Киргизии. – Фрунзе: – Киргизгидромет, – 1985–1991 гг.
3. Гидрохимический бюллетень: материалы наблюдений за загрязненностью поверхностных вод. – Фрунзе: – Киргизгидромет, – 1990–2000 гг.
4. Отчет Национального института стратегических исследований Киргизской Республики. – Бишкек – 2014 г. – 47 с.

Mamedov Shakir Ahmad, PhD,  
*Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
 Department Test and seismic stability of construction,  
 Azerbaijan, Baku,  
 E-mail: shakir-mamedov@rambler.ru*

Hasanova Tukezban Jafar, PhD,  
*Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
 Department Test and seismic stability of construction,  
 Azerbaijan, Baku,  
 E-mail: atika2014@rambler.ru*

Imamalieva Jamila Nusrat, PhD,  
*Azerbaijan University of Architecture and Construction,  
 Department Test and seismic stability of construction,  
 Azerbaijan, Baku,  
 E-mail: ncamil@rambler.ru*

## **Reserch of movement of the viscous elastic fixed vertically located cylinder in liquid with the free surface under the influence of the seismic waves**

**Abstract:** The problem about movement of the rigid cylinder keeping vertical position under the influence of running superficial waves in a liquid is considered. The indignation of a falling wave caused by presence of the cylinder which moves is thus considered. Special decomposition on a falling harmonious wave is used. The problem dares an operational method. For a finding of the original the decision, considering that the image denominator represents tabular function, Voltaire's integrated equation of the first sort which dares a numerical method is used.

Cylinder movement in the continuous environment under the influence of waves is considered in work [1]. Problems are solved by an operational method, thus originals of required functions are looked for by numerical definition of poles of combinations of transcendental functions and calculation of not own integrals.

Using specificity of a task below, decisions are under construction the numerical solution of the integrated equation of Volter of the first sort that doesn't create computing problems of the complex roots of transcendental functions [2; 3] connected with search.

**Keywords:** cylinder, liquid, wave, movement, surface.

### **1. Problem definition**

It is supposed that the rigid circular cylinder located in liquids with a free surface towers over a surface of liquid and can move in the horizontal direction. Movement of liquids it is considered from the point of view of the theory of long waves [4].

The equation of movement of the cylinder looks like

$$m \frac{d^2}{dt^2} = P - \frac{d\zeta}{dt}, \quad (1)$$

where m — the mass of the cylinder,  $\zeta$  — horizontal movement, P — effort on the cylinder from liquid.

Pressure of liquid upon the cylinder [4] is equal in a common ground

$$p_* = \rho g (\zeta - z) \quad (2)$$

where  $\rho$  — density of liquid, g — acceleration of a free fall,  $\zeta$  — a deviation of a surface of liquid from initial situation, z — depth.

The equation of movement of liquid looks like

$$a^2 \Delta \zeta = \frac{d^2 \zeta}{dt^2} \quad (3)$$

where h — liquid depth,  $\Delta$  — Laplace's operator.

Force having per unit length of a core is equal

$$q = -r_0 \int_0^{2\pi} p \cos \theta d\theta \quad (4)$$

where  $\theta$  — a polar corner,  $r_0$  — cylinder radius. Having substituted pressure expression from (2) in (4) we will receive

$$q = -\rho_0 g r_0 \int_0^{2\pi} (\zeta - z) \cos \theta d\theta \quad (5)$$

Size can be presented in a look

$$\xi = \sum \xi_v \cos v \quad (v = 1, 2, \dots) \quad (6)$$

Having substituted (6) in (5), we will receive

$$q = -\rho g r_0 \zeta_1 \left( \int_0^{2\pi} \cos^2 \theta d\theta - z \int_0^{2\pi} \cos \theta d\theta \right);$$

$$\int_0^{2\pi} \cos \theta \cos v d\theta = 0 \quad \text{at } v \neq 1,$$

$$\text{or } q = -\rho g \zeta_1 \pi r_0 \quad (7)$$

Boundary condition is [4]

$$\frac{\partial \zeta}{\partial r} \Big|_{r=r_0} = -\frac{1}{g} \frac{\partial v_n}{\partial t} \quad (8)$$

where  $v_n$  — a projection of speed of liquid to a normal to a cylinder surface.

$$\begin{aligned} \zeta^p &= bH(t)(\sin kx \cos \omega t - \cos kx \sin \omega t) = \\ &= bH(t)\{2[J_1(kr) \cos \phi - J_3(kr) \cos 3\phi + J_5(kr) \cos 5\phi - \dots] \cos \omega t + \\ &\quad + [J_0(kr) - 2J_2(kr) \cos 2\phi + 2J_4(kr) \cos 4\phi - \dots] \sin \omega t\} \end{aligned} \quad (12)$$

where  $J_n$  — Bessel's function.

Having substituted (12) previously having

Considering (6), a condition (8) it is led to a look:

$$\frac{\partial \zeta_1}{\partial r} = -\frac{1}{g} \frac{\partial v_n}{\partial t} \quad (9)$$

$$v_n = v_x \cos \theta$$

$$\text{where } v_x \text{ — cylinder speed } \left(v_x \Big|_{r=r_0} = \frac{d\xi}{dt}\right)$$

Change of a surface of liquid consists of two parts: result of a falling harmonious wave and the indignation caused by presence of the cylinder which, thus, moves, i. e.

$$\zeta = \zeta^p + \zeta^* \quad (10)$$

$$\zeta^p = bH(t) \sin(kx - \omega t)$$

where  $k$  — wave number,  $\omega$  — frequency.

Indignation of a surface of liquid is defined by the wave equation (3) which decision in Laplace-Carson's images looks like:

$$\zeta^* = \sum_{i=0}^{\infty} D_i K_i \left( \frac{pr}{a} \right) \cos i\theta \quad (11)$$

where  $K_i$  — McDonald's function  $i$  — about.

Surface deviation on a harmonious wave considering that it is possible to present in a look:

$$\begin{aligned} kb \{ &2[J'_1(kr_0) \cos \phi - J'_3(kr_0) \cos 3\phi + J'_5(kr_0) \cos 5\phi - \dots] \frac{p^2}{p^2 + \omega^2} + \dots \\ &+ [J'_0(kr_0) - 2J'_2(kr) \cos 2\phi + 2J'_4(kr) \cos 4\phi - \dots] \frac{\omega p}{p^2 + \omega^2} \} + \\ &+ \frac{p}{a} \left[ D_0 K'_0 \left( \frac{pr_0}{a} \right) + D_1 K'_1 \left( \frac{pr_0}{a} \right) \cos \phi + D_2 K'_2 \left( \frac{pr_0}{a} \right) \cos 2\phi + \dots \right] = -\frac{p^2}{g} \bar{\xi} \cos \phi \end{aligned} \quad (13)$$

Equating coefficients at in (13) it is possible to write

(for):

$$-\frac{p^2}{g} \bar{\xi} = 2bk J'_1(kr_0) \frac{p^2}{p^2 + \omega^2} + \frac{p}{a} D_1 K'_1 \left( \frac{pr_0}{a} \right) \quad (14)$$

If cylinder length  $l_1$ , force  $P = ql$ . On the cylinder force of a wave dispersing from it, i. e. acts on length  $l$ :

$$\bar{P} = -\rho g \pi r_0 \cdot D_1 K_1 \left( \frac{pr_0}{a} \right) \cdot l \quad (15)$$

Having substituted (15) in the movement (1) equa-

tion in images, we will receive:

$$\bar{m} p^2 \bar{\xi} = -\rho g \pi r_0 D_1 k \left( \frac{pr_0}{a} \right) - c \bar{\xi} - \mu p \bar{\xi} \quad (16)$$

Having excluded from (14) and (16), we will receive:

$$\begin{aligned} -p^2 \rho \pi r_0 l K_1 \bar{\xi} + \frac{\bar{m}}{a} p^3 K_1 \bar{\xi} &= 2bk \rho g \pi r_0 l K_1 J'_1 \frac{p^2}{p^2 + \omega^2} - \\ &- \frac{c}{a} p K'_1 \bar{\xi} - \frac{\mu}{a} p^2 K'_1 \bar{\xi}, \end{aligned}$$

Whence:

$$\bar{\xi} = \frac{\rho K J'_1(Kr_0) K_1 \left( \frac{pr_0}{a} \right) \pi r_0 l}{\frac{c}{a} p K'_1 \left( \frac{pr_0}{a} \right) + \frac{\mu}{a} K' \left( \frac{pr_0}{a} \right) - \rho r_0 l K_1 \left( \frac{pr_0}{a} \right) + \frac{\bar{m}}{a} p K' \left( \frac{pr}{a} \right)} \cdot \frac{2bg}{p^2 + \omega^2} \quad (17)$$

Having increased numerator and a denominator in (17) by  $\exp(pr/a)$ , we will define the original of a denominator of the first factor:

$$z = \frac{cr_0}{2a^2} \left\{ (1+\theta) \operatorname{arch}(1+\theta) - \sqrt{(1+\theta)^2 - 1} + \frac{1}{3} \sqrt{[(1+\theta)^2 - 1]} \right\} - \rho \pi r_0 l \sqrt{(1+\theta)^2 - 1} - \frac{\mu}{2a} \left[ (1+\theta) \sqrt{(1+\theta)^2 - 1} + \operatorname{arch}(1+\theta) \right] - \frac{m}{r} \frac{(1+\theta)^2}{\sqrt{(1+\theta)^2 - 1}}; \quad \left( \theta = \frac{at}{r_0} - 1 \right) \quad (18)$$

Having entered designation  $\bar{S} = \frac{\exp\left(\frac{pr_0}{a}\right) K_1\left(\frac{pr_0}{a}\right)}{z(p)}$

According to Borel's theorem we have:

$$\frac{d}{dt} \int_0^t S(t-\tau) z(\tau) d\tau = \sqrt{\left(\frac{at}{r_0} + 1\right)^2 - 1}$$

$$\text{or } \int_1^\theta S(\theta - \tau) z(\tau) d\tau = Q, \quad (19)$$

where

$$Q = \frac{1}{2} \left[ (1+\theta) \sqrt{(1+\theta)^2 - 1} - \ln \left( 1+\theta + \sqrt{(1+\theta)^2 - 1} \right) \right]$$

For the solution of the integrated equation (19) area of integration breaks into n of small sites of  $\Delta\theta$  for the purpose of approximation of subintegral functions. Considering that on a piece  $0 < \theta \leq \Delta\theta$  the fractional member in (18) bike in comparison with the others, we have:

$$z \approx \frac{\beta}{\sqrt{2}}, \quad \left( \beta = \frac{m}{r_0} \right) \quad (20)$$

On the piece end

$$z|_{\theta=\Delta\theta} = z_1 \frac{\beta}{\sqrt{2\Delta\theta}} \quad (21)$$

From (20) and (21) follows

$$z = z_1 \sqrt{\frac{\Delta\theta}{\theta}} \quad (22)$$

Further we will define S by means of (9), from where considering that at z definition, the numerator and a denominator in (17) were increased by  $\exp(pr/a)$ , let's receive:

$$\bar{S}|_{\theta=0} \approx -\frac{ba}{r\beta p}$$

Or

$$\bar{S}|_{\theta=0} \approx -\frac{b}{\beta} \quad \text{T.k. } K_1\left(\frac{pr}{a}\right) \approx \sqrt{\frac{\pi a}{2pr_0}} e^{-\frac{pr_0}{a}}, \quad \frac{1}{\sqrt{\tau}} \rightarrow \sqrt{\pi p_1} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \int_{(n-1)\Delta\theta}^{n\Delta\theta} S(n\Delta\theta - \theta) z(\theta) d\theta &= S_1 \int_{(n-1)\Delta\theta}^{n\Delta\theta} \left( n - \frac{\theta}{\Delta\theta} \right) \left[ (z_n - z_{n-1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + nz_{n-1} - (n-1)z_n \right] d\theta = \\ &= S_1 \int_{(n-1)\Delta\theta}^{n\Delta\theta} \left\{ (z_n - z_{n-1}) \left( n - \frac{\theta}{\Delta\theta} \right) \frac{\theta}{\Delta\theta} + \left( n - \frac{\theta}{\Delta\theta} \right) \left[ nz_{n-1} - (n-1)z_n \right] \right\} d\theta = \\ &= S_1 \int_{(n-1)\Delta\theta}^{n\Delta\theta} \left\{ (z_n - z_{n-1}) n \frac{\theta}{\Delta\theta} - (z_n - z_{n-1}) \frac{\theta^2}{\Delta\theta} + n [nz_{n-1} - (n-1)z_n] - [nz_{n-1} - (n-1)z_n] \frac{\theta}{\Delta\theta} \right\} d\theta = \end{aligned} \quad (28)$$

$$z = \frac{\beta}{\sqrt{2\theta}}; \quad \bar{z} = \sqrt{\frac{\pi rp}{2a}}; \quad \bar{S} \cdot \bar{z} = \sqrt{\frac{\pi a}{2pr}}$$

From (23) and (26) follows:

$$S|_{\theta=0} \approx -\frac{b\beta}{2z^2} \quad (24)$$

On the piece end  $\theta_1 = \Delta\theta$  us (23)

$$S_1 = -\frac{b}{\beta} \Delta\theta \quad (25)$$

$$S_1 = -\frac{b}{\beta} \frac{(2+\beta)^2}{2z_1^2} \quad (26)$$

$$S_1 = \frac{2}{z_1^2}$$

For periods the integral in (20) is calculated by linear interpolation of functions S and z on each interval, except the first for z and the last for S.

Thus, on the first interval:

$$0 \leq \theta \leq \Delta\theta, \quad z = z_1 \sqrt{\frac{\Delta\theta}{\theta}}$$

$$S = (S_{n-1} - S_n) \frac{\theta}{\Delta\theta} + S_n$$

and therefore:

$$\begin{aligned} \int_0^{\Delta\theta} S(\Delta\theta - \theta) z(\theta) d\theta &= \\ &= z_1 \sqrt{\Delta\theta} \int_0^{\Delta\theta} \left[ (S_{n-1} - S_n) \frac{\theta}{\Delta\theta} + S_n \right] d\theta = \\ &= \frac{2}{3} z_1 \Delta\theta (2S_n + S_{n-1}) \end{aligned} \quad (27)$$

Respectively on a piece  $(n-1)\Delta\theta \leq \theta \leq n\Delta\theta$  will be

$$z = (z_n - z_{n-1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + nz_{n-1} - (n-1)z_n,$$

$$S = S_1 \left( n - \frac{\theta}{\Delta\theta} \right)$$

In this case:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{z_n - z_{n-1}}{\Delta\theta} n \frac{\theta^2}{2} - \frac{z_n - z_{n-1}}{\Delta\theta^2} \frac{\theta^3}{3} + [nz_{n-1} - (n-1)z_n]n\theta - \frac{nz_{n-1} - (n-1)z_n}{\Delta\theta} \frac{\theta^2}{2} = \\
 &= \left\{ \frac{1}{2}n(z_n - z_{n-1})(2n-1) - \frac{1}{3}(z_n - z_{n-1})(3n^2 - 3n + 1) + n[nz_{n-1} - (n-1)z_n] - \frac{1}{2}[nz_{n-1} - (n-1)z_n] \right\} \Delta\theta = \\
 &= \frac{1}{3}(2z_n + z_{n-1})S_1 \Delta\theta.
 \end{aligned}$$

On the others i-intervals

$$\begin{aligned}
 S &= (S_{n-i} - S_{n-i+1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1} \\
 z &= (z_i - z_{i-1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + iz_{i-1} - (i-1)z_i.
 \end{aligned}$$

Then:

$$\begin{aligned}
 &\int_{(i-1)\Delta\theta}^{i\Delta\theta} S(n\Delta\theta - \theta)z(\theta)d\theta = \int_{(i-1)\Delta\theta}^{i\Delta\theta} \left[ (S_{n-i} - S_{n-i+1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1} \right] \cdot \left[ (z_i - z_{i-1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + iz_{i-1} - (i-1)z_i \right] d\theta = \\
 &= \int_{(i-1)\Delta\theta}^{i\Delta\theta} \left\{ (S_{n-i} - S_{n-i+1})(z_i - z_{i-1}) \frac{\theta^2}{\Delta\theta^2} + (S_{n-i} - S_{n-i+1})[iz_{i-1} - (i-1)z_i] \frac{\theta}{\Delta\theta} + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}](z_i - z_{i-1}) \frac{\theta}{\Delta\theta} + \right. \\
 &\quad \left. + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}][iz_{i-1} - (i-1)z_i] \right\} d\theta = (S_{n-i} - S_{n-i+1})(z_i - z_{i-1}) \left[ i^3 - (i-1)^3 \right] \frac{\Delta\theta}{3} + \\
 &\quad + \left\{ (S_{n-i} - S_{n-i+1})(iz_{i-1} - (i-1)z_i) + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}](z_i - z_{i-1}) \right\} \left[ i^2 - (i-1)^2 \right] \frac{\Delta\theta}{2} + \\
 &\quad + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}][iz_{i-1} - (i-1)z_i] \Delta\theta.
 \end{aligned} \tag{29}$$

Putting integrals (27), (28) and (29) we will lead the integrated equation (20) to a look:

$$\frac{2}{3}(2S_n + S_{n-1})z_1 + \sum + \frac{1}{3}(2z_n + z_{n-1})S_1 = \frac{Q}{\Delta\theta} \tag{30}$$

Here:

$$\begin{aligned}
 \sum &= \sum_{i=2}^{n-1} \frac{1}{3}(S_{n-i} - S_{n-i+1})(z_i - z_{i-1}) \left[ i^3 - (i-1)^3 \right] + \\
 &\quad + \frac{1}{2} \left\{ (S_{n-i} - S_{n-i+1})[iz_{i-1} - (i-1)z_i] + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}] \right\} \times \\
 &\quad \times \left[ i^2 - (i-1)^2 \right] + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}][iz_{i-1} - (i-1)z_i]
 \end{aligned} \tag{31}$$

Expression (31) can be transformed as follows

$$\begin{aligned}
 &(S_{n-1} - S_{n-i+1}) \left\{ (z_i - z_{i-1}) \left( i^2 - i + \frac{1}{3} \right) + [iz_{i-1} - (i-1)z_i] \left( i - \frac{1}{2} \right) \right\} + \\
 &+ [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}] \left\{ (z_i - z_{i-1}) \left( i - \frac{1}{2} \right) + [iz_{i-1} - (i-1)z_i] \right\} = \\
 &= (S_{n-i} - S_{n-i+1}) \left[ iz_i - iz_{i-1} + \frac{1}{3}z_i - i^2z_{i-1} + iz_{i-1} - \left( \frac{1}{3} \right)z_{i-1} + i^2z_{i-1} - \left( \frac{1}{2} \right)iz_{i-1} - \right. \\
 &\quad \left. - i(i-1)z_i + \left( \frac{1}{2} \right)(i-1)z_i \right] + [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}] \left[ iz_i - \left( \frac{1}{2} \right)z_i - iz_{i-1} + \left( \frac{1}{2} \right)z_{i-1} + iz_{i-1} - (i-1)z_i \right] = \\
 &= (S_{n-i} - S_{n-i+1}) \left( i^2 - i + \frac{1}{3} - i^2 + i + \left( \frac{1}{2} \right)i - \frac{1}{2} \right) z_i + \left( -i^2 - i - \frac{1}{3} + i^2 - \left( \frac{1}{2} \right)i \right) z_{i-1} \square + \\
 &+ [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}] \left[ iz_i - \left( \frac{1}{2} \right)z_i - iz_{i-1} + \left( \frac{1}{2} \right)z_{i-1} + iz_{i-1} - iz_i + z_i \right] \square = \left[ \left( \frac{1}{2}i - \frac{1}{6} \right)z_i + \left( \frac{1}{2}i - \frac{1}{3} \right)z_{i-1} \right] \square \\
 &\square (S_{n-i} - S_{n-i+1}) + \left( \frac{1}{2}z_i + \frac{1}{2}z_{i-1} \right) [iS_{n-i+1} - (i-1)S_{n-1}] = (S_{n-i} - S_{n-i+1}) \left[ \left( \frac{1}{2}i - \frac{1}{6} \right)z_i + \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \left( \frac{1}{2} i - \frac{1}{3} \right) z_{i-1} \Big] + \left[ i S_{n-i+1} - (i-1) S_{n-i} \right] \frac{1}{2} (z_i + z_{i-1}) = S_{n-i} \left[ \left( \frac{1}{2} i - \frac{1}{6} \right) z_i + \left( \frac{1}{2} i - \frac{1}{3} \right) z_{i-1} - \right. \\
 & \left. - (i-1) \frac{1}{2} (z_i + z_{i-1}) \right] + S_{n-i+1} \left[ \frac{1}{2} i (z_i + z_{i-1}) - \left( \frac{1}{2} i - \frac{1}{6} \right) z_i - \left( \frac{1}{2} i - \frac{1}{3} \right) z_{i-1} \right] = \\
 & = S_{n-i} \left( \frac{1}{3} z_i + \frac{1}{6} z_{i-1} \right) + S_{n-i+1} \left( \frac{1}{6} z_i + \frac{1}{3} z_{i-1} \right) = \frac{1}{3} S_{n-i} (z_i + \frac{1}{2} z_{i-1}) + \frac{1}{3} S_{n-i+1} (\frac{1}{2} z_i + z_{i-1}).
 \end{aligned}$$

Finally:

$$\sum = \frac{1}{3} \sum_{i=2}^{n-1} \left[ \left( z_i + \frac{1}{2} z_{i-1} \right) S_{n-i} + \left( \frac{1}{2} z_i + z_{i-1} \right) S_{n-i+1} \right] \quad (32)$$

The formula (30) taking into account (32) represents a recurrent formula for definition  $S_n$ .

From (17), considering that the original:

$$\frac{p}{p^2 + \omega^2} \div \frac{\sin \omega t}{\omega}$$

according to Borel's theorem it is possible to define movement:

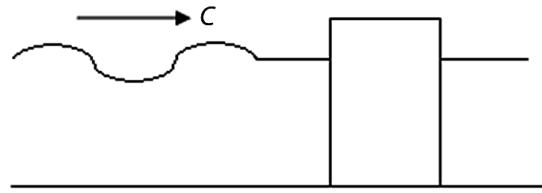


Figure 1

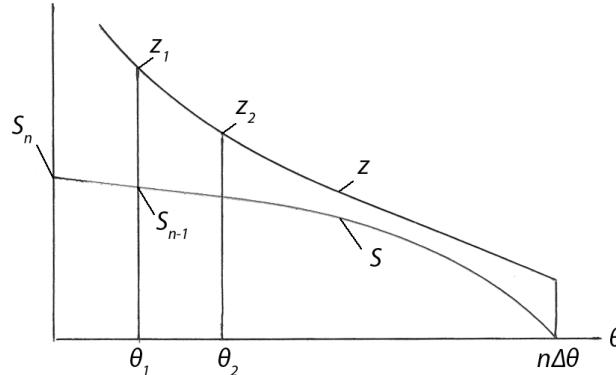


Figure 2

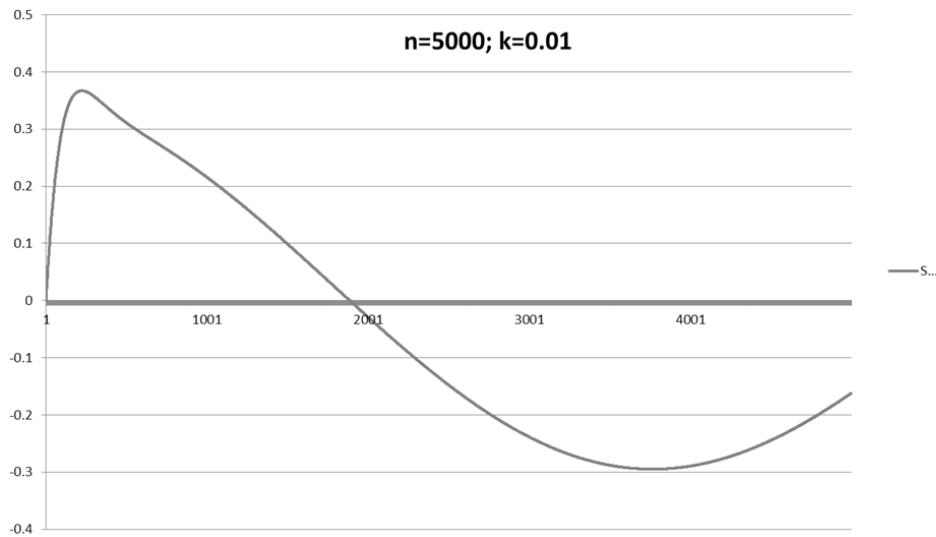


Figure 3

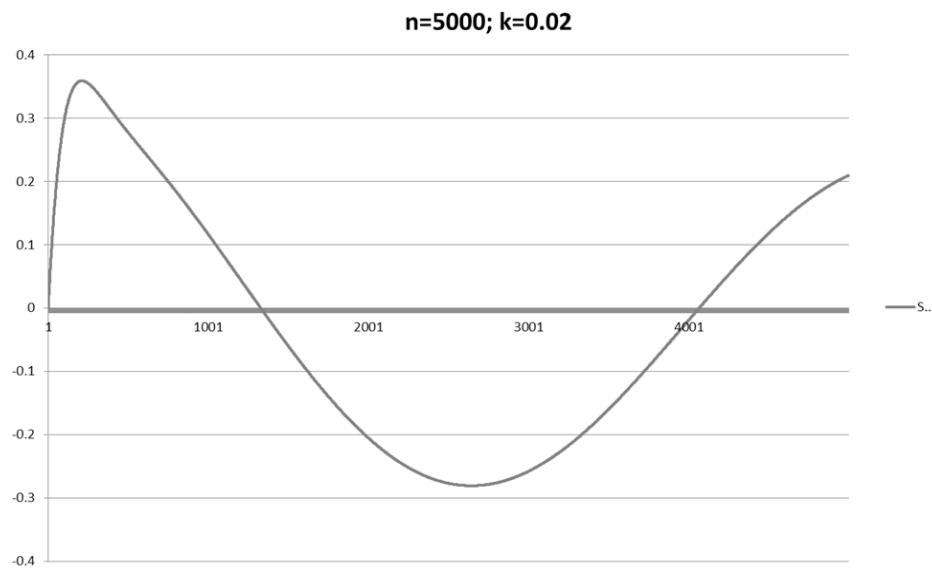
$$\xi = 2 \frac{KJ'_1}{\omega} \int_0^\theta S(\theta) \sin(\theta - \tau) d\tau \quad (33)$$

In dimensionless sizes:

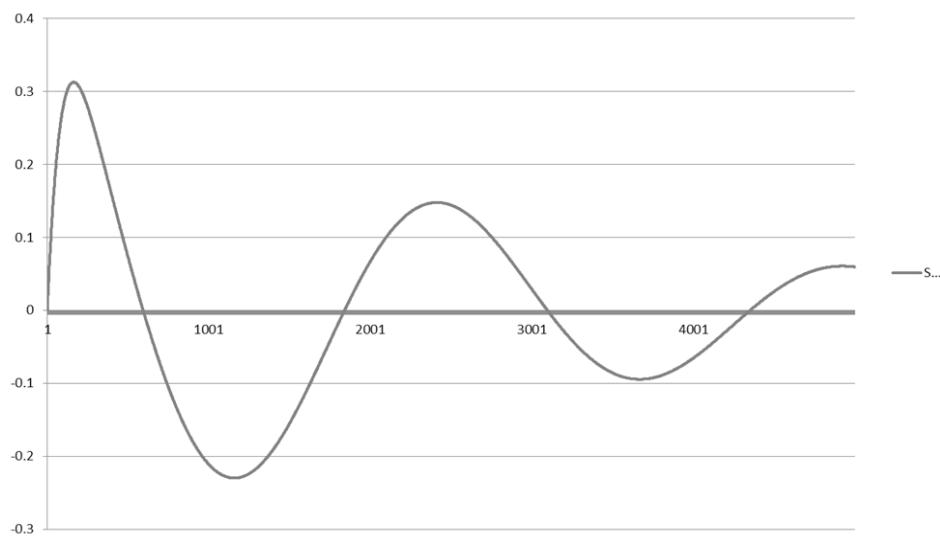
$$\chi = \frac{\omega \xi}{2kb J'_1} = \int_0^\theta S(\theta) \sin(\theta - \tau) d\tau$$

Replacing integral with approximately final sum it is had:

$$\chi = \Delta \theta \sum_{i=1}^n S_i \sin[(n-i)\Delta \theta] \quad (34)$$



**Figure 4**  
**n=5000; k=0.02**



**Figure 5**

In figure 3 schedule  $S(\theta)$  is submitted at  $\beta = 4$ , and in fig. 4 the schedule of dependence of movement from time is submitted: oscillations are imposed on cylinder oscillations with the big period answering to elastic fixing with the smaller period, caused by the frequency of waves in liquid.

#### References:

1. Forrestol M. Zh., Alzkheymer B. E. Unsteady movement of the rigid cylinder under the influence of elastic and acoustic waves. Applied mechanics. Series E, ASME, 1968, Pp. 278–283.
2. Kubenko V. D., Panasyuk N. N. Action of non-stationary waves on cylindrical bodies in compressed liquid. Applied mechanics, 1973, t. 9, century 12. Pp. 77–82.
3. Agalarova T. J. Interaction of an acoustic wave with an oscillator. The collection of scientific works on mechanics, No. 7, – Baku, 1997. Pp. 181–184.
4. Kochin N. E., Kibel I. A., Rose N. C. Theoretical hydromechanics. Prod. technic. – a teor. lit., – Moscow. 1955. Pp. 509–513.
5. Ditkin V. A., Prudnikov A. P. Directory on operational calculation. The higher school, – M. 1965.

## Section 8. Physics

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-69-72>

Zlobin Igor Vladimirovich,  
*Head researcher, Department of technical and program support of the Computer Center, Higher Technical School «SETMO», Helsinki, Finland, Member of Finnish Astronomical Society*  
*E-mail: Igor.zlobin@kolumbus.fi*

### Revisiting physical essence of the process of time dilation in the theory of special and general relativity. Part 1.

**Abstract:** It is shown that the process of Time dilation in the theory of special and general relativity is a physical phenomenon with unitary nature. Basic elements of the method required to establish the fact of integration of two metamorphisms into one are formulated. The notions of the phase angle of Time  $\Psi_z$  and temporal currents of Time  $j_i$  are used. The function ensuring the correlation between  $\Psi_z$  and efficient temporal processes was found.

**Keywords:** Einstein, theory of special and general relativity, phase angle of time, currents of time.

#### 1. Introduction

A. Einstein managed to formulate the basic principles of the special theory of relativity (STR) in 1905 in his work «On the Electrodynamics of Moving Bodies» [6]. Later, in 1916, he proposed the general theory of relativity (GTR) in the final form, including gravitation, in his work «The Foundation of the General Theory of Relativity» [6].

The predicted STR and GTR specified effects were the winning argument in favor of the validity of the developed theories. The data of astronomic observations as well as a big number of physical experiments confirmed the accuracy of expected processes, which contributed to the positive consolidation of new notions in physics.

Among the entire family of physical effects resulting from STR and GTR, relational time dilation and dependence of the march of time on the gravitational field pose exclusive interest.

It is reasonable to write down mathematical equations for each of the physical processes.

1. Relational time dilation in the special theory of relativity is presented by the equation:

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1)$$

where  $dt$  — a differential of coordinate time  $t$  selectively related to some immovable inertial system of reference  $K$ ;  $d\tau$  — a differential of proper time  $\tau$  related to moving clocks in the inertial system of reference  $K'$ ;  $v$  — velocity of moving clocks;  $c$  — velocity of light. It should be noted that relational parameter  $dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

is so-called:  $\gamma$  — factor [4]. It plays a crucial role in the special theory of relativity. From the equation (1), it follows that proper time of the moving object is always less than the respective interval of time of the still body,  $d\tau < dt$ . Herewith, if  $v \ll c$ , then numerical values of coordinate and proper time are identical,  $dt \equiv d\tau$ .

2. The dependence of the march of time on the gravitational field in the general theory of relativity is defined as follows:

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{r_g}{r}}} \quad (2)$$

where  $dt$  — coordinate time of the remote observer determined along its concrete world line;  $d\tau$  — proper time of the observer located at distance  $r$  from gravitational masses;  $r_g$  — gravitational radius of the body,  $r_g = \frac{2GM}{c^2}$  ( $G$  — gravitational constant,  $M$  — body

mass,  $c$  — velocity of light). From (2), it is seen that the process of time dilation as compared to the time at infinity  $d\tau \leq dt$ , takes place at final distances from the gravitational masses. It should be specified that if  $r \rightarrow r_g$ , then at any non-abstract interval of proper time  $d\tau$ ,  $dt \rightarrow \infty$ ; and, if  $r \rightarrow \infty$ , then the interval of proper time coincides with the interval of coordinate time,  $d\tau = dt$ .

Below and throughout the work, terms: Time, Future ( $F$ ), Present ( $PR$ ) and Past ( $P$ ) will be written in capital letters, where they are mentioned as real physical objects. Herewith, Past, Present and Future are temporal areas, which are the function of Time. The work [1], in which wider mathematical definitions of these three temporal parameters from the point of their topological morphogenesis are formed, comes under notice.

## 2. Setting of the problem

Today, within the frames of the considered issue, one can speak about the fact that, actually, only reasons causing the dynamic processes, which are of interest to us, are formulated in the special and general theory of relativity. Hypothetically, hidden internal mechanism of Time dilation should be based on physical criteria, which are closely related to the very physical essence of Time. In [1], the arguments in favor of outlining the Time as well as temporal parameters  $F, PR, P$  as a special range of physical objects with a priori affine connectivity are presented.

Thus, the quintessence of this research reduces to the indication of existing possibility to describe, from the point of geometry, the phenomenon of time dilation as physical phenomenon, which has same morphological basis.

## 3. Theoretical part

Let's add the program proposed in the article to the complex analysis of the problem about the operation of internal mechanism of time dilation [2]. Notice that, in this work, the subject of discussion was a complex topic named as Hawking-Ellis problem (the problem of connectability in time orientation). It recommends the method serving as basis for its solution.

Thus, in both Einstein theories, operations with the differentials of coordinate time  $t$  and proper time  $\tau$  are performed. At certain initial conditions, the Time intervals  $t_2 - t_1 = \Delta t$  and  $\tau_2 - \tau_1 = \Delta\tau$  correspond to these differentials during integration. It is natural to assume that, for differentials  $\delta t$  and  $\Delta\tau$  with sufficient degree of accuracy, one can indicate: currents of Time  $j_t$  and  $j_\tau$  [2].

From the physical point of view, it is obvious that  $j_t$  and  $j_\tau$  are temporal currents equivalent to events, which

take place in coordinate and proper time, respectively. Such correlation does not face difficulties because the discussed parameters are proper characteristics of Time. Herewith, the following fundamental conditions should always be fulfilled [2]

$$\begin{array}{ll} \Delta t \in [t_1, t_2] & \Delta\tau \in [\tau_1, \tau_2] \\ \Delta t = [t_2 - t_1] & \Delta\tau = [\tau_2 - \tau_1] \\ t_2 > t_1 & \tau_2 > \tau_1 \\ \Delta t \neq 0 & \Delta\tau \neq 0 \end{array} \quad (3)$$

The effect of  $\gamma$  — factor and coefficient  $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{r_g}{r}}}$  on

the currents of Time  $j_t$  and  $j_\tau$ , which generate effective change of their numerical values, can be referred to the category of obvious moment. Since proper time is always smaller than coordinate one, the value of currents will be different.

To understand basic principles of functioning of the mechanism of time dilation, we will rely upon the conclusions of the work [2].

The main task is to define:

- A) how the currents of Time are oriented towards each other;
- B) the class of calibration mode and calibration constant that connect them.

To solve this problem, it is reasonable to perform the following mathematical transformations:

1) let's orient temporal currents of Time  $j_t$  and  $j_\tau$  relative to each other in such way that their reference points coincided in the point — 0. Hypothetically, this point represents a pole that

$$\{0 \in j_t \cap j_\tau\} \leftrightarrow \{0 \in j_t\} \wedge \{0 \in j_\tau\} \quad (4)$$

2) assume that one of the currents of Time (for instance,  $j_t$ ) has the direction parallel to space Time  $T$  [7],  $j_t \parallel T$ . The parameter  $T$  implies a priori kind of space Time in the sense that any function  $f$  increases along every non-spatial-like curve directed into Future. Then, the current of Time  $j_\tau$  will be oriented relative to  $j_t$  of the non-spatial-like curve under a certain angle (Fig. 1).

From the epistemological point of view, we find that oriented reflection of temporal current  $j_\tau$  on current  $j_t$  is made through the angle parameter. According to [2], this parameter is the phase angle of Time  $\Psi_z$ .

Then,

$$\Psi_z: j_\tau \rightarrow j_t \quad (5)$$

where  $\Psi_z$  reflects  $j_\tau$  in  $\Psi_z(j_t)$ .

Conclusion: the phase angle of Time  $\Psi_z$  is a calibration mode, which identifies parametric correlation between coordinate  $t$  and proper  $\tau$  times.

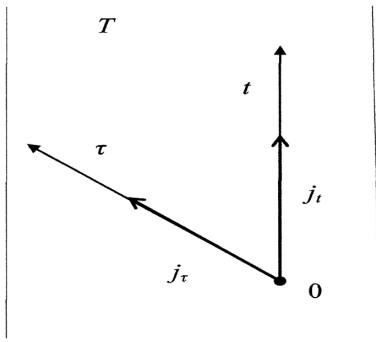


Fig. 1 Mutual position of temporal currents of Time and intervals of coordinate and proper time corresponding to them in the segment of space Time

Proceeding to the quantitative evaluation of the values for the intervals of Time  $\Delta t$  and  $\Delta\tau$ , it is required to modify the scheme in (Fig. 1) in a certain way (Fig. 2). Let's draw a normal line to the end of the current of Time  $j_\tau$ , so that it simultaneously crosses the end of the temporal current  $j_t$ . Let's call this line the normal line of Time and indicate it via  $\lambda$ . The normal line of Time  $\lambda$  should comply with the following conditions: this line is perpendicular to proper Time  $\tau$  and everywhere and always crosses coordinate Time  $t$ . Based on this, it can be concluded that there is a conjunction:

$$\{\lambda \perp j_t\} \wedge \{\lambda \cap j_\tau\} \quad (6)$$

(Fig. 2) shows clearly that the current of Time  $j_t$  is identical to hypotenuse, and  $j_\tau$  is equivalent to adjacent leg. Then, using known trigonometric proportions, one can obtain fundamental equation:

$$\frac{j_t}{j_\tau} = \sec \Psi_z \quad (7)$$

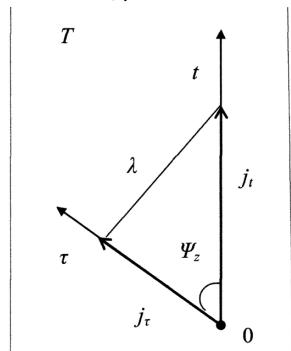


Fig. 2 Quantitative evaluation of commutativity of temporal currents of Time expressed through the phase angle of Time

Thus, it is established that temporal currents are commuted with each other by the function — secant. This function acts as calibration constant. It is necessary to recall some important properties of this function:

1) function of a complex variable

$$\sec \Psi_z = \frac{2}{e^{i\Psi_z} + e^{-i\Psi_z}}, \quad (8)$$

this function does not have zeros on the entire open plane.

2) series expansion

$$\begin{aligned} \sec \Psi_z &= 1 + \frac{1}{2} \Psi_z^2 + \frac{5}{24} \Psi_z^4 + \\ &+ \frac{61}{720} \Psi_z^6 + \dots + \frac{\sum_{n=0}^{\infty} |E_n|}{(2n)!} \Psi_z^{2n}, \end{aligned} \quad (9)$$

where  $E_n$  — Euler number and  $-\frac{\pi}{2} < \Psi_z < \frac{\pi}{2}$

3) function  $\sec \Psi_z$  doesn't have any zeros at all, either at real or complex values of the argument, i. e.

$\{\text{if } \Psi_z = 0, \text{ then } \sec \Psi_z = 1\} \wedge \{\text{if } \Psi_z = \frac{\pi}{2}, \text{ then } \sec \Psi_z = \infty\}$  [3].

4)  $\sec \Psi_z$  has asymptotes at  $\Psi_z = \frac{\pi}{2}$ ;  $\Psi_z = \frac{3\pi}{2}$ .

5) also  $\sec \Psi_z = \frac{1}{\cos \Psi_z}$  and  $\sec^2 \Psi_z = \tan^2 \Psi_z + 1$ .

6) inequation  $|\sec \Psi_z| \geq 1$  is fair, secant is a non-limited function.

7) area of definition of  $D(f)$  for all numbers n different from zero, in standard designations:

$$D(f): \Psi_z \neq \frac{\pi}{2}(2n+1), n \in Z, [3]$$

8) parity of secant: for any values of  $\Psi_z$  from the area of designation of secant, there is an equation  $\sec(-\Psi_z) = \sec \Psi_z$ .

9) derivatives of this function:  $(\sec \Psi_z)' = \frac{\sin \Psi_z}{\cos^2 \Psi_z}$

10) integral of this function:

$$\int \sec \Psi_z d\Psi_z = \ln \left| \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\Psi_z}{2} \right) \right| + C [3]$$

11) considered function — periodical, with the period  $2\pi$ ; thus, for any integer values of n and any values of  $\Psi_z$  from the area of designation of secant, the following equation is valid  $\sec(\Psi_z + 2\pi n) = \sec \Psi_z$

12) series expansion of secant

$$\sec \Psi_z = \frac{\pi}{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - \Psi_z^2} - \frac{3\pi}{\left(\frac{3\pi}{2}\right)^2 - \Psi_z^2} - \frac{5\pi}{\left(\frac{5\pi}{2}\right)^2 - \Psi_z^2} - \dots$$

Taking into account that the currents of Time are proportional to respective integrals of Time  $\Delta t$  and  $\Delta\tau$ , then, similar regularity will prevail for both, differentials of coordinate and proper Times. Consequently, the equation (7) is adjusted to a new kind

$$dt = d\tau \sec \Psi_z \quad (10)$$

Specifying upper and lower limits of integration, we find the intervals of time we are interested in

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = \int_{\tau_1}^{\tau_2} d\tau \sec \Psi_z \quad (11)$$

It follows from (10) that if  $\Psi_z \rightarrow \frac{\pi}{2}$ , then, at the set interval of proper Time  $dt, dt \rightarrow \infty$ ; and if  $\Psi_z \rightarrow 0$ , then  $dt = d\tau$ .

The main objective of implementation of the phase angle of Time  $\Psi_z$ , as calibration mode as well as calibration constant  $\sec \Psi_z$  ensuring its correlation with the currents of proper and coordinate time, is the proposition that in the general and special theory of relativity, the phenomenon of Time dilation has same physical basis. In other words, endogenic mechanism of this process is unified and does not depend on transgression in the special and general theory of relativity. Then, relying upon the principles of concatenation, it is rightful to write down the system of the following kind

$$\left. \begin{aligned} dt &= \frac{dt}{\sqrt{1 - \frac{r_g}{r}}} \\ dt &= \frac{dt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \right\} = dt = d\tau \cdot \sec \Psi_z$$

Thus, from the mathematical point of view, the definitive (12) regulates unified operation allowing calculating the values of  $t$  and  $\tau$  in generalized form.

In the first part, we have considered only theoretical aspects of the problem. All calculations and discussions will be in the second part of the same name work.

### Conclusion

It is shown well that in the first part of this work, the ideas of STR and GTR develop coherently and systematically, without any rotation of the basic foundations of the Einstein's theory. The present research presents deeper and more detailed elaboration of the mechanism of time dilation. The implementation of calibration mode in the form of the phase angle of Time is determined by the need to make this physical process unified. And this, in turn, contributes to the understanding of dynamic metamorphisms taking place in the internal structure of Time.

### References:

1. Злобин И. В. Перспективные аспекты развития физико-топологических представлений о Времени//European science. – 2016. – № 3 (13). С. 16–25.
2. Злобин И. Б. К вопросу об ориентируемости во Времени//Научный журнал. – 2016. – № 4 (5). С. 9–14.
3. Ильин В. А., Садовничий В. А., Сенцов Б. Х. Математический анализ, ч. 1, изд. 3, ред. А. Н. Тихонов.– М.: Проспект, – 2004, – 265 с.
4. Нарликар Дж. Неистовая Вселенная.– М., Мир, – 1985, – 129 с.
5. Фильчаков П. Ф. Справочник по высшей математике.– М., – Наука, – 1973, 47 с.
6. Эйнштейн А. Собрание научных трудов, Т. 1 //Под. ред. Тамма И. У., Смородинского Я. А. Кузнецова Б. Г.– М., Наука, – 1965–1967.
7. Hawking S. W., Ellis G. F. R., The Large Scale Structure of Space – Time, Cambridge University Press, – 1973.

**DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-72-80>**

*Zlobin Igor Vladimirovich,  
Head researcher, Department of technical  
and program support of the Computer Center,  
Higher Technical School «SETMO», Helsinki, Finland,  
Member of Finnish Astronomical Society  
E-mail: Igor.zlobin@kolumbus.fi*

## Revisiting physical essence of the process of time dilation in the theory of special and general relativity. Part 2.

**Abstract:** Presented calculations and statistical data confirm the existence of a unitary mechanism of time dilation in the special and general theory of relativity. It is shown that during the use of the phase angle

of Time  $\Psi_z$  and calibration constant  $\sec \Psi_z$ , chronological transaction of material bodies and signals through the chronotopic bifurcation point in such temporal areas as Future and Past.

**Keywords:** Einstein, special and general theory of relativity, phase angle of time, currents of time.

In the first part of the same name work [3, p. 11], theoretical aspects of the study of the process of time dilation in the special and general theory of relativity were discussed [7, p. 497]. In this work, we will present a series of calculations and statistical evaluations, which will allow, from the mathematical point of view, demonstrating that endogenic mechanism of this metamorphosis is universal and does not depend on transgression in both, STR and GTR. In addition, a situation, when the presence of the bifurcation point during the translation from one segment of Time to the other, allows performing the transaction into the Past or Future without disruption of causally chronological conditions, will be considered.

Here and elsewhere, the terms Time, Future, Present and Past will be in capital letters where they are talked about as real physical objects. Herewith, Past ( $P$ ), Present ( $PR$ ) and Future ( $F$ ) are temporal areas, which are the function of Time. The work [4, p. 18] draws attention, in which widened mathematical definitions are formed for these three temporal parameters from the point of their topological morphogenesis.

Let us establish a functional dependence between:

1) velocity  $v$  of the clocks moving relative to us and the phase angle of Time  $\Psi_z$ ;

2) coordinate  $r$  (distance from gravitating masses) and the phase angle of Time  $\Psi_z$ .

Let us recall that calibration mode is understood by  $\Psi_z$ , which identifies parametric correlation between coordinate  $t$  and proper  $\tau$  time [3, p. 15];

Let us use the equation (12) from the work [3, p. 15]:

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{r_g}{r}}} \quad (1)$$

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

$$dt = d\tau \sec \Psi_z \quad (3)$$

Then, performing mathematical operations on the integration and drawing of proportions, we find that

$$v = c \frac{\sqrt{\sec^2 \Psi_z - 1}}{\sec \Psi_z} \quad (4)$$

$$r = r_g \frac{\sec^2 \Psi_z}{\sec^2 \Psi_z - 1} \quad (5)$$

Formulas (4) and (5) are necessary to establish one-to-one correspondence between current values: phase angle of Time, velocity  $v$  and distance  $r$ .

1. Calculation of numerical norms of coordinate and proper time in STR, GTR and consideration of calibration constant  $\sec \Psi_z$  [3, p. 15], at the change of the phase angle of Time  $\Psi_z$  from 0 to  $\frac{\pi}{2}$ .

To perform statistical analysis, it is required to set the following initial conditions:

1) all events take place in the congruent projection on the parameter  $T$ , which extrapolate as space Time of the Universe in the sense that it increases along every non-spatial-like curve directed into the Future [8, p. 72]. It is not difficult to note that  $T$  reflects such course of Time from Past to Future, at which all events along the time-like are determined according to cause-and-effect relationships.

2) we accept that  $c = 1$  and  $r_g = 1$ ;

3) for the sake of simplicity of calculations, we select, in all cases (it is intended as areas filled with matter) proper Time  $\tau$ , equal, for instance, to 10 temporal units. Which units of measurement (seconds, minutes, hours, days, years etc.) will be involved, depends on the choice of time scale;

4) for the area of measurement of the phase angle of Time measured in the interval  $\Psi_z \in [0; \frac{\pi}{2}]$ , the sign of proper Time  $\tau$ , it is naturally positive (+);

5) phase angle of Time is calculated within the limits of  $0 \leq \Psi_z < \frac{\pi}{2}$ ;

6) still inertial system of reference  $K$  and inertial system of reference  $K'$  conjugated with moving clocks were synchronized before the start of calibration constant.

It is required to define:

a) coordinate Time in the special theory of relativity —  $t_{str}$ ;

b) coordinate Time in the general theory of relativity —  $t_{gtr}$ ;

c) coordinate Time depending on the phase angle of Time —  $t$ , (Table 1).

Table 1. – Numerical parameters of coordinate time in the STR, GTR and at the phase angle of Time [0; 90°]

$v = n c$	$t_{str}$	$r = n r_g$	$t_{gtr}$	$\sec \Psi_z$	$t$	$\Psi_z$
$n$		$n$				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
0	10	$\infty$	10	1	10	0
0,0174328	10,001520	3290,4735	10,001520	1,0001520	10,001520	1
0,0348914	10,006092	821,41183	10,006092	1,0006093	10,006092	2
0,0523247	10,001371	365,24563	10,013717	1,0013718	10,013718	3
0,0697558	10,024418	205,51151	10,024419	1,0024419	10,024419	4
0,0871513	10,038194	131,65916	10,038194	1,0038195	10,038195	5
0,1045265	10,055080	91,52641	10,055081	1,0055081	10,055081	6
0,1218694	10,075098	67,33015	10,075098	1,0075099	10,075099	7
0,1391729	10,098275	51,628556	10,098276	1,0098276	10,098276	8
0,1564358	10,124653	40,862711	10,124653	1,0124654	10,124654	9
0,1736461	10,154262	33,164164	10,154262	1,0154263	10,154263	10
0,1908094	10,187167	27,466298	10,187167	1,0187168	10,187168	11
0,2079091	10,223400	23,134078	10,223400	1,0223401	10,223401	12
0,2249509	10,263040	19,761689	10,263040	1,0263041	10,263041	13
0,2419204	10,306132	17,086557	10,306133	1,0306133	10,306133	14
0,2588178	10,352758	14,928332	10,352758	1,0352759	10,352759	15
0,2756362	10,402991	13,162164	10,402991	1,0400299	10,402991	16
0,2923705	10,456913	11,698561	10,456913	1,0456914	10,456914	17
0,309015	10,514614	10,472262	10,514615	1,0514616	10,514616	18
0,3255667	10,576200	9,4345193	10,576202	1,0576202	10,576202	19
0,3420189	10,641773	8,5486908	10,641773	1,0641773	10,641773	20
0,3583666	10,711444	7,7865579	10,711443	1,0711443	10,711443	21
0,3746059	10,785344	7,126077	10,785344	1,0785345	10,785345	22
0,3907306	10,863602	6,5500547	10,863602	1,0863602	10,863602	23
0,4067352	10,946355	6,0447213	10,946355	1,0946356	10,946356	24
0,4226176	11,033775	5,5989253	11,033776	1,1033776	11,033776	25
0,4383709	11,126018	5,2037488	11,126018	1,1126019	11,126019	26
0,4539893	11,223255	4,8518619	11,223256	1,1223256	11,223256	27
0,4694706	11,325694	4,5371484	11,325696	1,1325696	11,325695	28
0,4848088	11,433534	4,2546001	11,433536	1,1433536	11,433536	29
0,4999988	11,546997	4,000182	11,546997	1,1546997	11,546997	30
0,5150384	11,666336	3,769819	11,666338	1,1666338	11,666338	31
0,5299193	11,791783	3,5610692	11,791785	1,1791785	11,791785	32
0,5446381	11,923623	3,3711936	11,923626	1,1923626	11,923626	33
0,5591921	12,062171	3,1979948	12,062173	1,2062173	12,062173	34
0,5735763	12,207745	3,0396066	12,207746	1,2207746	12,207746	35
0,5877851	12,360678	2,8944279	12,360679	1,2360679	12,360379	36
0,6018141	12,521345	2,7610547	12,521348	1,2521348	12,521348	37
0,6156611	12,690176	2,6382535	12,690178	1,2690178	12,690178	38
0,6293203	12,867595	2,5249713	12,867596	1,2867595	12,867595	39
0,6427868	13,054061	2,4202817	13,054063	1,3054063	13,054063	40
0,6560584	13,250122	2,3233511	13,250122	1,3250122	13,250122	41
0,6691303	13,456322	2,2334614	13,456324	1,3456324	13,456324	42
0,6819979	13,673267	2,1499766	13,673269	1,3673269	12,673269	43
0,6946581	13,901632	2,0723242	13,901632	1,3901632	13,901632	44
0,7071064	14,142127	2,0000013	14,142131	1,4142131	14,142131	45
0,7193390	14,395548	1,9325581	14,395552	1,4395552	14,395552	46

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
0,7313530	14,662775	1,8695874	14,662778	1,4662778	14,662778	47
0,7431443	14,944752	1,8107292	14,944756	1,4944756	14,944756	48
0,7547095	15,242529	1,75556592	15,242533	1,5242531	15,242531	49
0,7660440	15,557226	1,7040894	15,557231	1,5557228	15,557228	50
0,7771454	15,890139	1,65557523	15,890141	1,5890141	15,890141	51
0,7880102	16,242673	1,6104089	16,242678	1,6242678	16,242678	52
0,7986354	16,616399	1,5678434	16,616404	1,6616402	16,616402	53
0,8090171	17,013020	1,5278633	17,013026	1,7013023	17,013023	54
0,819515	17,434444	1,4902920	17,434450	1,7434450	17,434450	55
0,8290374	17,882910	1,4549618	17,882916	1,7882913	17,882913	56
0,8386705	18,360782	1,4217301	18,360785	1,8360785	17,360785	57
0,8480482	18,870804	1,3904611	18,870808	1,8870808	18,870808	58
0,8571672	19,416033	1,3610331	19,416011	1,9416040	19,416040	59
0,8660254	20,000000	1,3333332	20,000000	2,0000000	20,000000	60
0,8746194	20,626628	1,3072587	20,626650	2,0626637	20,626637	61
0,8829473	21,300520	1,2827155	21,300524	2,1300524	21,300524	62
0,8910062	22,026863	1,2596167	22,026878	2,2026868	22,026868	63
0,8987940	22,811712	1,2378826	22,811738	2,2811727	22,811727	64
0,9063078	23,662019	1,2174424	23,662030	2,3662030	23,662030	65
0,9135452	24,585899	1,1982287	24,585929	2,4585911	24,585911	66
0,9205048	25,593035	1,1801785	25,593068	2,5593055	25,593055	67
0,9271836	26,694628	1,1632375	26,694649	2,6694342	26,694642	68
0,9335803	27,904253	1,1473512	27,904323	2,7904277	27,904277	69
0,9396922	29,237945	1,1324742	29,238056	2,9237970	29,237970	70
0,9455186	30,715540	1,1185604	30,715662	3,0715549	30,715549	71
0,95105	32,360637	1,1055726	32,360700	3,2360679	32,360679	72
0,9563046	34,202966	1,0934706	34,203142	3,4203001	34,203001	73
0,9612614	36,279402	1,0822226	36,279625	3,6279467	36,279467	74
0,9659258	38,637009	1,0717957	38,637293	3,8637039	38,637039	75
0,9702956	41,335551	1,0621642	41,335739	4,1335637	41,335637	76
0,9743700	44,454026	1,0532981	44,454896	4,4454125	44,454125	77
0,9781475	48,097225	1,0451791	48,097942	4,8097271	48,097271	78
0,9816271	52,408292	1,0377835	52,408566	5,2408429	52,408429	79
0,9848077	57,587631	1,0310898	57,588957	5,7587763	57,587763	80
0,9876882	63,924068	1,0250854	63,924722	6,3925313	63,924313	81
0,990268	71,852707	1,0197466	71,862001	7,1853017	71,853017	82
0,9925461	82,054648	1,0150717	82,066567	8,2055321	82,055321	83
0,9945218	95,666865	1,0110456	95,672997	9,5667231	95,667231	84
0,9961945	114,73363	1,0076526	114,74943	11,473679	114,73679	85
0,9975639	143,35108	1,0048826	143,46008	14,335478	143,35478	86
0,9986294	191,06138	1,002746	191,094974	19,107306	191,07306	87
0,9993907	286,49929	1,001219	286,541161	28,653295	286,53295	88
0,9998476	572,977240	1,0003046	572,974178	57,2986884	572,986884	89
1	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	90

Detailed discussion of the obtained results will be presented in section 3.

2. Calculation of numerical norms of coordinate and proper time in the STR, GTR as well as consideration of calibration constant  $\sec \Psi_z$  at the change of the phase angle of Time  $\Psi_z$  from  $\frac{\pi}{2}$  to  $\pi$

In this part, similar initial conditions specified in section 1 are accepted. However, it should be noted that here, the phase angle of Time is calculated within the limits of  $\frac{\pi}{2} < \Psi_z \leq \pi$  and proper Time, also positive. As in the section 1, it is required to define  $t_{str}$ ,  $t_{gr}$  and  $t$ , (Table 2).

Table 2. – Numerical parameters of coordinate time in the STR, GTR and at the phase angle of Time] 90°; 180°]

$v = n c$	$t_{str}$	$r = n r_g$	$t_{gtr}$	$\sec \Psi_z$	$t$	$\Psi_z$
$n$		$n$		$\sec \Psi_z$		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$	$\infty$	90
-0,9998476	572,78689	1,000304	572,606504	-57,300022	-573,00022	91
-0,9993907	286,49929	1,0011977	28607152	-28,654116	-286,54116	92
-0,9986294	191,06138	1,002746	191,040213	-19,107306	-191,07306	93
-0,9975639	143,35108	1,0048698	143,64802	-14,335684	-143,35684	94
-0,9961945	114,73679	1,0076526	114,74943	-11,473679	-114,73679	95
-0,9945219	95,66778	1,0110458	95,672173	-9,5668146	-95,668146	96
-0,9925461	82,054648	1,0150717	82,066567	-8,2055321	-82,055321	97
-0,9902681	71,852707	1,0197466	71,862001	-7,1853017	-71,853017	98
-0,9876883	63,924354	1,0250904	63,918593	-6,3924722	-63,924722	99
-0,9848077	57,587631	1,0310898	57,588957	-5,7587763	-57,587763	100
-0,9816271	52,408292	1,0377835	52,408566	-5,2408429	-52,408429	101
-0,9781477	48,097456	1,0451779	48,098567	-4,8097503	-48,097567	102
-0,974370	44,454026	1,0532981	44,454896	-4,4454125	-44,454125	103
-0,9702956	41,335551	1,0621642	41,335739	-4,1335637	-41,335637	104
-0,9659258	38,637009	1,0717957	38,637293	-3,8637039	-38,637039	105
-0,9612617	36,279546	1,0822211	36,279902	-3,6279599	-36,279599	106
-0,9563046	34,202966	1,0934706	34,203142	-3,4203001	-34,203001	107
-0,9510564	32,360637	1,1055726	32,360700	-3,2360679	-32,360679	108
-0,9455186	30,715540	1,1185605	30,715643	-3,0715549	-30,715549	109
-0,9396926	29,238030	1,1324741	29,238073	-2,9238056	-29,238056	110
-0,9335803	27,904253	1,1473512	27,904316	-2,7904277	-27,904277	111
-0,9271836	26,694628	1,1632375	26,694649	-2,6694642	-26,694642	112
-0,9205048	25,593035	1,1801785	25,593068	-2,5593055	-25,593055	113
-0,9135452	24,585990	1,1982287	24,585929	-2,4585911	-24,585911	114
-0,9063078	23,662019	1,2174424	23,662030	-2,3662030	-23,662030	115
-0,8987940	22,811712	1,2378828	22,811733	-2,2811727	-22,811727	116
-0,8910067	22,026912	1,2596149	22,026936	-2,2026916	-22,026916	117
-0,8829478	21,300565	1,2827137	21,300579	-2,1300570	-21,300570	118
-0,874620	20,626675	1,3072572	20,626688	-2,0626679	-20,626679	119
-0,8660254	20,000000	1,3333332	20,000000	-2,0000000	-20,000000	120
-0,8571672	19,416035	1,3610331	19,416046	-1,9416043	-19,416043	121
-0,8480482	18,870804	1,3904611	18,870808	-1,8870808	-18,870808	122
-0,8386705	18,360782	1,4217301	18,360785	-1,8360785	-18,360785	123
-0,8290374	17,882910	1,4549034	17,883703	-1,7882913	-17,882913	124
-0,8191522	17,434475	1,4902893	17,434484	-1,7434481	-17,434481	125
-0,8090171	17,013020	1,5278633	17,013026	-1,7013020	-17,013023	126
-0,7986354	16,616399	1,5678434	16,616404	-1,6616402	-16,616402	127
-0,7880110	16,242702	1,6104056	16,242704	-1,6242704	-16,242704	128
-0,7770995	15,888710	1,6557485	15,890016	-1,5890167	-15,890167	129
-0,7660440	15,557226	1,7040895	15,557231	-1,5557280	-15,557280	130
-0,7547095	15,242529	1,7556592	15,242533	-1,5242531	-15,242531	131
-0,743145	14,944774	1,8107246	14,944779	-1,4944779	-14,944779	132
-0,7313539	14,662797	1,8695848	14,662790	-1,4662799	-14,662799	133
-0,7193401	14,395571	1,9325528	14,395573	-1,4395573	-14,395573	134
-0,7071064	14,142127	2,0000013	14,142131	-1,4142131	-14,142131	135
-0,6946581	13,901632	2,0723242	13,901632	-1,3901632	-13,901632	136

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
-0,6819979	13,673267	2,1499766	13,673269	-1,3673269	-13,673269	137
-0,6691303	13,456322	2,2334614	13,456324	-1,3456324	-13,456324	138
-0,6560596	13,250138	2,3233427	13,250140	-1,3250140	-13,250140	139
-0,642788	13,054078	2,4202729	13,054080	-1,3054080	-13,054080	140
-0,6293203	12,867595	2,5249713	12,867596	-1,2867595	-12,867595	141
-0,6156611	12,690176	2,6382535	12,690178	-1,2690178	-12,690178	142
-0,6018155	12,521361	2,7610422	12,521364	-1,2521364	-12,521364	143
-0,5877851	12,360678	2,8944279	12,360679	-1,2360679	-12,360679	144
-0,5735763	12,207745	3,0396066	12,207746	-1,2207746	-12,207746	145
-0,5591936	12,062186	3,1979785	12,062187	-1,206187	-12,062187	146
-0,5446381	11,923623	3,3711936	11,923626	-1,1923626	-11,923626	147
-0,5299193	11,791783	3,5610692	11,791785	-1,1797785	-11,791785	148
-0,5150384	11,666336	3,7698190	11,666338	-1,1666338	-11,666338	149
-0,4999988	11,546997	4,0000182	11,546997	-1,1546997	-11,546997	150
-0,4848088	11,433534	4,2546001	11,433536	-1,1433536	-11,433536	151
-0,4694706	11,325694	4,5371484	11,325696	-1,1325695	-11,325695	152
-0,4539912	11,223267	4,851822	11,223267	-1,1223268	-11,223268	153
-0,4383709	11,126018	5,2037488	11,126018	-1,1126019	-11,126019	154
-0,4226176	11,033775	5,5989253	11,033776	-1,1033776	-11,033776	155
-0,4067375	10,946367	6,0446527	10,946368	-1,0946368	-10,946368	156
-0,3907306	10,863602	6,5500547	10,863602	-1,0863602	-10,863602	157
-0,3746059	10,785344	7,126077	10,785344	-1,0785245	-10,785345	158
-0,3583687	10,711453	7,7864524	10,711453	-1,0711454	-10,711454	159
-0,3420189	10,641773	8,5486908	10,641773	-1,0641773	-10,641773	160
-0,3255667	10,576200	9,4345193	10,576202	-1,0576202	-10,576202	161
-0,3090150	10,514614	10,472262	10,514615	-1,0514616	-10,514616	162
-0,2923705	10,456913	11,698561	10,456913	-1,0456914	-10,456914	163
-0,2756362	10,402991	13,162164	10,402991	-1,0402991	-10,402991	164
-0,2588178	10,352758	14,928332	10,352758	-1,0352759	-10,352759	165
-0,2419204	10,306132	17,086557	10,306133	-1,0306133	-10,306133	166
-0,2249509	10,263040	19,761689	10,263040	-1,0263041	-10,263041	167
-0,2079091	10,223400	23,134080	10,223400	-1,0223401	-10,223401	168
-0,1908094	10,187167	27,466298	10,18716	-1,0187168	-10,187168	169
-0,1736461	10,154262	33,164164	10,154262	-1,0154263	-10,154263	170
-0,1564297	10,124643	40,865893	10,124643	-1,0124644	-10,124644	171
-0,1391729	10,098275	51,628552	10,098276	-1,0098276	-10,098276	172
-0,1218694	10,075098	67,330150	10,075098	-1,0075099	-10,07509	173
-0,1045265	10,055080	91,526410	10,055081	-1,0055081	-10,055081	174
-0,0871513	10,038194	131,65916	10,038194	-1,003819	-10,038195	175
-0,0697558	10,024418	205,51151	10,024419	-1,0024419	-10,024419	176
-0,055113	10,01522	365,24563	10,013717	-1,0013718	-10,013718	177
-0,0348914	10,006092	821,41183	10,006092	-1,0006093	-10,006093	178
-0,0174328	10,001520	3290,4737	10,001520	-1,0001520	-10,001520	179
0	10	$\infty$	10	-1,0000000	-10,000000	180

Complete analysis of the obtained results will be presented in section 3.

### 3. Discussion of results

Currently, there is a well-pronounced tendency aimed at the solution of certain physical tasks with the use of geometric approaches. These approaches be-

came widespread because one can have a deeper look at a range of problems existing in some areas of physics. This study is not an exception; its essence is to obtain a constructive scheme of work of the internal mechanism of Time dilation using the method of natural geometric transformations.

One of the major requirements, which should be taken into account in the discussion of results, is the imperative at which, all surveys are built from the position of an observer related to the inertial system of reference  $K'$ . I.e. all events are accepted as projection on the system of reference  $K'$  connected with proper time  $\tau$ .

If, during mathematical calculations, it is found that numerical values of coordinate Time  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$  at fixed coordinate  $r$ , certain velocity  $v$  and at set value of  $\Psi_z$  are identical, one can fully speak about the fact that, from physical point of view, the genesis of internal mechanism of dilation of Time has unitary character.

### 3.1. Results of Table 1.

How the calculation was done? First, one-to-one correspondences according to the formulas (4) and (5) were established between current values of the phase angle of Time  $\Psi_z$  and concrete values of velocity  $v$ , and coordinate  $r$ . In other words, every angle characteristic has precise value of  $v$  and  $r$ . Then, knowing numerical norms of  $v$ ,  $r$  and  $\Psi_z$ , it is not difficult to find  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$ . It is lapidarily seen from Table 1: to what degree the concord of values of time for these three cases takes place. Let's note that for  $v$ ,  $r$  and  $\sec \Psi_z$ , the calculation was done to the sixths or seventh sign after comma, and for  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$  — to the sixths sign, respectively.

Let's select, for instance, several rows with certain values of the phase angle of Time from Table 1 and see which figures will appear for  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$ .

Example 1: let's select  $\Psi_z = 8^\circ$  and consider that  $\tau = 10$ . Herewith,  $\sec 8^\circ = 1,009876$ . In parallel, we find that the following is proportional to this angle: velocity  $v = 0,1391729 c$  and distance  $r = 51,6285560 r_g$ . In this case,  $t_{str} = 10,098275$ ;  $t_{gtr} = 10,098276$  and  $t = 10,098276$ . As it is seen, the results turn out to be identical to the fifth sign after comma.

Example 2: let's select  $\Psi_z = 59^\circ$  and consider that  $\tau = 10$ . Herewith,  $\sec 59^\circ = 1,9416043$ . We find synchronically that the following corresponds to this angle: velocity  $v = 0,8571672 c$  and distance  $r = 1,3610331 r_g$ . In this case,  $t_{str} = 19,416035$ ;  $t_{gtr} = 19,416011$  and  $t = 19,416040$ . Eventually, the results are identical according to their values till the fourth sign after comma.

Example 3: let's select  $\Psi_z = 89^\circ$  and consider that  $\tau = 10$ . Herewith,  $\sec 89^\circ = 57,2986884$ . Simultaneously, we find that the following is proportionate to this angle: velocity  $v = 0,9998476 c$  and distance  $r = 1,0003046 r_g$ . In this case,  $t_{str} = 572,977240$ ;  $t_{gtr} = 572,974178$  and  $t = 572,986884$ . It is well distinguished that final numbers correspond till the fifth sign after comma.

It is universally known that angle values, except for degrees, are measured additionally in both, minutes and seconds. Let's review a task with widened angle unites of measurement.

#### Task 1.

Given:  $\Psi_z = 89^\circ 49' 49''$ ;

We accept:  $c = 1$ ;  $r_g = 1$ ;  $\tau = 10$

We need to find:  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$

Solution:

1) we find the value of calibration constant  $\sec \Psi_z$ ,  $\sec 89^\circ 49' 49'' = 337,5861013$ ;

2) according to equation (3), we establish that  $t = 3375,861013$ ;

3) using (4), we define that  $v = 0,99999561 c$  and relying upon (2), we establish that  $t_{str} = 3374,836535$ ;

4) using (5), we have  $r = 1,0003046 r_g$  and then, considering (1)  $t_{gtr} = 3376,760067$ ;

From the mathematical point of view, it is reasonable to analyze items 3) and 4) in task 1 with respect to the internal verification content. For this purpose, we adapt the definitive: *about measure of central tendency* [9, p. 28], which is written down as  $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$  on this task. Consequently, mean  $\bar{t}$  is defined as  $\frac{1}{2}(t_{str} + t_{gtr})$  and then,  $\bar{t} = 3375,798301$ .

From the gnoseological point of view, it is undoubtedly an important result. Actually, mean  $\bar{t}$  is identical to  $t$  in the integer part. From this fact, it possibly follows that out of three values in task 1, only the numerical value of Time  $t$  will be significant. This conclusion obliges to use Time  $t$  as priority in temporal statistics.

Generalizing the results of the first, second and third examples, and, naturally, task 1, one can say that the change of precision of coincidence of numerical values of coordinate time from the fifth sign after comma to the first sign as well as directly in the integer part in task 1, is determined by the understanding that, for instance, quantum and topological fluctuations appear in the relational velocity segment as well as in the field of critical gravitational potential with a bigger likelihood ratio.

There is a separate question of approximation of the results in projection on spatial-time hyper-surface relative to set event obtained in Table 1. It is clear that the area of change of the phase angle of Time from 0 to  $\frac{\pi}{2}$  is projected on the light cone of the Future. The scheme in Fig. 1 is borrowed from [8, p. 81] with a small addition. The above presented position is fair for both, special and general theory of relativity. Taking into account the imperative in this work about the domination of proper time  $\tau$

as substantive system, relative to which the analysis of temporal events is conducted, one can observe the *translation* in  $F$  of the observer related to coordinate time  $t$ . For instance, if  $\Psi_z = 79^\circ$  and  $\tau = 10$ , coordinate time of the observer  $t$  is equal to approximately 52,408 of conventional temporal units. Based on this, it can be concluded that *chronological transaction* in coordinate time is approximately 5,2 times higher than the value of proper time.

Thus, checking entire Table 1 and comparing numerical parameters for  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$ , we come to a firm conclusion that the process of dilation of Time in STR and GTR is a unitary phenomenon and the internal mechanism of dilation of Time is universal for both Einstein's theories.

### 3.2. Results of Table 2.

Similarly with section 3.1, knowing the current value of  $\Psi_z$ , we find  $v$  and  $r$ . The next step is to define  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$ . Table 2 demonstrates the degree of real correlation of found characteristics. It is easy to note that numerical data in Table 2 will be symmetrical to those, which are contained in Table 1. The difference is only in qualitative evaluations.

In parallel, we note that in the conditions, when the phase angle of Time covers the interval  $[\frac{\pi}{2}; \pi]$ , basis principles of the special and general theory of relativity do not reflect full physical picture describing the temporal area of the Past.

1. Let us analyze the numerical presentations in the context of fundamental principles in the STR. In Table 2, it is established that velocity  $v$  has a negative value. It is clear that such configuration cannot be materialized within the frames of spatial-time continuum of the reality surrounding us, because it is difficult to find such physical system, in which a scenario with negative velocities would be realized. However, there were attempts to give reverse arguments. Let us formulate them as follows: a) inertial system of reference related to moving clocks  $K'$  is transferred to the mode of uniformly retarded motion (dilation represents negative acceleration) relative to immovable inertial system of reference  $K$ ; b) negative velocity is allowed in the case if the movement of the immovable inertial system of reference  $K$  relative to inertial system  $K'$  prevails; c) it is forecasted that the velocity, as kinematic invariant, can take negative values, which are integrated into temporal areas identical to the Past. Theoretically, it is unlikely to specify such quasi-systems, in which variants a) and b) would be fully adapted. As for the variant c), it cannot be realized even hypothetically. It is related to the fact that, accord-

ing to Table 2, even in the event of presence of the sign of minus in velocity, during the calculation of  $t_{str}$ , the sign of this characteristic is always positive. Hence, it is nor rightful to speak about temporal areas of Time congruent to the Past.

The fundamental conclusion obtained from Table 2 for the STR is the velocity taken according to the mode is always lower than the velocity of light,  $|v| < c$ . Thus, the following is observed strictly: 1) the second principle of Einstein (concept of consistency of velocity of light) [7, p. 276]; 2) thesis about the fact that velocity of light is the terminal velocity of transfer of interactions and signals from one point of space to the other [5, p. 512]; 3) principle of causality [7, p. 301].

2. Let's consider numerical parameters for GTR. In Table 2, it is clearly seen that coordinate  $r$  (distance from gravitational radius) fully depends on  $\Psi_z$ . As the phase angle of Time changes from  $90^\circ$  to  $180^\circ$ , the distance from  $r_g$  increases uniformly, i.e.  $r > r_g$ . In other words, the situation when  $r$  can become smaller than gravitation radius is excluded completely. Let us consider predicted values for the time in the section of GTR. As for  $t_{str}$ , the time of  $t_{gtr}$  has positive sign. It means that, in these conditions, there is no possibility to adapt temporal areas of the Past for the given time norm definitively.

3. Now, let us consider the data in Table 2. It establishes that the phase angle of Time  $\Psi_z$  has consecutive numbering of angle values. The fundamentality of this event ensures transgression of values of calibration constant  $\sec \Psi_z$  through chronotopic [6, p. 34] point of bifurcation [1, P. 56].  $\Psi_z = \frac{\pi}{2}$  is implied as this point. In the proposed contemplations, we have:  $\Psi_z \in [0; \frac{\pi}{2} \cup \frac{\pi}{2}; \pi]$ .

<sup>2</sup> Mathematical calculations shows that time  $t$  related to action  $\sec \Psi_z$  within the limits of  $\frac{\pi}{2} < \Psi_z \leq \pi$  forms a group of effective negative numbers. It is easy to note that a known mathematical operation — operation of time reversion, i.e.  $t \rightarrow -t$ , is well formed here.

Based on this, a conceptual follows: inversion of Time is set by not mechanical postulation, but is formed as result of strict mathematic actions.

For instance, let's take the values of  $\Psi_z$  from Table 2.

Task 2

Given:  $\Psi_z = 105^\circ 49' 49''$ ;

We accept that:  $c = 1$ ;  $r_g = 1$ ;  $\tau = 10$

We need to find:  $t_{str}$ ,  $t_{gtr}$  and  $t$

Solutions:

1) we find the value of  $\sec \Psi_z$ ,  $\sec 105^\circ 49' 49'' =$

= - 3,6658411;

2) according to equation (3), we establish that  $t = - 36,658411$ ;

3) using (4), we define that  $v = - 0,9620739 c$  and relying upon (2), we establish that  $t_{str} = 36,658356$ ;

4) using (5), we have  $r = 1,0803962 r_g$  and then, considering (1)

$$t_{gtr} = 36,658403;$$

Obtained numbers have good convergence and demonstrate that only item 2) can ensure translation to the Past. In other words, *chronological transaction* in  $P$  relative to coordinate time  $t$  is about 3,6 times (in absolute value) bigger than proper time  $\tau$ . As for items 3) and 4), they do not generate areas of negative Time at all.

In this section, the conclusions a priori adequate to the whole complex of postulates, which are the consequence of the operation of reversion of Time, take place. For instance, the following is preserved: 1) certain  $T$ -symmetry, herewith,  $t$  as physical value refers to  $T$ -odd parameters [2, p. 720];

2) principle of causality. As well as other conditions [4, p. 18].

To sum up, we want to note that for the phase angle of Time changing from  $\frac{\pi}{2}$  to  $\pi$ , the process of dilation of

Time described in the special and general theories of

relativity also narrows down to a unified unitary mechanism. Constructively, this fact is in certain concord with calculation facts.

### Conclusion.

As result of the research of the set task in this article, we arrive at a non-trivial solution. Namely, the work of the internal mechanism of dilation of Time narrows down to one general physical process. This conclusion can be made only in the case, if the method, the basic elements of which are *calibration mode*  $\Psi_z$  (phase angle of Time) and *calibration coefficient*  $\sec \Psi_z$ , is used.

It is important that for out area of visible part of the Universe, where the Space is filled with matter, the following values of the phase angle of Time are objective and really effective  $\Psi_z \in [0; 90^\circ \cup] 90^\circ; 180^\circ]$ . Because, at this section of angle characteristics, both, temporal areas of the Past and temporal areas of the Future of our World are reflected.

In addition, we would like to make the following remark: one should not view the concept proposed in this work as alternative program aimed at substitution of Einstein's fundamental theories. The formulated hypothesis fits well within the Einstein's fundamental doctrine. Herewith, it is a direct consequence following from the STR and GTR, which widens our notion about the effect of dilation of Time.

### References:

1. Андронов А. А., Леонович Е. А., Гордон И. М., Майер А. Г. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. – М.: – Наука, – 1967. – 56 с.
2. Берестецкий В. Б., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Теоретическая физика. Издание 4-е, исправленное. – М.: Физматлит, – 2002. Т. IV. Квантовая электродинамика. – 720 с.
3. Злобин И. В. К вопросу о физической сущности процесса замедления времени в специальной и общей теории относительности. Часть 1//European research. –2016. – № 3 (13) С. 11–16.
4. Злобин И. В. Перспективные аспекты развития физико-топологических представлений о Времени//European science. – 2016. – № 3 (13) С. 16–25.
5. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. Издание 7-е, исправленное. – М.: Наука, – 1988. С. 512.
6. Флоренский П. А. Время и пространство//Социол. исследования. – 1988, – № 1; Time in Science and Philosophy. Prague, – 1971. С. 34.
7. Эйнштейн А. Собрание научных трудов, Т. 1//Под. ред. Тамма И. У., Смородинского Я. А. Кузнецова Б. Г. Наука, – М., – 1965–1967.
8. Hawking S. W., Ellis G. F. R., The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge University Press, –1973.
9. Havil J., Gamma: Exploring Euler's Constant. Princeton, NJ: Princeton University Press, – P. 120, – 2003. – C. 28.

Sadikaj Ndriçim,

Duka Anila,

University "Ismail Qemali" Vlora, Albania

MSc. in Mathematics, The Faculty of Technical Sciences

E-mail: ndsadikaj@gmail.com, dukaanila@gmail.com

## Entropy of Strings and Black Holes

**Abstract:** This paper gives a brief introduction to black holes in string theory, in which we primarily focused on describing some of the recent calculations of black hole entropy using the statistical mechanics. The behavior of the entropy indicates that at high energies the temperature approaches a finite constant, the Hagedorn temperature. We explain how the counting of string states can be used to give a statistical mechanics derivation of the entropy of black holes.

**Keywords:** Black hole, thermodynamics, entropy, Hagedorn temperature.

### 1. Introduction (A review of statistical mechanics)

The microcanonical ensemble consists of a collection of copies of a particular system  $A$ , one for each state accessible to  $A$  at a particular fixed energy  $E$ . We let  $\Omega(E)$  denote the number of possible states of the system  $A$  when it has energy  $E$ . The entropy  $S$  of the system is defined in terms of the number of states as

$$S(E) = k \ln \Omega(E),$$

where  $k$  is Boltzmann's constant. The temperature  $T$  of the system is defined in terms of the derivative of the entropy with respect to the energy:

$$\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E}.$$

Suppose we know the quantum states  $\{a\}$  of the system and their associated energies  $\{E_a\}$ . Then the partition function  $Z$  for system  $A$  is defined as

$$Z \equiv \sum_a e^{-\beta E_a}, \quad \beta = \frac{1}{kT}.$$

If system  $A$  is known to have temperature  $T$ , then, using  $Z$ , we can calculate

the probability that  $A$  is in a particular quantum state. The probability  $P_a$  that the system, in contact with the reservoir at temperature  $T$ , is in the state  $a$  is

$$P_a = \frac{e^{-\beta E_a}}{T}.$$

We can calculate the average energy  $E$  of the system  $A$  in the ensemble by differentiation of the partition function and the pressure  $p$  respectively

$$E = \sum_a P_a E_a = -\frac{\partial \ln Z}{\partial \beta}, \quad p = \frac{1}{\beta} \frac{\partial \ln Z}{\partial V}.$$

Another useful quantity is the Helmholtz free energy  $F$ . Its basic properties can be obtained in a few steps starting from the first law of thermodynamics.

The free energy  $F$  is defined as

$$F = E - TS = -kT \ln Z.$$

We will calculate entropy as a function of temperature which comes to be:

$$S = -\frac{\partial F}{\partial T}.$$

Our aim is to use the basic thermodynamic relations reviewed above to compute interesting properties of the string. The agreement between the string calculations and the thermodynamical expectation is only qualitative for the case of Schwarzschild black holes, but it is quantitative for certain types of extremal black holes.

### 2. Hagedorn temperature

Now we are considering open strings that carry no spatial momentum. For example, if the open string endpoints end on a  $D_0$ -brane. When momentum is zero, the string has energy levels that are simply given by the rest masses of its quantum states. The mass-squared of a given state can be expressed in terms of the number operator  $N^\perp$

$$\frac{S_{str}}{k} \sim M \sqrt{\alpha'} \sim M \ell_s.$$

It follows that the energy  $E=M$  is related to the number operator and in the microcanonical ensemble, the number of states  $\Omega(E)$  equals  $p_{24}(N^\perp)$ , because we have 24 transverse light-cone directions, and consequently 24 oscillator labels for each mode number. As a result,  $S(E) = k \ln p_{24}(N^\perp)$ . For large energy,  $N^\perp$  is also large, and we find

$$S(E) = 2\pi k \sqrt{\frac{N^\perp \cdot 24}{6}} = 4\pi k \sqrt{N^\perp}.$$

Making use of the number-energy relation we find  $S(E) = 4\pi k \sqrt{\alpha' E}$ .

This is the entropy-energy relation at high energy. An entropy proportional to the energy is unusual because it leads to a constant temperature:

$$\frac{1}{kT} = \frac{1}{k} \frac{\partial S}{\partial E} = 4\pi\sqrt{\alpha'}.$$

This temperature is called the Hagedorn temperature  $T_H$ :

$$\frac{1}{\beta_H} = kT_H = \frac{1}{4\pi\sqrt{\alpha'}}.$$

### 3. Black holes and their entropy

Black hole have thermodynamical temperature and entropy, but these properties are difficult to understand at the fundamental level of statistical mechanics, where they should be derived from a counting of degrees of freedom. String theory has had some impressive success in understanding the entropy of black holes. We review basic features of black holes and use string theory to discuss the entropy of four-dimensional Schwarzschild black holes.

For a particle of mass  $m$ , this energy includes the rest energy  $mc^2$  and the gravitational potential energy  $-mMG/R$ . Setting the sum of these two equal to zero, we find

$$mc^2 - \frac{mMG}{R} = 0 \Rightarrow R = \frac{MG}{c^2}.$$

Physicists often speak of the Schwarzschild radius associated with a mass, meaning by this the radius of a black hole carrying such mass.

The Hawking temperature of a black hole of mass  $M$  turns out to be  $k\bar{T}_H = 1/8\pi MG$ , so by inserting back the factors of  $\hbar$ ,  $c$ , and  $G$  we find

$$k\bar{T}_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi MG}$$

This equation allows us to calculate the Bekenstein entropy  $S_B$  of the black hole. Using  $E=Mc^2$  for the energy of the black hole and the first law of thermodynamics  $dE=\bar{T}_H dS_B$ , we write

$$dE = c^2 dM = \bar{T}_H dS_B = \frac{\hbar c^3}{8\pi MG} \frac{1}{k} ds_B.$$

Integrating this equation, and assuming that the entropy of a zero-mass black hole is zero, we find

$$\frac{S_B}{k} = \frac{4\pi G}{\hbar c} M^2.$$

A useful alternative expression for the entropy uses the area  $A$  of the event horizon. With  $A=4\pi R^2$ , one readily obtains

$$\frac{S_B}{k} = \frac{c^3}{4\hbar G} A = \frac{A}{4l_p^2}$$

where  $l_p$  is the Planck length. The right-hand side in this equation has a simple interpretation: the Bekenstein entropy  $S_B$  is one-fourth of the area of the horizon expressed in units of Planck-length squared. String theory provides candidate degrees of freedom for black holes, but they do not relate directly to the horizon area.

In string theory, we attempt to relate a stationary black hole to a string with high degree of excitation but zero momentum. Entropy of the string by equation putting  $E=M$ ,

$$S_{str} = 4\pi k\sqrt{\alpha'} M,$$

where we have added the subscript “str” to refer to the entropy of the string.

This result should be compared to the black hole entropy

$$S_B = 4\pi k M^2 G.$$

The disagreement appears to be clear: the entropy of a black hole goes like the mass squared, while the entropy of a string goes like the mass. The linear dependence of the string entropy on the mass  $M$  of the string is not surprising. Entropy is an extensive quantity, and for a string the mass  $M$  is roughly proportional to its length  $L$ . The black hole entropy, on the other hand, exhibits a surprising feature: it is not proportional to the volume enclosed by the event horizon, but rather, to the area enclosed by the horizon. This failure of extensivity is a feature of gravitational physics.

Before considering the relation between two above equations let us give a heuristic derivation of the string entropy. For this, we consider a string of mass  $M$  and estimate its length  $L$  to be roughly given by

$$M \sim T_0 L \sim \frac{1}{\alpha'} L,$$

where  $T_0 \sim 1/\alpha'$  is the string tension. We now imagine a string built by joining together bits of string, each of which is of length  $\ell_s = \sqrt{\alpha'}$

Each string bit can point in any of  $n$  possible directions. The number  $n$  may be equal to the number of spatial dimensions, but since our arguments are rough, we will not be specific. Since the number of string bits is  $L/\sqrt{\alpha'}$ , the number of ways  $\Omega$  that we can build this string is roughly

$$\Omega \sim n^{L/\sqrt{\alpha'}} \sim n^{M\sqrt{\alpha'}} \sim e^{M\sqrt{\alpha'} \ln n}.$$

The entropy of the string is obtained by taking the logarithm of  $\Omega$ :

$$\frac{S_{str}}{k} \sim M\sqrt{\alpha'} \sim M\ell_s$$

where we discarded the  $\ln n$  factor, in keeping with the accuracy of the estimate. This result is consistent with the expression given by formula:  $S_{str}/k = 4\pi\sqrt{\alpha'} M$

Equations of entropy disagree because the black hole entropy  $S_B$  was calculated in a regime where interactions are necessary, while the string entropy  $S_{str}$  was calculated for free strings.

### 4. Conclusion

The existence of black hole entropy indicates the existence of microscopic degrees of freedom which are

not present in the usual Einstein theory of gravity. String theory does provide a microscopic framework for the use of statistical mechanics. In all cases the entropy of

the appropriate string system agrees with the Bekenstein entropy. This provides an existence proof for a consistent microscopic theory of black hole entropy.

### References:

1. Zwiebach B.: A First Course in String Theory, Second Edition, – 2009.
2. Becker K., Becker M., Schwarz J. H.: String Theory and M-theory, a modern introduction, – 2007.
3. Susskind L., Lindesay J.: Black holes, information and String Theory revolution. The Holographic Universe, – 2005.
4. Myers R. C.: Black holes and String Theory, – 2001.
5. Callan C. G., Myers R. C. and Perry M. J.: Black Holes In String Theory, – 1989.
6. Wald R. M.: The thermodynamics of black holes, – 2001.
7. Carlip S.: Black Hole Thermodynamics, arXiv:1410.1486 v2, – 2015.

**DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-83-88>**

*Eyvazov Edil Ali,*

*Azerbaijan State Pedagogical University,  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,  
Head of the Chair "Mechanics and Molecular Physics"  
Physics Department*

*Masimov Eldar Ali, Baku State University,  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,  
Academician of the Russian Academy of Natural Sciences  
Head of the Chair "Structure of Matter" Physics Department*

*Ibrahimli Aygun Balayaz,  
Azerbaijan State Pedagogical University,  
Graduate student, chief assistant of the department  
"Mechanics and Molecular Physics" Physics Department  
E-mail: Aygunibrahimli@yahoo.com*

*Mirzoyev Güney Gurbanali,  
Doctoral student of the Azerbaijan State Pedagogical University,  
chief assistant of the department "Dynamics and strength of machines"  
Petroleum-mechanical faculty of Azerbaijan  
State University of Oil and Industry*

## The viscosity without activation of the liquid metals

**Abstract:** According to electron theory of metals at melting process character of inter atomic (ion) bond doesn't change, but relative change of special volume makes  $\leq 10\%$ . For alkali metals the final change is especially little  $\sim 2,5\%$  [7]. Besides, it was experimentally determined, that at the result of melting process only  $20 \div 25\%$  of inter atomic bond is broken, that is to say in liquid and crystalline metals coordinative numbers are practically similar [5]. The described structure of liquid metal has dynamic character and this allows accepting liquids as a correlated system, which consist of positive charge ions and free electrons. It is known, that free electrons play significant role in the formation of viscosity of liquid metals. Confirming the potential distribution along with the whole volume in liquid metals according to Thomas-Fermi pseudo potential, it was shown, that viscosity is defined  $\eta = AT^{-2} - D$  law (A and D are value, which don't depend on

temperature). On the example of alkali liquid metals satisfactory matching of this phenomenological position was determined at melting temperature till 1500K by corresponding experimental results (with  $\leq 4\%$  error).

**Keywords:** liquid metals, Thomas-Fermi pseudo potential, viscosity.

Эйвазов Эдил Али оглы,

Азербайджанского Государственного Педагогического Университет,

Д. ф.-м. н., профессор, заведующий кафедрой

«Механика и молекулярная физика» Физического факультет

Масимов Эльдар Али оглы,

Бакинского Государственного Университет,

Д. ф.-м. н., профессор, Академик Российской Академии Естествознания,  
заведующий кафедрой «Строения вещества» Физического факультета

Ибрагимли Айгюн Балаяз кызы,

Азербайджанского Государственного Педагогического Университет,

Аспирант, главный лаборант кафедры «Механика и молекулярная физика»

Физического факультет

E-mail: Aygunibrahimli@yahoo.com

Мирзоева Гюней Гурбанали кызы

Докторант Азербайджанского Государственного Педагогического

Университета, главный лаборант кафедры

«Динамика и Прочность Машин» Нефте-механический факультета

Азербайджанский Государственный Университет

Нефти и Промышленности

## Безактивационная вязкость жидких металлов

**Аннотация:** Согласно электронной теории металлов в процессе плавки характер атомных (ионных) связей не изменяется, но относительное изменение удельного объема составляет  $\leq 10\%$ . Для щелочных металлов окончательное изменение особенно мало  $\sim 2,5\%$  [7]. Кроме того, экспериментально было установлено, что в результате процесса плавления разрушается только  $20 \div 25\%$  атомных связей, т. е. в жидких и кристаллических металлах координационные числа практически одинаковы [5]. Структура жидкого металла имеет динамический характер, и это позволяет принимать жидкость как коррелированную систему, которая состоит из положительно заряженных ионов и свободных электронов. Показано что свободные электроны играют существенную роль в формировании вязкости жидких металлов. Предполагая распределение потенциала вдоль всего объема в жидких металлах в соответствии с псевдопотенциалом Томаса-Ферми, было показано, что вязкость определяется по закону  $\eta = A T^{-2} - D$  (где A и D — величины, которые не зависят от температуры). На примере щелочных металлов установлено удовлетворительное согласие этой закономерности с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** жидкий металл, псевдопотенциал Томаса-Ферми, вязкость.

### Введение

Согласно современным представлениям жидкому состоянию свойственна динамическая структура и статистический близкий порядок [1]. Из-за изменения структуры жидкости при изменении параметров состояния до сих пор отсутствует единая, общепринятая теория жидкостей.

В настоящей работе рассматривается один феноменологический метод, позволяющий описать тем-

пературную зависимость вязкости жидких металлов. При этом полагается, что характер межмолекулярного (межатомного) взаимодействия при плавлении соответствующей твердой фазы существенно не меняется [5]. Экспериментально установлено, что в результате плавления обрывается  $\sim 25\%$  межатомных связей, т. е. координационное число при фазовом переходе твердый метал-жидкость меняется незначительно [7]. Жидкий металл может быть представлен как коррелированная

система, состоящая из положительных ионов и свободных электронов. В принципе, в возникновение вязкости жидкого металла, наряду с положительными ионами, свободные электроны также должны давать определенный вклад. Поэтому вкратце рассмотрим некоторые аспекты теории свободных электронов в металлах.

#### Общий подход

В теории Томаса-Ферми полагается, что потенциальная энергия и плотность электронов по всему объёму распределены однородно, т. е. импульс и плотность электронов зависят от координат [6]:

$$n(r) = \frac{8\pi}{3h^3} [P_F(r)]^3 \quad (1)$$

Здесь  $r$ -радиус-вектор электрона,  $h$ -постоянная Планка. Как следует из (1), плотность электронов в единичном объёме определяется соответствующим изменением импульса. Изменение плотности электронов происходит в результате пространственной неоднородности. Наличие положительных ионов приводит к зарядовому перераспределению электронного газа. В результате этого вокруг положительных ионов образуется электронное облако. Согласно [4] поле этого облака подобно модифицированному кулоновому полю и её плотность уменьшается по экспоненциальному закону с увеличением расстояния от центра облака. Электронное облако вокруг положительного иона как бы экранирует взаимодействия между положительными ионами.

В теории Томаса-Ферми показано, что (1) имеет следующий явный вид [9]:

Таблица 1. – Некоторые характерные параметры щелочных металлов

Ме-тал	Пар.реш. $10^{-9}$ м [9]	$\frac{\Delta V}{V} \cdot 10^3$ [9]	$T_{\text{пл}}$ , К [9]	Кооп.Число [11]	$\left(\frac{m^*}{m_0}\right)$ [8]	$E_{\text{cb}} \cdot 10^{19}$ , C [8]	$n \cdot 10^{-22}$ , см $^{-3}$ [8]	$\lambda_{T-F} \cdot 10^{11}$ м [10]
Li	0,3502	16,5	453,7	9,5–9,8	1,19	2,26	4,7	6,07
Na	0,4250	25,0	371	7–8	1,03	1,81	2,65	6,68
K	0,5247	25,5	336,4	9–10	0,99	1,52	1,40	7,43

Как следует из таб.1, при переходе от Li к K энергия связи уменьшается, что в принципе должно привести к уменьшению вязкости. Ниже покажем, что отмеченная закономерность соответствует действительности.

#### Феноменологическое описание вязкости.

Пользуясь феноменологическим подходом, рассмотрим динамическую вязкость Ньютоновой жидкости. Как известно [11], вязкое течение описывается законом Ньютона, согласно которому в поле стационарного градиента скорости в направлении перпендикулярном градиенту на поверхности  $dS$  слоя жидкости действует сила внутреннего трения  $F_s$ :

$$n(r) = n_0 \cdot \left[ 1 + \frac{3eq}{2E_F^0 \cdot r} \cdot \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right) \right] \quad (2)$$

Здесь  $E_F^0$  – энергия Ферми при 0 К,  $q$  – заряд иона,  $n_0$  – плотность электронов в невозбужденной части металла.

Как следует из (2), при расстояниях  $r \gg \lambda$   $n(r) \approx n_0$ , т. е. параметр  $\lambda$  – характеризует экранизацию положительных ионов. Обычно его называют радиусом экранизации ( $\lambda_{T-F}$ ) и в теории Томаса-Ферми он определяется выражением:

$$\lambda_{T-F} = \left( \frac{\pi \hbar^2}{4m^* e^2 K_F} \right)^{1/2} = \left( \frac{E_F}{6\pi e^2 n_0} \right)^{1/2} = \left( \frac{h^2}{4m^* e^2 n_0^{1/3}} \right)^{1/2} \quad (3)$$

где  $m^*$  – эффективная масса электрона,  $K_F$  – Фермиевый волновой вектор. В металлах  $E_F$  и  $n_0$  практически не зависят от температуры. Поэтому, как следует из (3),  $\lambda_{T-F}$  также не должно изменяться с температурой. Это означает, вклад Томас-Фермиевого экранирования за счёт электрон-электронного и ион-ионного взаимодействия на вязкость не должен зависеть от температуры. С другой стороны, поскольку в соответствии (3)  $\lambda_{T-F} \sim n_0^{-1/6}$ , то с увеличением длины экранирования межионное отталкивание уменьшается, а эффективное притяжение между ионами с участием свободных электронов усиливается, что эквивалентно увеличению вязкости жидкости.

Вычисленные нами значения  $\lambda_{T-F}$  и некоторые характерные параметры для ряда щелочных металлов приведены в таб.1

$$F_s = \eta \left( \frac{d\vartheta}{dr} \right) \cdot dS \quad (4)$$

Величина

$$\eta = F_s \left[ \left( \frac{d\vartheta}{dr} \right) \cdot dS \right]^{-1} \quad (5)$$

называется динамической вязкостью и по существу означает силу внутреннего трения, действующую на единичную площадь ( $dS = 1$ ) в поле единичного градиента скорости. В молекулярном понимании эта сила возникает благодаря взаимодействию между молекулами жидкости, находящими на противоположных позициях относительно выбранной поверхности  $dS$ .

При ламинарном течении  $\left(\frac{d\varphi}{dr}\right) = const$ , поэтому  $\left[\left(\frac{d\varphi}{dr}\right) \cdot dS\right]^{-1} = const = C$ . Тогда из (5) имеем

$$\eta = C \cdot F_s \quad (6)$$

(6) носит универсальный характер, т. е. не зависит от природы жидкостей и показывает, что динамическая вязкость при ламинарном течении однозначно определяется межмолекулярной силой и если известен явный вид силы взаимодействия, то в принципе посредством (6) можно вычислить динамическую вязкость. На этом базируется феноменологический подход, предложенный нами относительно природы динамической вязкости жидкостей. Согласно этому подходу, поскольку динамическая вязкость определяется межмолекулярной силой, то можно допустить, что вязкость по существу не является активационным процессом, а перенос импульса между слоями жидкости осуществляется колебаниями атомов или молекул.

На примере жидких металлов, основываясь на (6) проанализируем динамическую вязкость. Будем исходить из того, что в металлических кристаллах свободные электроны движутся в электростатическом поле, созданном положительными ионами и их движение характеризуется следующим псевдо потенциалом [9]:

$$\varphi(r) = \frac{A}{r} \exp(-B \cdot r), \quad (7)$$

где A-постоянная величина,  $B = \lambda_{E-A}^{-1}$ . При  $B_i r < 1$  (7) можно представить как

$$\exp(-B \cdot r) \approx 1 - Br + \frac{(Br)^2}{2}$$

тогда из (7) имеем:

$$\varphi(r) \approx \frac{A}{r} - AB + \frac{AB^2}{2} \cdot r. \quad (8)$$

Поскольку  $F = -\text{grad}\varphi$ , то сила между непосредственно соседними слоями жидкости, с учётом (8) будет:

$$F(r) = -\frac{d\varphi(r)}{dr} = \frac{A}{r^2} - \frac{AB^2}{2} = \frac{A}{r^2} - D \quad (9)$$

Здесь  $D_1 = \left(\frac{AB^2}{2}\right) = const$  и не зависит от температуры. Учитывая (9) в (6) для вязкости металлических жидкостей получим:

$$\eta = BF = \frac{CA}{r^2} - CD = \frac{A_1}{r^2} - D_1 = \eta_1 + \eta_2, \quad (10)$$

где,  $A_1 = CA$  и  $D_1 = CD$  – постоянные величины для данной жидкости.

Как следует из (10), динамическая вязкость жидких металлов состоит из двух составляющих. Первая  $\eta_1 = \frac{A}{r^2}$  вероятно обусловлена межчастичным притя-

жением, а вторая  $\eta_2 = -D_1 = const$  и связана с газом свободных электронов. В параболическом приближении можно полагать, что с увеличением температуры межионные расстояния в жидкости растут по линейному закону, т. е.  $r \sim T$ , как это имеет место в твердых кристаллических металлах. (Увеличение объёма металла при плавлении всего на  $\sim 2\div 5\%$  дает основание делать такое предположение). Следовательно, пользуясь феноменологическим приближением температурную зависимость вязкости жидких металлов можно задать следующим выражением:

$$\eta(T) = \frac{A}{T^2} - D \quad (11)$$

Согласно (11), динамическая вязкость жидкого металла состоит из двух слагаемых: первое обусловлено ион-электронным взаимодействием, а второе- независящее от температуры. слагаемое, по сути, является вязкостью свободного электронного газа.

При известных значениях A и D можно вычислить динамическую вязкость при любой температуре. Однако, явный вид зависимостей этих параметров от каких-либо характеристик жидкости не известен. Поэтому в настоящей работе использован полуэмпирический метод, позволяющий установить температурную зависимость вязкости рассматриваемого жидкого металла. Этот метод базируется на знании значения динамической вязкости при двух произвольных температурах. Для ясности, предположим, что при двух произвольных температурах  $T_i$  и  $T_j$  динамическая вязкость соответственно равна  $\eta_i$  и  $\eta_j$ . Учитывая эти значения в (11) и совместно решая полученные уравнения, после простых преобразований для параметров A и D получим:

$$A = \frac{T_i^2 \cdot T_j^2}{T_j^2 - T_i^2} (\eta_i - \eta_j) = \frac{T_i^2 \cdot T_j^2}{T_j^2 - T_i^2} \Delta \eta_{ij}$$

$$D = \frac{T_j^2}{T_j^2 - T_i^2} (\eta_i - \eta_j) - \eta_i = \frac{T_j^2}{T_j^2 - T_i^2} \Delta \eta_{ij} - \eta_i \quad (12)$$

Из (12) и (11) температурная зависимость динамической вязкости жидких металлов определяется следующим аналитическим выражением:

$$\eta(T) = \left[ \frac{T_i^2 \cdot T_j^2}{T_j^2 - T_i^2} \Delta \eta_{ij} \right] \cdot \frac{1}{T^2} - \left[ \frac{T_j^2}{T_j^2 - T_i^2} \Delta \eta_{ij} - \eta_i \right] \quad (13)$$

По двум эмпирическим значениям вязкости взятие из [10] посредством (13) нами установлена температурная зависимость вязкости для ряда жидких металлов. Соответствующие результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. – Вычисленные значения величин А и D

Жидкий металл	$A, \frac{K^2 \cdot kg}{m \cdot sek}$	$D \cdot 10^6, \frac{kg}{m \cdot sek}$	Тем. интервал $\Delta T, K$
Li	95,84	-146,8	$500 \leq T \leq 1500$
Na	81,69	-97,1	$400 \leq T \leq 1500$
K	52,7	-83	$400 \leq T \leq 1500$
Pb	621	-638	$720 \leq T \leq 1100$
Sn	363	-560	$510 \leq T \leq 1100$

Как следует из таб. 2, при переходе по жидким металлам Li, Na и K обе величины А и D уменьшаются. Вследствие этого уменьшается и вязкость, т. е. согласно нашим вычислениям  $\eta_{\text{ж}}(\text{Li}) < \eta_{\text{ж}}(\text{Na}) < \eta_{\text{ж}}(\text{K})$ . Вычисленные и эмпирические значения вязкости нами

выбранных жидких металлов достаточно хорошо согласуются между собой. Соответствующие данные в качестве примера для жидкого лития приведены в табл.3 и для жидкого калия на рисунке.

Таблица 3. – Вычисленные ( $\eta_{\text{в}}$ ) и табличные ( $\eta_{\text{T}}$ ) значения вязкости жидкого лития

T, K	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
$\eta_{\text{T}} \cdot 10^6$ $\frac{kg}{(m \cdot sek)^{-1}}$ [11]	531	426	358	310	275	247	225	207	192	180	163
$\eta_{\text{в}} \cdot 10^6$ $\frac{kg}{(m \cdot sek)^{-1}}$	530,2	413	342,4	296,6	261,1	242,6	226	213,3	203,5	195,7	189,4
$\eta_{\text{в}} / \eta_{\text{T}}$	0,998	0,976	0,956	0,958	0,964	0,984	1,004	1,030	1,059	1,088	1,118

Согласно таб.3 и рис. при температурах выше температуры кипения вычисленные по (11) и табличные значения вязкости несколько отличаются. Вероятно,

это связано с тем, что при столь высоких температурах гармоническое приближение не приемлема и потенциал взаимодействия отличается от псевдопотенциала.

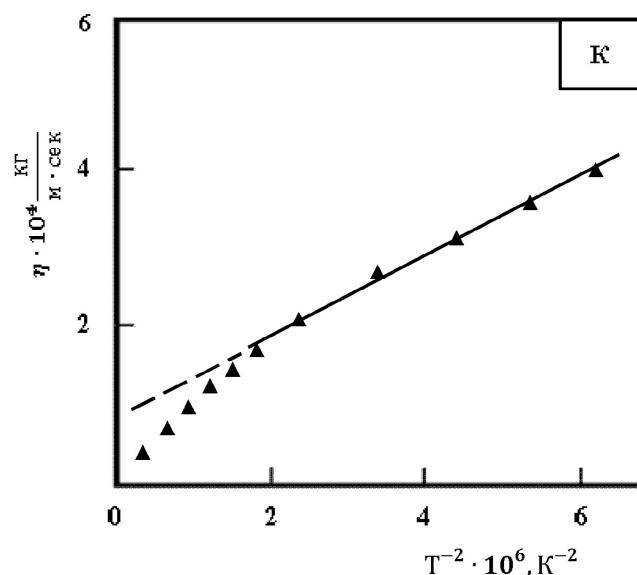


Рис. 1. Температурная зависимость вязкости (фигуры-таблич., сплошн. вычисл.)

Таким образом, в настоящей работе основываясь на феноменологический подход установлено аналитическое выражение вязкости жидких металлов и показано, что оно стоит из двух слагаемых: первое — обратно пропорционально температуре,

а второе — постоянная величина для данной жидкости. Предложенный метод применен к нескольким металлическим жидкостям и установлено, что вычисленные и табличные значения вязкости удовлетворительно согласуются между собой.

### Список литературы

1. Белащенко Д. К. Структура жидкких и аморфных металлов. – М., – 1989. 485 с.
2. Де Бур. Теория жидкого состояния. УФН., – 1986. С. 127–150.
3. Дриц М., Зусман Л. Л. Сплавы щелочных и щелочноземельных металлов. М., – 1998. – 284 с.
4. Займан Дж. Физика металлов – М., – 1989. – 340 с.
5. Кикоин И. К. Таблицы физических величин. (Справочник) – М., – 1976. С. 137
6. Уббелоде А. Плавление и кристаллическая структура – М., – 1979, – 460 с.
7. Физика простых жидкостей (под ред. Г. Темперли, Дж Роулинсона, Дж Рашибрука) – М., – 1971. – 308 с.
8. Фишер И. З. Статическая теория жидкостей, – М. – 1989. – 324 с.
9. Хейне В., Коен М., Уейр Д. Теория псевдопотенциала – М. – 1975. – 370 с.
10. Швидовский Е. Г. Некоторые вопросы вязкости расплавленных металлов – М. – 1955.
11. Эйвазов Э. А. и др. Введение в молекулярную физику и термодинамику. – Б. – 2010. – 602 с.

## Section 9. Chemistry

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-89-92>

Astrit Denaj,  
University of Vlora «Ismail Qemali»  
Msc. in Physics, Faculty of Technical Sciences  
E-mail: astrit.denaj@yahoo.it

Dritan Spahiu,  
University of Tirana Prof. Dr. in Physics,  
Faculty of Natural Sciences  
E-mail: dspahiu12@yahoo.com

### Enviromental conditions of former Soda PVC plant in Vlore (Albania) after the remeditation

**Abstract:** In this paper, we treat the evaluation of mercury concentration, in the soil samples taken in the study. These samples are taken in the area of the ex-Plant of PVC Vlora. (Albania) after the rehabilitation of this area. The results of the samples analysis, done by CVAAS methodology, are in a higher concentration than 0.07–0.3 mg/kg (“the preliminary critical limits to prevent ecological effects” according UNEP Chemicals.).

**Keywords:** Pollution, concentrations of Hg, Soda-PVC, CVAAS.

#### Introduction

Vlora city, with a population of about 200,000 inhabitants, is the largest city of the South-West area of Albania, which stretches along the bay that holds the same name. Five kilometers north of the city of Vlora, with an area of about 1km<sup>2</sup>, is located the territory of the former industrial complex of Soda PVC.

During the 1976–1992, this industrial complex produced chlorine-alkali products, by using the mercury and its compounds as key elements in technological processes [1, 7–8].

The remains of this complex, which contain mercury, are deposited close to the sea and it's surrounding buildings, thus enabling environment pollution.

The process of remediation of the polluted area is realized through the combination of several technologies, which consist of the encapsulation, excavation of contaminated soils and deposit of waste in the ground [2, 2–3].

During 2007–2008, was conducted a rehabilitation project in this area. The project anticipated in several stages of work that will be finalized through cleaning of the area.

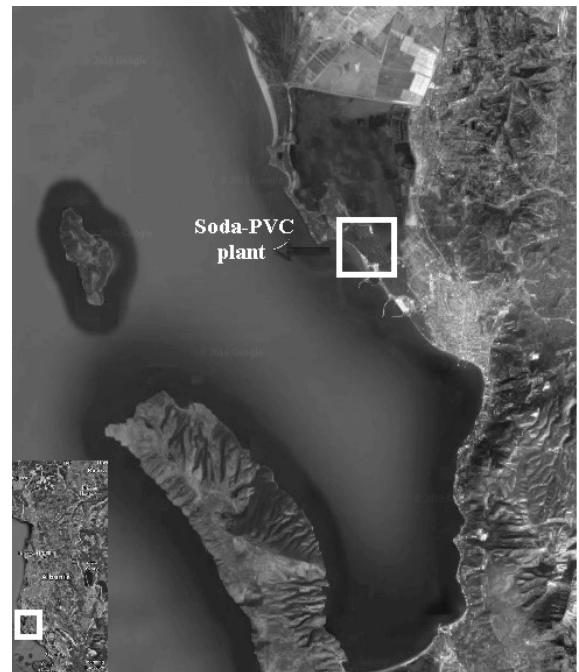


Fig. 1. The map of Vlora city (Albania)

Previously would be opened a huge pit, which will be laid with a layer of clay in its bottom and slats, thereafter will be raised a thick plastic layer in order to prevent filtering of hazardous waste in the ground or in

the sea. In the area would be demolished some of the buildings already left as skeletons, while inert would go into the isolated opened pit, also a thickness of soils and waste to a depth of two meters will flee the area, and then would be thrown into the open pit and will be carried out their isolation by covering the entire pit by planting greenery on it. In the cleaned area would be thrown pure and friable soil, and the whole surface will be planted with grass and trees [4, 1–2].

After the remediation is conducted a monitoring in order to analyze the evolution of pollution in the area. This monitoring conducted during the month of December 2015 and consists in the analysis of several samples at different depths in the former soda plant PVC.

### Materials and Methods

#### Sampling Procedure

Area included in this study is the surrounds of the former Soda PVC plant, located 5 km North of the city of Vlora.

The sampling has been done at 13 points within the study area. Each point are formed by three samples at different depths, respectively at 30 cm and 150 cm. The geographical coordinates of the points have been measured using GPS. Soil samples were collected up to 150 cm deep from the surface, were air dried, sieved

through a 2.0 mm screen, and then ground and sieved through a 0.063 mm screen. The homogenized samples were stored in airtight pure plastic bags.

#### Analytical Procedure of soil samples:

A procedure based on UNEP/IAEA Reference Method for Pollution Studies was used [8, 12–13]. A 0.3–0.5 g sub samples was treated with a mixture of  $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$  (9:1) in a hot plate at 70–80 °C for 3 hours in closed PTFE vessels. After cooling, 1ml of 5%  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  was added and water up to 50ml. Depending on mercury content on the sample, an aliquot of clear solution was used for mercury determination by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry (CV-AAS) [5, 81–82]. All measurements were carried out using a Varian SPECTRAA 10 Plus instrument equipped with a home-made schema having a sensitivity about 0.2 ppb Hg. All reagents used for mercury analyses are “low in Hg” quality (from Merck).

#### The determination of Mercury

The system used for volatilization and atomization of mercury is shown schematically in Fig.2 [1, 16]. The optimum of the operation of cold vapor system were sample volume injected: 20 ml and air carrier gas flow rate: 2.0 L/min.

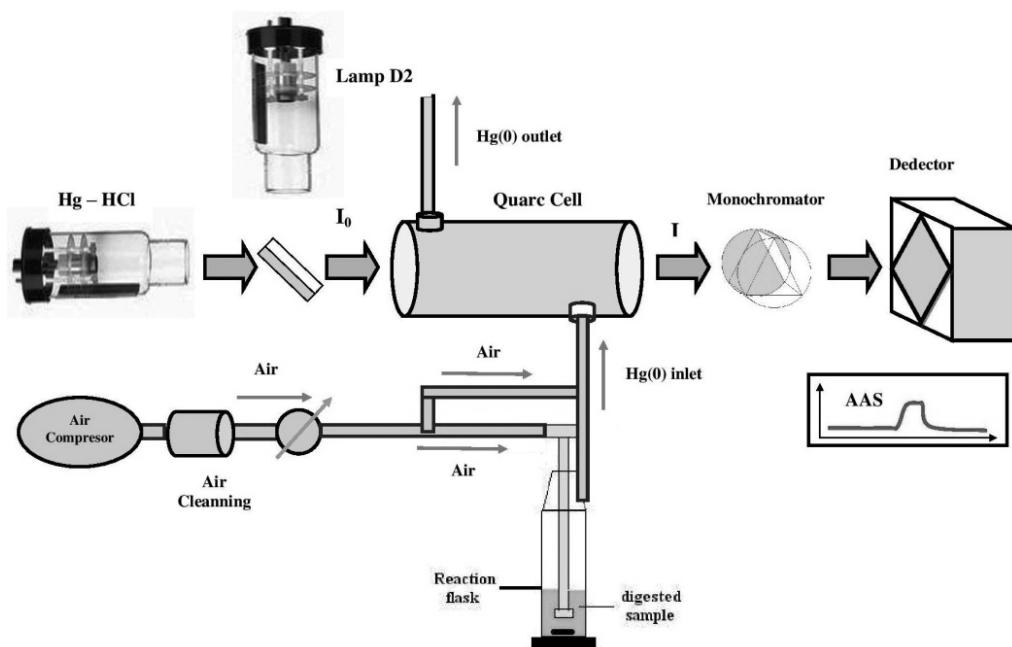


Figure 2. Schematic diagram of the system used for volatilization and atomization of mercury

#### Reagents

All reagents were of analytical grade and met the requirements for determination of mercury. Tin (II) chloride was used as a 10% solution in HCl for reduction of  $\text{Hg}^{2+}$  to  $\text{Hg}^0$ . The solution was purified in the gas wash bottle for 10min with airflow of 2.0 L/min.

#### Operation of cold vapor system

Samples ready for determination of total, inorganic, or organic mercury were transferred to the gas wash bottle and  $\text{SnCl}_2$  solution (10 mL) was added. Gas flowing from the bottom of the bottle transferred mercury ( $\text{Hg}^0$ ) vapor through the measuring quartz cell, mounted in the

optical path of the apparatus. After signal recording the stream of gas was changed to cleaning mode and the system was ready for next measurement. The signal from standards was measured by the addition method, after removal of mercury vapor from sample. Blank samples were prepared from distille water and treated in the same way with natural samples [3, 12–13].

#### Quality assurance of the data.

Two reference certified materials (CRM) were analyzed at the same time with sediment samples of studied area, SDM/2-TM and IAEA 405 purchased from IAEA Monaco. It could be noticed that data

obtained were in good agreement with certified values.

A reference certified materials (CRM), IAEA 086 and an inner standard prepared in our laboratory, were analyzed at the same time with our samples of the studied area. It could be noticed that the data obtained were in god agreement with certified values.

#### Results and discutions

In Table 1. are presented concentrations of Hg (mg/kg DW), which were obtained by laboratory tests. Every  $S_i$  point represent the average of the soil samples, collected on a circle with a radius of one meter [6, 56–57].

Table 1.– Hg content (mg/kg DW) in soil, ex-Plant of Soda-PVC Vlora

No. sample	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$
Hg [mg/kg] DW	0.029	18	0.023	0.148	7.667	55.6	7.286	16.7	450.7	1.279	2.543	0.464	0.170



Figure 3. The map of ex-Plant Soda-PVC, made by Google Earth

$S_i, i = 1, \dots, 13$  it shows the center of a circle which has radius of one meter, where some samples have been taken.

As clearly seen from Table 1, the concentration of mercury found in this area ranges from minimum value 0.023 mg/kg (DW) in maximum value 450.7 mg/kg (DW); with an average of about 43.12 mg/kg.

In  $S_9$  point, we have a very high concentration of mercury (This point represents the maximum value), but in  $S_3$  point, we have a lower concentration of mercury.

Meanwhile is also noted that in the points  $S_2, S_6, S_8$ , the concentration of mercury is high, by exceeding the amount of about 10 mg/kg. Thus, about 30% of the sam-

ples have a mercury concentration higher than 10 mg/kg.

The results of the description of statistical analysis of mercury concentration, determined in soil samples are shown in Table 2.

High variation exists in the concentrations of Hg data in soil samples under investigation. Coefficient of variation (CV%) is very high (286% > 75%). The coefficients of skewness and kurtosis are respectively higher than 0 and 3, indicating that the frequency distribution of Hg in the area under investigation are strongly positively skewed. The great variation, positively skewed distribution, and high kurtosis suggest that the Hg concentrations were still under the pollution level.

Table 2. – The results of statistically treated data

Statistical Parameters	Mean	Median	Standard Deviation	Sample Variance	CV%	Kurtosis	Skewness	Minimum	Maximum	Count
Values	43.12	2.54	123.41	15230.78	2.86	12.49	3.51	0.02	450.70	13.00

The highest concentration level as found in point S,<sub>9</sub>, when Hg concentration goes more than 10mg/kg.

Actual Hg concentration in soil samples are lower than the concentration level before the remediation. If we compare the range of concentration before and after remediation, it is as is show in Table 3.

Table 3. – The concentration of Hg (mg/kg, DW) in different periods

	Hg (Mean)	Rang of Hg concentration
Before remediation	205.6	0.08–2472
Actual study	43.12	0.023–450.7

Beside the Hg concentration in actual study is low compare to the values before the remediation it is still high in the area of the electrolysis building ( $C=43.12$  mg/kg, DW), that is higher than 0.07–0.3 mg/kg, the “preliminary critical limits to prevent ecological effects” according UNEP Chemicals. [7, 7]

### Conclusions

The area of the former industrial complex of PVC Caustic represents the highest mercury pollution area. This pollution comes as a result of technological waste thrown in an uncontrolled manner.

During the years 2007–2008 was carried out the remediation of this area. Soils contaminated with mercury (>10mg/kg DW) are replaced with clean soil (unpolluted with mercury) and the whole surface will be planted with grass and trees. The measurements of the area, at a depth of 150cm include precisely these soils.

Although the area has been rehabilitated, by the results of the measurements performed, results an average concentration of 43.12 mg/kg DW.

Around 30% of the analyzed samples result in a concentration higher than 10 mg/kg, showing that the concentration of mercury in the area of former Soda PVC plant is still high, compared to the rates allowed by UNEP.

### References:

1. Lazo P., Bushati S. 2008. Tirana, “Environmental situation of Vlora Bay after mercury pollution”, – Tirana – 2008, Albania, ISBN 978-99956-10-12-8.
2. Kotorri P., Çomo A. “Covering of the soils with mercury content is a choice or a solution of the problem of pollution in the former Soda PVC”, Vlora.
3. Tsuguyoshi Suzuki, March 2004, Mercury analysis manual, Ministry of the Environment, Japan.
4. Beqiraj A., Çullaj A., Kotorri P., “High-contaminated soil with mercury in the bay of Vlora (Albania) and its possible remediation”.
5. Çullaj A., Çelo V. and Babi D., 2000. “Analytical investigation of heavy metals content in sediments of Albanian coast”. Journal of Environmental and Ecology.
6. Pruša J., 2006. “Distribution of mercury in saturated and unsaturated zones at PVC-Soda site in Vlora and its vicinity”. Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment, XIII.
7. UNEP Chemicals: “Global Mercury Assement” IOMC, Geneva, Switzerland, December – 2002.
8. UNEP/IAEA “Determination of total mercury in marine sediments and suspended solids by cold vapor atomic absorption spectrophotometry”. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 26, UNEP 1985.

Dyuryagina Antonina Nikolayevna,

Docent of chemistry department,

M. Kozybayev Kazakhstan State University,

Candidate of Chemical Sciences.

E-mail: adyuryagina@inbox.ru

Tyukanko Vitaliy Yuryevich,

Engineer of joint-stock company "ZICSTO"

Ostrovnoy Kirill Aleksandrovich,

Employee of Centre of phusical and chemical  
methods of researches,

M. Kozybayev Kazakhstan State University

Salihova Karina Rinatovna,

Student, M. Kozybayev Kazakhstan State University

Makievskaya Kristina Viktorovna,

Student, M. Kozybayev Kazakhstan State University

## Determination of the optimal ratio between the pigment and filler in paint formulations

**Abstract:** On the base of the provision of minimum average statistics size dispersion and consequently maximum disaggregative effect, the optimization of the expenses of the solvent and quantitative contentses of dioxide of titanium, zinc emulsion and carbonate calcium in the composition on the base of pentaphthale membrane formation was organized.

**Keywords:** Pigment, surface-active substance, dispersion.

Дюрягина Антонина Николаевна,  
Северо-Казахстанский государственный

университет им. М. Козыбаева

кандидат химических наук, доцент

E-mail: adyuryagina@inbox.ru

Тюканько Виталий Юриевич,  
Северо-Казахстанский государственный

университет им. М. Козыбаева

кандидат технических наук, доцент

E-mail: vetal3333@mail.ru

Островной Кирилл Александрович,  
Северо-Казахстанский государственный

университет им. М. Козыбаева

магистр естественных наук

E-mail: kostrovnoy@mail.ru

Салихова Карина Ринатовна,  
Северо-Казахстанский государственный

университет им. М. Козыбаева, студент

E-mail: salihova.kira@gmail.com

Макиевская Кристина Викторовна,  
Северо-Казахстанский государственный  
университет им. М. Козыбаева, студент  
E-mail: dark.skies94@mail.ru

## Определение оптимального соотношения между пигментом и наполнителем в лакокрасочных составах

**Аннотация:** на основе обеспечения минимального среднестатистического размера дисперсии и, следовательно, максимального дизагрегирующего эффекта, была проведена оптимизация расхода растворителя и относительного содержания диоксида титана, цинковых белил и карбоната кальция в композициях на основе пентафталевого пленкообразующего.

**Ключевые слова:** пигмент, ПАВ, диспергирование.

В настоящее время до 80 % покрытий, используемых для антикоррозионной защиты и декоративной обработки стальных металлоконструкций, основано на применении лакокрасочных материалов (ЛКМ), что обусловлено их относительной дешевизной и доступностью, а также простотой и апробированностью технологических операций их нанесения, в том числе и на объекты, находящиеся в режиме непрерывной эксплуатации [1–3].

Одной из основных характеристик, определяющих укрывистость и защитные свойства лакокрасочных материалов (ЛКМ), является степень дезагрегации пигментов и наполнителей [4]. Направление и глубина процессов дисперсного взаимодействия в суспензиях ЛКМ определяется не только поверхностными свойствами и геометрическими параметрами твердофазных компонентов, но и качественно-количественными особенностями состава дисперсионной среды (пленкообразующие, растворители). В этой связи при оптимизации состава ЛКМ необходимо учитывать результатирующий вклад всех указанных составляющих.

В настоящей работе представлены результаты исследований по изысканию оптимальных соотношений твердофазных пигментов и наполнителей в ЛКМ на основе пентафталевого пленкообразующего (лак ПФ-060) и углеводородного растворителя — уайт-спирита (по ГОСТ 3134–78). В качестве пигментов использовали диоксид титана (марка R-02) и цинковые белила (БЦО-М), а наполнителя — мел (марка М-20). Количественные соотношения пигментов ( $C_{\text{пп}}$ , %) и наполнителя варьировали от 0 до 100% (отн.), задавая постоянным их общее содержание в суспензиях — 16%. Расходы растворителя ( $C_p$ , %) изменяли в интервале 10÷50% (в пересчете на объем лака ПФ-060).

Методика приготовления суспензий ЛКМ с различным содержанием пленкообразующего заключа-

лась в предварительном разведении уайт-спиритом лака ПФ-060 в следующих объемных соотношениях: 1:9, 3:7, 1:1. Полученные растворы (в дальнейшем А) направляли на приготовление суспензий, которое осуществляли при температуре 20 °C в герметичном реакторе (объемом 0.2 дм<sup>3</sup>), снабженном перемешивающим устройством (импеллерная мешалка, частота — 700 мин<sup>-1</sup>). Продолжительность операции, при которой фиксировали стабилизацию равновесных характеристик суспензий и в, первую очередь, по фракционному составу пигmenta, составляла 1.0 час. Количественные содержания пигmenta (диоксид титана и оксида цинка).

Исследуемые пробы лакокрасочных суспензий с помощью пневмодозатора (объем капли 0.02 мл) помещали на предметное стекло, фиксировали покровным стеклом и выдерживали определенное время под нагрузкой. Как известно, по мере испарения растворителя (во времени), за счет стягивающего эффекта (по высоте и в плоскости), усиливается развитие деформационных процессов, которые влияют на характеристики (геометрических, структурных) самих пленок, а также сопряженно-связанных с ними объектов (в частности ширину зазора между предметным и покровным стеклами). Для минимизации влияния сдвиговых деформаций (F), исходили из необходимости обеспечения условия  $P > F$  ( $P$ , г/см<sup>2</sup> удельная нагрузка). Результаты предварительных испытаний, выполненные на пробах различного состава, показали, что этому условию отвечает режим нагрузки  $P \geq 10$  г/см<sup>2</sup>. Одновременно оптимизировали период выдержки проб (под нагрузкой), который устанавливали по времени, необходимому для стабилизации деформационных процессов в пленках. Для исследуемой системы период статической нагрузки составил 5 минут.

При выполнении анализов кратность увеличения компьютерно-оптической системы задавали постоянной ( $\times 350$ ). Базовые характеристики дисперсного состава суспензий ЛКМ (общее количество частиц пигмента —  $N$ , размеры и площадь, занимаемая частицами —  $S_{\text{ч}}$ ) определяли на фиксированной площа-ди обрабатываемого видеоизображения  $S_{\text{ч}} = 0.38 \text{ mm}^2$ .

Влияние вышеуказанных факторов на дисперсный состав суспензий устанавливали с использованием компьютерно-оптического анализатора, который позволяет непосредственно определять общее количество ( $N$ ) и плотность распределения ( $P, \%$ ) дисперсий на подложке с заданной площадью ( $S$ ) [5, 6].

Закономерности изменения  $N$  и  $P$  в суспензиях от расходов растворителя и количественных соотношений двух разновидностей пигментов ( $C_{\text{ZnO}}$  и  $C_{\text{TiO}_2}$ ) к наполнителю отражают графические зависимости представленные на рис. 1 а-г. Существенные измене-

ния фракционного состава (по числу частиц) регистрировали в системе на основе диоксида титана; общее количество частиц увеличилось в 3.8–4.0 раза при увеличении относительного содержания  $\text{TiO}_2$  в суспензиях от 0 до 75%. В то же время в системе на основе « $\text{ZnO} - \text{CaCO}_3$ » в этом же ряду изменения  $C_{\text{ZnO}}$  значения  $N$  практически не изменились.

Неоднозначное влияние на развитие процессов агрегации и дезагрегации частиц оказывают концентрационные параметры суспензий по растворителю. По мере увеличения расходов растворителя отмечали экстремальный характер в изменении числа частиц и плотности их распределения на подложке. Общее число частиц в обеих исследуемых системах уменьшилось в 1.5 раза при увеличении  $C_p$  от 10 до 30%. При дальнейшем разведении пленкообразующего интенсифицируется обратный процесс — дезагрегация.

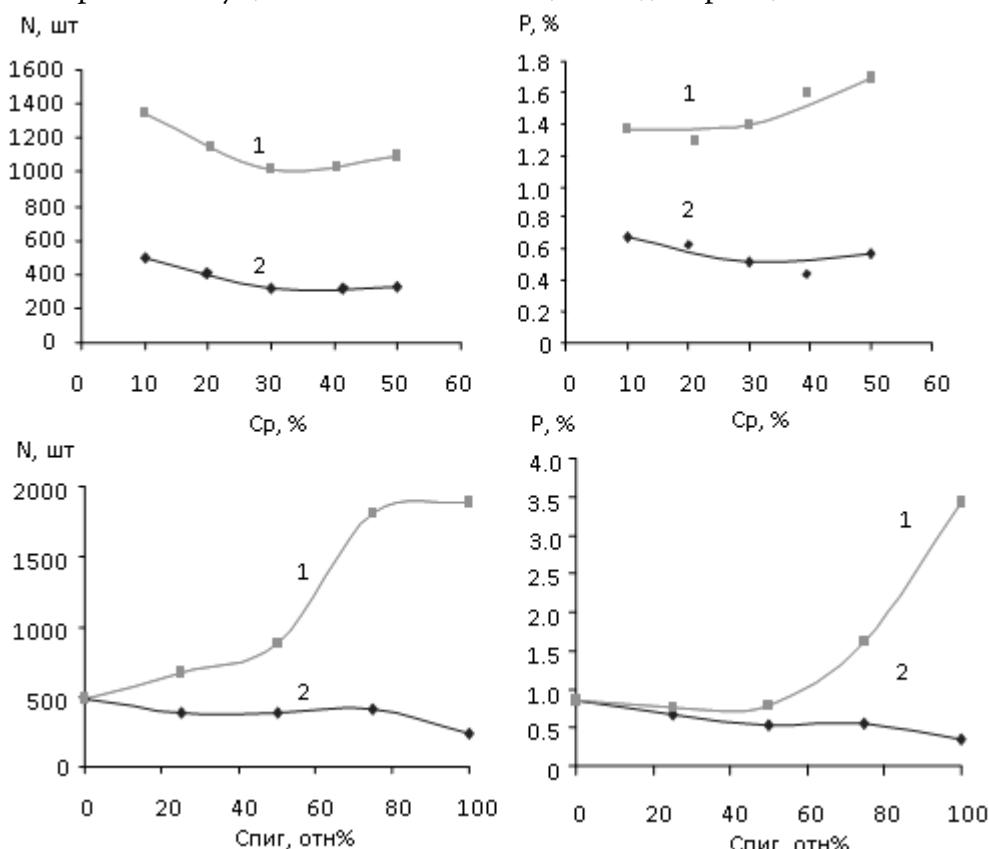


Рис. 1. Влияние расходов растворителя и количественных соотношений твердофазных компонентов в суспензиях на их общее количество и плотность распределения на подложке  
(1 — система на основе « $\text{TiO}_2-\text{CaCO}_3$ »; 2 — система на основе « $\text{ZnO}-\text{CaCO}_3$ »)

Совместное влияние вышеуказанных факторов на изменение общего количества частиц и плотность их распределения на подложке описывали обобщенными уравнениями соответственно:

а) для суспензий на основе цинковых белил:

$$N = (5.6 \cdot 10^{-4} \cdot C_p^2 - 0.043 \cdot C_p + 1.5)(1.6 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{ZnO}}^3 + 0.23 \cdot$$

$$\cdot C_{\text{ZnO}}^2 - 0.94 \cdot C_{\text{ZnO}} + 493$$

$$P = (5.2 \cdot 10^{-4} \cdot C_p^2 - 0.032 \cdot C_p + 1.4)(10^{-5} \cdot C_{\text{ZnO}}^2 + 6 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{ZnO}} + 0.82$$

б) для суспензий на основе диоксида титана:

$$N = (3.6 \cdot 10^{-4} \cdot C_p^2 - 0.03 \cdot C_p + 1.2)(4.6 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{TiO}_2}^3 + 0.76 \cdot$$

$$\cdot C_{TiO_2}^2 - 15.1 \cdot C_{TiO_2} + 593$$

$$P = (2 \cdot 10^{-4} \cdot C_p^2 - 8 \cdot 10^3 \cdot C_p + 0.97)(5 \cdot 10^4 \cdot C_{TiO_2}^2 - 0.03 \cdot C_{TiO_2} + 593)$$

Существенные отклонения N и P от прямолинейности при вариациях  $C_{пиг}$  и Cp связаны очевидно с различиями в развитии (по степени и направлению) двух противоположных процессов: с одной стороны ассоциации, а с другой — дезагрегации твердофазных компонентов. Причем указанные процессы могут развиваться как по гомо-, так и гетерофазным каналам. Для их результирующей оценки рекомендован удельный показатель —  $d_{cpeA}$ , который по физической сущности характеризует среднестатистический размер дисперсий в суспензиях. Значения  $d_{cpeA}$  рассчитывали с использованием обобщенных уравнений (1–4), по формуле:

$$d_{cpeA} = k \cdot \sqrt{\frac{P}{N}}$$

где, P — плотность распределения частиц, %

N — общее количество частиц на подложке с данной площадью ( $S = 3793 \text{ мкм}^2$ );

k — коэффициент пересчета, который при кратности увеличения (x350) составил 70  $\text{мкм}/\%$  $^{1/2}$ .

Влияние расходов уайт-спирита на изменение среднестатистического размера частиц в обеих лакокрасочных композициях отражают зависимости, представленные на рис. 2 и микроизображения на рис. 3, 4. Процессы дезагрегации (чему соответствует уменьшение  $d_{cpeA}$ ) в суспензиях, и в наибольшей степени в системе на основе « $TiO_2$ - $CaCO_3$ », интенсифицируются по мере уменьшения в них содержания растворителя. При уменьшении Cp на 40% (от 50% до 10%)  $d_{cpeA}$  уменьшается ориентировочно на 20% (от 2.7 до 2.2  $\text{мкм}$ ). Таким образом дезагрегирующий эффект преобладает в суспензиях с повышенным содержанием пентафталевого пленкообразующего. Диспергирующую активность алкидных смол в отношении других пигментов и наполнителей отмечали и в работе [7].

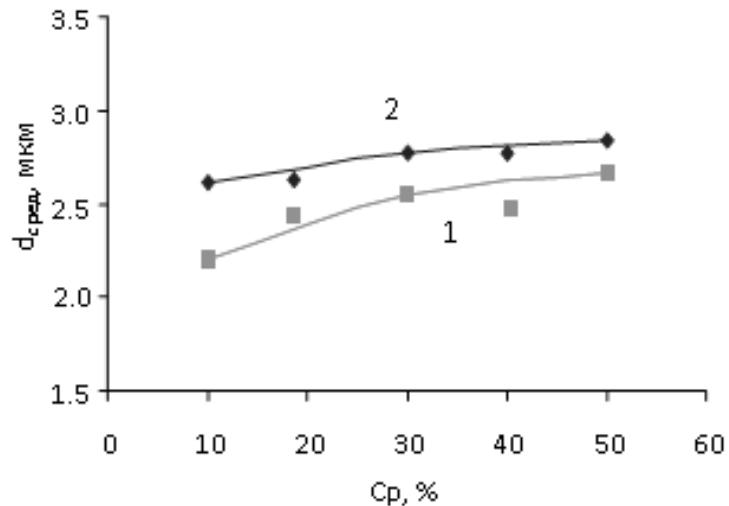
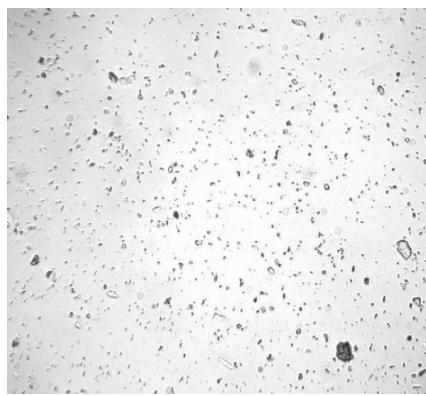
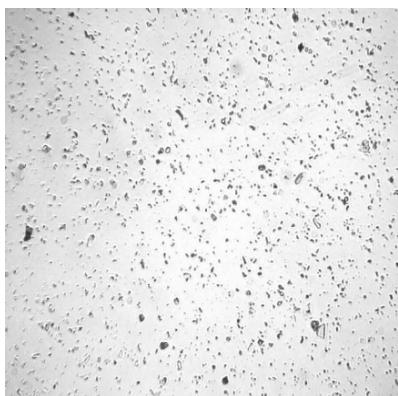


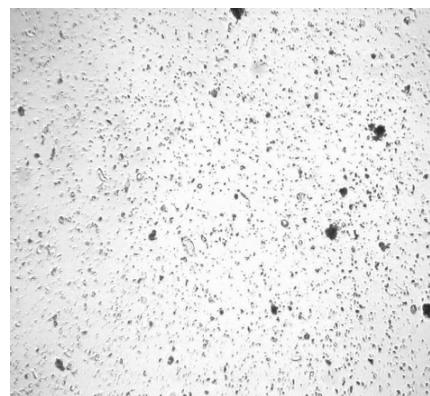
Рис. 2. Влияние расходов растворителя на среднестатистический размер частиц в суспензиях (обозначения те же — рис. 1)



Cp = 50%



Cp = 70%



Cp = 90%

Рис. 3 Микроизображения оксида цинка

При отсутствие процессов агрегации и дезагрегации закономерности изменения среднестатистического размера частиц ( $d_t$ ) в зависимости от относительного содержания в супензиях пигментов и наполнителя описываются аддитивной функцией:

$$d_m = C_{\text{пиг}} \cdot d_{\text{пиг}} + (100 - C_{\text{пиг}}) \cdot C_{\text{CaCO}_3}$$

где,  $d_{\text{пиг}}$  и  $d_{\text{CaCO}_3}$  — установленные экспериментально среднестатистические размеры частиц в супензиях, соответственно при  $C_{\text{пиг}} = 100\%$  и  $C_{\text{пиг}} = 0\%$ ;

$d_t$  — расчетные значения среднестатистического размера частиц пигмента и наполнителя при их совместном присутствии в супензиях.

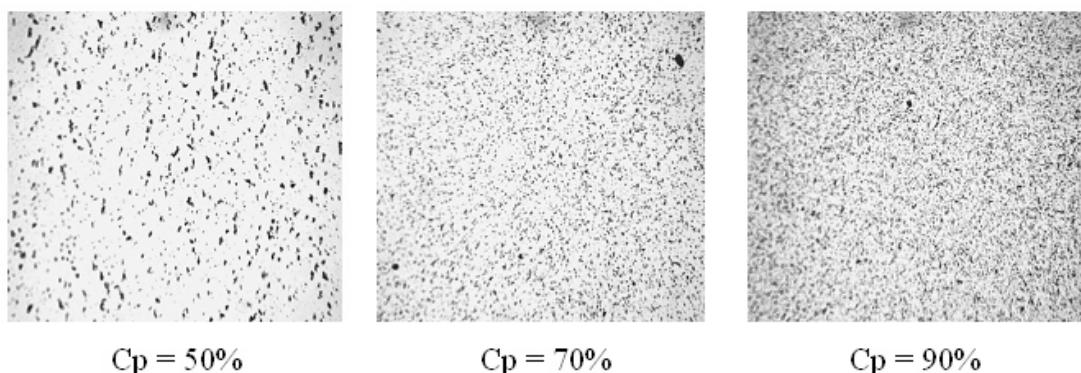


Рис. 4. Микроизображения диоксида титана

Закономерности изменения среднестатистического размера частиц в зависимости от относительного содержания пигментов в супензиях, полученные расчетным путем (1) и экспериментально (2) представлены на рис. 5.

Сопоставительный анализ теоретических и экспериментальных данных на основе разностного показателя  $\Delta d$  ( $\Delta d = d_t - d_e$ ) позволяет произвести оптимизацию состава супензий по  $C_{\text{пиг}}$ . Количество дезагрегированию твердофазных дис-

перий при различных соотношениях пигмента и наполнителя в супензиях соответствует увеличение  $\Delta d$ . Последнему условию для супензий на основе цинковых белил отвечает ограниченный участок (рис. 5), а именно  $C_{\text{ZnO}} = 50\% \pm 5\%$ . Из-за дезагрегации монофазных ассоциатов среднестатистический размер частиц (в совокупности мела и оксида цинка) при указанном  $C_{\text{ZnO}}$  оказался в 1.5 раза меньше чем ожидалось по расчетам и составил 2.2 мкм.

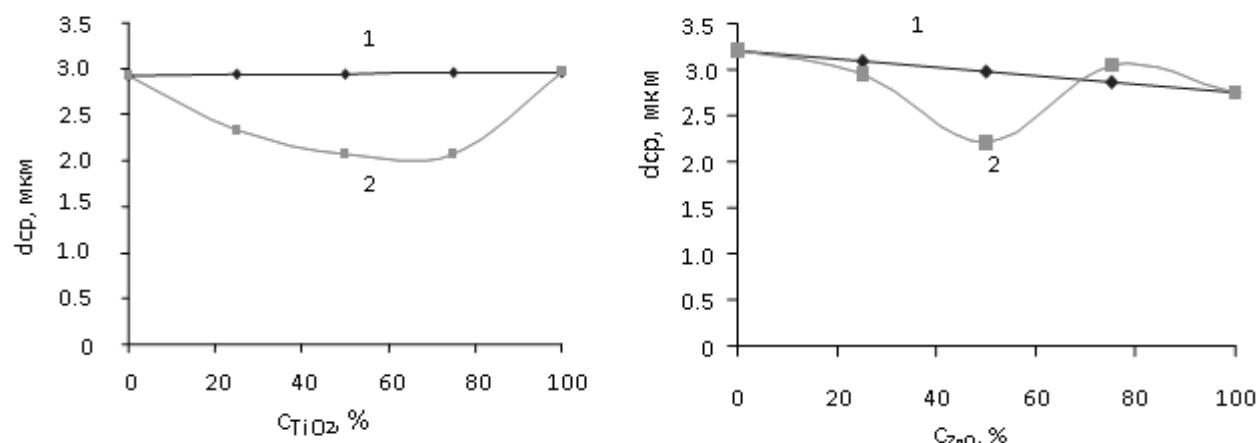


Рис. 5. Влияние относительного содержания пигментов в супензиях на изменение среднестатистического размера частиц (1 — рассчитаны на основе аддитивной функции, 2 — рассчитаны по экспериментальным данным)

Для композиций на основе  $\text{TiO}_2$  и  $\text{CaCO}_3$  диапазон значений  $C_{\text{TiO}_2}$  (25–75%), обеспечивающий прирост в показателе  $\Delta d$ , оказался более шире. Однако с позиций экономии дорогостоящего пигмента целесообразно ограничиться  $C_{\text{TiO}_2} = 50\text{--}60\%$ .

Таким образом, для обеспечения максимального дезагрегирующего эффекта и, как следствие улуч-

шения укрывистости лакокрасочных композиций на основе пентофталевого пленкообразующего, наполнителя — мела, пигментов — диоксида титана и оксида цинка рекомендуются ограничивать расходы уайт-спирита на уровне 10%, а относительные содержания  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  (по отношению к мелу) на уровне 50%.

**Список литературы:**

1. Rose A. Ryntz. Coating Evolution in the Automotive Industry: An Update//5-th Nurnberg Congress “Creative Advances in Coating Technology”. – Nurnberg, 1999. – Pp. 5–21.
2. Богословский К. Г. Современные тенденции развития мировой лакокрасочной промышленности и перспективный ассортимент лакокрасочных материалов//Международная научно-практическая конференция “Лакокрасочные материалы и их применение”: Тезисы докл. – М., 1997. – С. 19–20.
3. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. – Л.: Химия, 1989. – 384 с.
4. Болатбаев К. Н., Дюрягина А. Н., Островной К. А. Модифицирование композитов поверхностно-активными веществами. – Петропавловск: Издательство СКГУ, 2005. – 184 с.
5. Дюрягина А. Н., Островной К. А. Оценка дезагрегирующего эффекта ПАВ в лакокрасочных композициях путем сопряжения оптической микроскопии и персональных ЭВМ//Лакокрасочные материалы и их применение. – М, 2007. – № 7–8. С. 77–81.
6. Свидетельство о регистрации интеллектуального продукта 0806 РК 00075. Казахстан. Компьютерно-микрооптический комплекс для анализа порошков и суспензий//Болатбаев К. Н., Луговицкая Т. Н., Тукачев А. А., Рустем Р. С. Зарегистрировано 01.06.2006.
7. Индейкин Е. А., Лейбзон Л. Н., Толмачев И. А. Пигментирование лакокрасочных материалов. – Л.: Химия, 1986. – 160 с. ил.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-98-101>

Kattaev Nuritdin Turaevich,  
Centre of High Technologies, Candidate of Chemical Sciences,  
E-mail: ntkattaev@gmail.com

Ramazonov Asror Khamroevich,  
Tashkent Centre of High Technologies, Candidate of Physical Sciences,  
E-mail: aramazonov@mail.ru

### **Quantum-chemical investigation of energetic and structural properties of “Cu (II) complex with a new ion exchanger”**

**Abstract:** In this work, quantum-chemical modelling of copper-containing complex structures formed by complexing a new ion exchanger were performed with a DFT. The binding energy within the models was calculated based on the functional groups of the new ion exchanger. Based on the values of the geometric characteristics of the equilibrium states, the nature of interactions were established in coordination structures.

**Keywords:** ion exchanger, sorption, binding energy, complex structure.

Каттаев Нуритдин Тураевич,  
Центр высоких технологий, кандидат химических наук,  
E-mail: ntkattaev@gmail.com  
Рамазанов Асрор Хамроевич,  
Центр высоких технологий, кандидат физических наук,  
E-mail: aramazonov@mail.ru

### **Квантово-химическое изучение новых комплексов «Ионит — Cu (II)» в рамках теории функционала плотности**

**Аннотация:** В работе в рамках DFT-метода проведено квантохимическое моделирование медь-содержащих комплексных структур, образованных новым комплекситом. Рассчитаны энергии связи

в рамках моделей, построенных с учетом функциональных групп комплексита. Основываясь на значениях геометрических характеристик равновесных состояний, установлен характер связей в координационных структурах.

**Ключевые слова:** ионообменник, сорбция, энергия связи, комплексная структура.

## Введение

Методы компьютерного моделирования молекулярных систем позволяют прогнозировать свойства новых материалов, а также могут быть использованы для того, чтобы понять и охарактеризовать системы, полученные в результате экспериментов.

В данной работе квантовохимическими методами исследуются структурные и энергетические свойства комплекса нового анионита с ионами меди (II) с целью поиска путей направленного изменения их физико-химических свойств.

## Модель и методы расчета

Объектом исследования стал новый комплексообразующий ионит, ранее полученный нами химической модификацией трехмерного сетчатого со-полимера акрилонитрила с дивинилбензолом под воздействием гидроксиамина [1, 37–39].

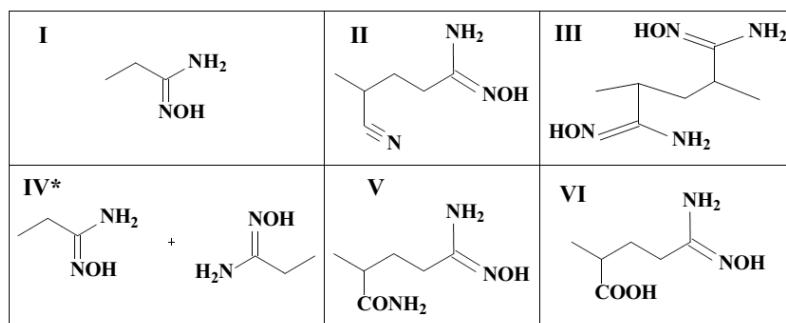
Численные расчеты проводились в приближении электронной плотности с использованием программного пакета *OpenMX*, версия 3.7 [2]. Обменно-корреляционный функционал РВЕ-типа использовался в приближении GGA без учета спин-поляризации. Максимальная кинетическая энергия плоских волн Ecutoff выбрана 120 Ry.

Энергия связывания ионов меди к полимерной цепи была рассчитана по методике, предложенной в работе [8, 24–70].

## Полученные результаты и их обсуждение

Новый анионит представляет собой полимер, содержащий амидоксимные ( $-\text{C}(\text{NH}_2)=\text{NOH}$ ) группы. Однако, практически не удается количественно заменить нитрильные группы в амидоксимные в силу некоторых факторов, таких как стерический, эффект соседнего звена. В частности, вследствие эффекта соседнего звена образовавшиеся ионогенные группы могут создавать электростатические или пространственные барьеры, препятствуя дальнейшему протеканию реакции на соседних звеньях. Поэтому при построении модели следует учитывать непрореагировавшие нитрильные ( $-\text{CN}$ ) группы. Кроме того, в макроцепи полимера могут присутствовать амидные ( $-\text{CONH}_2$ ) и карбоксильные ( $-\text{COOH}$ ) группы, которые в очень малых количествах образуются при частичном гидролизе.

Квантохимические расчеты можно упростить введением некоторых допущений. Во-первых, в качестве предварительного этапа, можно ограничиться процессом сорбции из вакуума. Во-вторых, для проведения более простых расчётов, сорбцию ионов меди на ионите можно рассмотреть как совокупность реакций, протекающих на различных фрагментах макроцепи. При построении модели комплекса можно рассмотреть следующие фрагменты анионита, моделирующие функциональные группы макроцепи, способные к комплексообразованию:



\* Фрагмент IV содержит две амидоксимные ячейки, относящиеся к различным макроцепям.

Расчеты показали, что при взаимодействии анионита с ионами меди образуются энергетически устойчивые комплексные структуры в зависимости от функциональных групп, что опосредованно подтверждается высокими значениями энергии связывания. В образовавшихся комплексах ион меди образует сложные связи.

В равновесной структуре комплекса фрагмента I с одним ионом меди образуются координационные

связи с участием иона меди, кислорода и азота аминной группы. А в комплексе фрагмента I с двумя ионами меди наблюдается другая картина: второй ион меди образует с азотом оксимной группы хемосорбционную связь, формируя двухкоординационную связь. При этом наблюдается перераспределение двойной связи (рис. 1 а, б).

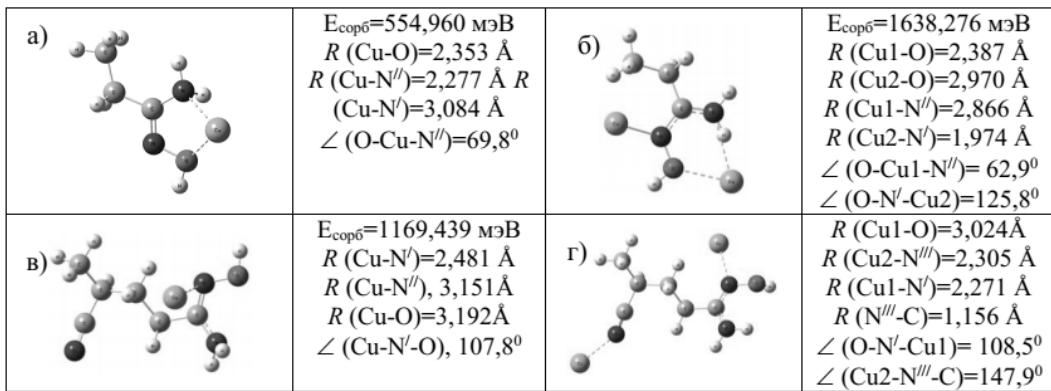


Рисунок 1. Равновесные структуры комплексов с одним и двумя атомами меди: фрагмента I (а, б) и фрагмента II (в, г) (где:  $\text{N}'$  — атом азота оксимной группы,  $\text{N}^{\prime\prime}$  — атом азота аминной группы)

Вследствие образования новой хемосорбционной связи, энергия сорбции для комплекса с двумя ионами меди оказалось сравнимо больше (1638,276 мэВ), чем комплекса с одним ионом меди (554,960 мэВ). Однако, как показали расчеты, дальнейшее увеличение числа атомов меди в системе не приводит к образованию энергетически выгодных комплексных структур.

Следует отметить, что в случае комплекса с участием фрагмента, содержащую нитрильную группу, также наблюдается увеличение энергии взаимодействия, свидетельствующий, по всей вероятности, об участии нитрильных групп в образовании хелатных структур (рис. 1 в, г).

Этот факт подтверждается изменением энергии взаимодействия в комплексе фрагмента II с одним ионом

меди до 867,02 мэВ против 554,96 мэВ комплекса фрагмента I. Однако включение второго иона в состав комплекса приводит к уменьшению значения энергии сорбции (1511,822 мэВ) по сравнению с «фрагмент I + 2Cu» (1638,276 мэВ).

В образовании равновесных структур в комплексах фрагмента II активное участие принимают атомы  $\text{N}'$  и  $\text{N}^{\prime\prime}$ .

Интересная картина наблюдается при сравнении сорбционных способностей фрагментов III и IV. Фрагмент III проявляет большую сорбционную активность (1908,460 мэВ) по сравнению с фрагментом IV (1304,538 мэВ), в котором амидоксимные группы находятся в разных молекулах и, казалось бы, обладают большей степенью свободы для формирования комплексных структур.

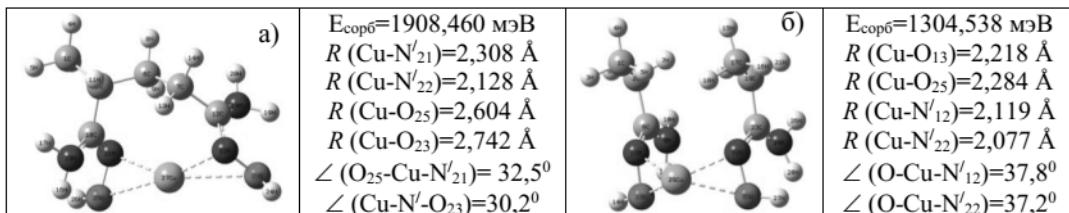


Рисунок 2. Равновесные структуры комплексов меди с фрагментами III (а) и IV (б) ( $\text{N}'$  — атом азота оксимной группы, индекс означает порядковый номер декартовых координат)

В комплексах с фрагментами III и IV ион меди посредством донорно-акцепторной связи взаимодействует с 4 атомами: двумя атомами кислорода и двумя атомами азота, входящими в состав оксимных функциональных групп. При этом наибольшую активность проявляют атомы азота оксимных групп, что подтверждается уменьшением длины связи  $\text{Cu}-\text{N}$  по сравнению  $\text{Cu}-\text{O}$ .

Однако, комплексы фрагментов III и IV с двумя атомами меди оказались энергетически невыгодными структурами.

Примечательно, введение в состав фрагмента амидных и карбоксильных групп также приводит к усилению взаимодействия между ионом меди и полимерной ячейкой. При этом энергия взаимодействия в равновесной структуре комплекса фрагмента V равна 893,36 мэВ. Введение второго иона меди сильно увеличивает энергию сорбции, которая достигает 2370,648 мэВ.

В случае введения карбоксильной группы в состав фрагмента также наблюдается аналогичная картина: энергия связывания фрагмента VI с двумя ионами меди (2616,160 мэВ) заметно больше, чем энергия с одним ионом меди (2282,224 мэВ).

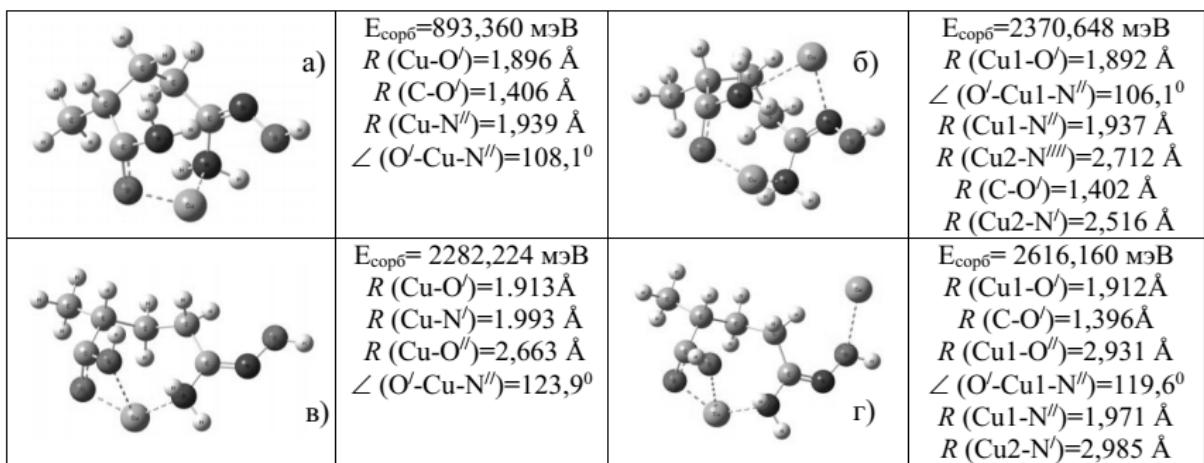
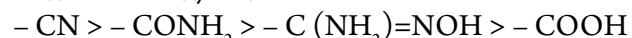


Рис. 3. Равновесные структуры комплексов с одним и двумя атомами меди: фрагмента V (а, б) и фрагмента VI (в, г) (где:  $\text{O}'$  — атом кислорода карбонильной ( $\text{C}=\text{O}$ ) группы,  $\text{O}''$  — атом кислорода гидроксильной группы ( $-\text{OH}$ ),  $\text{N}'$  — атом азота оксимной группы,  $\text{N}'''$  — атом азота карбамидной ( $\text{CO}-\text{NH}_2$ ) группы)

Вместе с тем, наблюдается другая закономерность: число координируемых ионом меди атомов возрастает с усилением гидрофильности функциональной группы. Так если в комплексе фрагмента V ион меди координирует два атома ( $\text{O}'$ ,  $\text{N}''$ ), то в комплексе VI — три атома ( $\text{O}'$ ,  $\text{O}''$ ,  $\text{N}'''$ ). В рассмотренных системах функциональные группы, которые

после введения в состав фрагмента способствуют усилению его комплексообразующей способности, находятся в следующей зависимости:



Следует отметить, эта закономерность имеет важное значение при выборе режима процессов сорбции-десорбции ионов меди на ионитах.

#### Список литературы:

- Каттаев Н. Т., Бабаев Т. М., Мусаев У. Н. Вестник Национального университета Узбекистана. — 4, — 36–38. (2005).
- URL: <http://www.openmx-square.org>.
- Polina Tereschuk, Juarez L. F. Da Silva. J. Phys. Chem. P. — 116, 24695–24705 – (2012).

DOI: <http://dx.doi.org/10.20534/EJTN-16-3-101-104>

Mammadova Salima Huseyn,

Azerbaijan State Oil and Industry University  
PhD student, the Faculty of Chemical Engineering  
E-mail: bvl\_ok@rambler.ru

Garaybayli Samira Aslan

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Engineer, the Faculty of Chemical Engineering  
E-mail: bvl\_ok@rambler.ru

Baghiyev Vagif Lachin

Azerbaijan State Oil and Industry University  
Professor, Department of chemistry and chemical materials engineering  
E-mail: Vagif\_bagiev@yahoo.com

## Ethanol conversion over binary cerium-copper catalysts

**Abstract:** The reaction of ethanol conversion was studied over cerium copper catalysts of different composition. It is found that activity of binary cerium copper catalysts depends on both reaction temperature and atomic ratio of cerium to copper.

**Keywords:** Ethanol, oxidation, binary catalysts, copper oxide, activity.

In recent years, the conversion of ethanol into valuable monomers for the chemical industry has become the subject of extensive researches [1–4]. This is due to the fact that ethanol is a renewable feedstock obtained in large amounts of vegetable raw materials. Thus, many investigations concerning the ethanol conversion on heterogeneous catalysts are carried out in order to produce acetic acid, acetaldehyde, ethyl acetate, diethyl ether, hydrogen and the other valuable chemical products. Catalysts based on various elements are used for these reactions. The presented scientific work is dedicated for studying the activity of cerium and copper oxides catalysts in the ethanol conversion reaction.

### Experimental

Binary copper cerium oxide catalysts of various compositions were prepared by coprecipitation from aqueous solutions of cerium and copper nitrate. The mixture was subsequently evaporated and dried at 100–120°C. Then it was decomposing until the complete emission of nitrogen oxide at 250 °C. Next, it was being calcined at 600°C for 10 hours. Thus, the nine catalysts were prepared with the atomic ratio of the elements

Ce:Cu = 1:9 to Ce:Cu = 9:1 Activity of the synthesized catalysts were studied in a flow unit with a tubular reactor in the temperature range of 100–500°C. The reactor was charged with 5 ml of the catalyst grained to 1.0–2.0 mm and its activity in the ethanol conversion reaction was studied. Reaction of ethanol conversion was carried out under nitrogen. Carbon dioxide was measured on chromatograph with a thermal conductivity detector and column filled with 3-meter paraffin oil deposited on celite. Ethanol and its transformation products were determined on chromatograph with a flame ionization detector on a column 3 m in length, filled with specially treated sorbent polisorb-1.

### Results and discussions

During the process of the conversion of ethanol on cerium copper oxide catalysts the following products are formed: ethylene, acetaldehyde, acetone, ethyl acetate, and carbon dioxide while at the temperatures above 350°C we can detect the formation of carbon monoxide and other products of decomposition. It should be noted that the distribution of the reaction products strongly depends on the atomic ratio of cerium to copper.

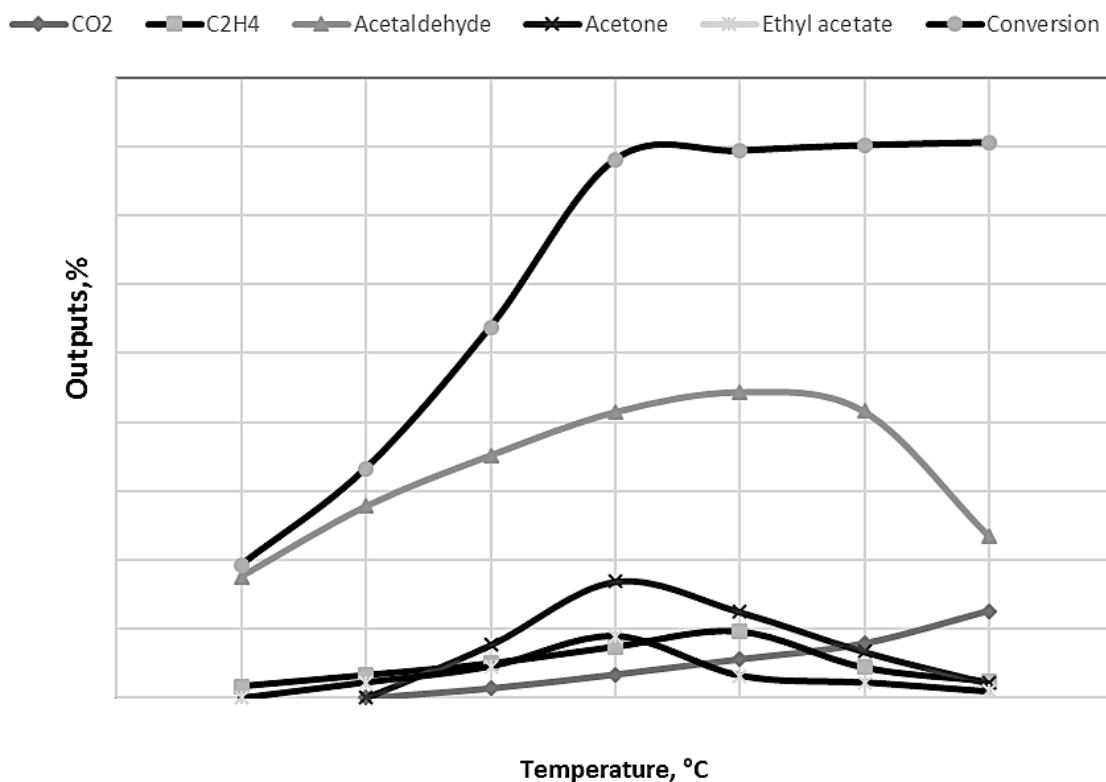


Figure 1. Effect of the temperature on yields of ethanol conversion products in the presence of Ce: Cu = 1: 9 catalyst

Figure 1 shows the effect of temperature on the yields of the reaction products of the ethanol conversion in presence of the Ce:Cu = 1:9 catalyst. It is obvious that the

catalytic conversion of ethanol begins at a temperature of 150°C with formation of only 1.7% of ethylene and 17.6% of acetaldehyde. As we increase the temperature, the yield

of these products also increases. As shown in Figure 1 the product formed in the greatest amount in presence of the Ce:Cu = 1:9 catalyst is acetaldehyde. The maximum yield of acetaldehyde is 44.4% that can be reached at 350°C. The yield of ethylene also reaches its maximum value when rising the temperature. The highest yield of ethylene is also observed at 350°C and is equal to 9.5%. Acetone on observed samples starts to form at 250°C temperature. When increasing the temperature, its yield also runs up, reaching its maximum value at 300°C. From the figure one can also see that the starting point of formation of ethyl acetate is 200°C and similarly to the previous products, its yield advances with increasing the temperature of the reaction and passes through its maximum – 8.9%. The study of the activity of the catalyst Ce:Cu = 1:9 shows that the formation of the carbon dioxide which is the product

of the deep oxidation begins at 250 °C and monotonically increases with rise of the temperature reaching its top value – 12.6% at 450°C. It should be noted that the maximum conversion of ethanol in presence of the investigated catalyst reaches 80%.

Our studies have shown that the activity of cerium copper oxide catalysts in the ethanol conversion reaction is strongly influenced by the atomic ratio of cerium to copper. Table 1 shows the yields of the different products in the presence of cerium copper oxide catalysts of different composition at the temperature of 250°C.

Table 1 shows that the yield of carbon dioxide rises with the increase of cerium in the content of catalyst and reaches 67.5% in the presence of Ce:Cu = 5:5. However, in presence of this catalyst the formation of other reaction products is not practically observed.

Table 1. – The yields of products of ethanol conversion reaction using Ce-Cu-O catalytic system at T = 350°C

<b>Atomic ratio of Ce to Cu</b>	<b>Yield of products, %.</b>					<b>Conversion</b>
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>	<b>CH<sub>3</sub>CHO</b>	<b>CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub></b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OOCCH<sub>3</sub></b>	
1:9	5.6	9.6	44.4	12.5	3.2	79.4
2:8	8.7	7.2	28.2	18.2	17.4	73.7
3:7	13	10.6	23.6	31.7	5.4	84.7
4:6	17.2	3.4	11.3	38.4	0	70.3
5:5	67.5	0	0.6	0	0	68.1
6:4	13.5	7.2	1.9	38.3	10.1	71.1
7:3	12.4	2.9	3.2	19.2	9.4	55.3
8:2	18.2	1.9	29.6	16.3	6.7	72.7
9:1	25.6	0	12.8	25.3	1.2	64.9

The graph of formation of ethylene with increasing amount of cerium in the content of catalyst has the form of a curve with two maxima when using Ce:Cu=3:7, and Ce:Cu=6:4 catalysts. Table 1 illustrates that the yield of acetaldehyde decreases with increasing content of cerium in the catalyst and is reduced to 0.6% with use of Ce:Cu=5:5, but it increases to 29.6% due to the presence of Ce:Cu=8:2 catalyst.

The graph of the yield of acetone to change the content of cerium in the catalyst has the form of a curve with two maxima on catalysts Ce: Cu = 4: 6 and Ce: Cu = 6: 4. In presence of these catalysts, the yield of acetone reaches about 38%. A similar pattern is also observed in the release of ethyl acetate, the maximum

yield of which is observed by using Ce: Cu = 2: 8 and Ce: Cu = 6: 4 catalysts, and does not exceed 17.4%. As it is seen from the Table 1 the conversion of ethanol in the presence of the investigated catalysts varies from 55 to 85% at 350°C. Studies have shown that the similar effects of the composition of the catalysts on the activity of reaction are observed at the other temperatures.

Thus on the basis of studies it can be concluded that in presence of cerium copper catalysts the main products of reaction are acetaldehyde, acetone and ethyl acetate. The yield of the catalytic reaction products and its distribution depends on both the reaction temperature and the atomic ratio of cerium to copper.

#### References:

1. Dapeng Liu, Yan Liu, Eileen Yi Ling Goh, Christina Jia Ying Chu, Chuandayani Gunawan Gwie, Jie Chang, Armando Borgna, Catalytic conversion of ethanol over ZSM-11 based catalysts, Applied Catalysis A: General, Volume 523, 5 August – 2016, – Pp. 118–129.
2. Hala R. Mahmoud, Highly dispersed Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–ZrO<sub>2</sub> binary oxide nanomaterials as novel catalysts for ethanol conversion. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, – Volume 392, – October – 2014, Pp. 216–222.

3. Filek U., Kirpsza A., Micek-Ilnick A., Lalika E., Bielański A.. Ethanol conversion over cesium-doped mono- and bi-cationic aluminum and gallium H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> salts, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, – Volume 407, – October – 2015, – Pp. 152–162.
4. Gabriella Garbarino, Chongyang Wang, Ioannis Valsamakis, Sahar Chitsazan, Paola Riani, Elisabetta Finocchio, Maria Flytzani-Stephanopoulos, Guido Busca. Acido-basicity of lanthana/alumina catalysts and their activity in ethanol conversion. Applied Catalysis B: Environmental, – Volume 200, – January – 2017, – Pp. 458–468.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.20534/EJTNS-16-3-104-106>

*Umedov Sherali Khalloqovich,  
Tashkent state technical university,  
Ph.D, the faculte Oil and gas.  
E-mail: umedov.sherali@mail.ru*

*Mirsaatova Shaknoza Khikmatullaevna,  
Tashkent state technical university, Senior Researcher  
E-mail: shakhnoza-mirsaatova@mail.ru*

*Menglibekov Azizbek Bahtiyarovich,  
Tashkent state technical university, magistr*

## **Research of the influence of chemical reagents on properties of the flushing liquid on the basis of local raw materials**

**Abstract:** The paper examines the impact of chemicals on the properties of the new polymer reagent waste polyacrylic fabric for handling of drilling fluids were prepared on formation water with high mineral content. Findings from the bentonite solution fluid from additive reagent of TAC are also given. It is shown that the initial speed of a filtration decreased, this is due by a blockage of steamchannels of the filtrational crust, the lattice dispersed polymer particles.

**Keywords:** boring solution, polymeric reagent, stabilization, mineralization, synthesis, rheology, reservoir water, viscosity, waterreturn, well.

Currently, the drilling of wells in areas of Uzbekistan held in both normal and complicated geological conditions. The geological structure of layers drilled, the depth of productive horizons, as well as the difference between reservoir pressure and the presence of zones of complications require high-quality drilling. This requires effective drilling fluids, well downhole cleaning of the cuttings, forming a thin crust with a smooth surface on the walls of the wells of the diameter of the circle hole.

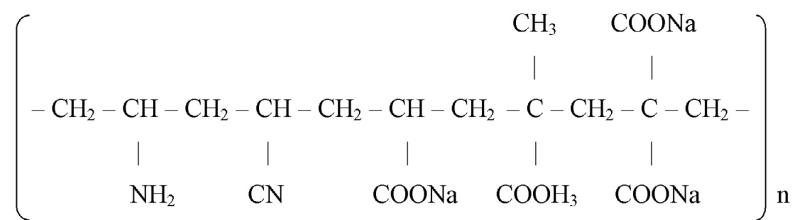
It is known that drilling fluids quality significantly depends on the composition and structure of the used chemical reagents.

When drilling oil and gas wells used drilling fluids prepared using chemical reagents, both organic and inorganic origin. They are usually relatively expensive and not always effective, especially when drilling oil and gas wells in oilfields with highly reservoir water as deposits of Surkhandarya, Kashkadarya regions and the Ustyurt Plateau in Karakalpakstan [1–3].

In connection with the foregoing, we investigated the physicochemical properties of the new polymeric reagent waste polyacrylic fabric for processing of drilling fluid at the formation brewed water with high salinity.

The polymeric reagent was prepared as follows: water is recruited to the reactor and it was heated to a temperature of 40–50 °C. The reactor was then charged with the caustic soda. After stirring and dissolving it in caustic treated waste acrylic fabric. Continued heating the reactor to a temperature of 95 °C for better dissolution acrylic fabric waste.

Gradually added to the reactor ammonium persulfate and soda ash. After 4 hours stirring in the reactor mass was poured into the finished product tank. The final product is a viscous 10-term concentration of the solution. The reagent is very soluble in water, and has the chemical formula:



with a molecular weight of 110000–120000.

Thus, the composition of a water-soluble reagent consists of the following components (in weight%):

- Waste carpet-weaving factory – 9–10
- Caustic soda – 4–5
- Soda ash – 2–3
- Ammonium persulfate – 0,2–0,3
- Water – the rest

Waste carpet factory, which is available in the right quantity and in the garment factories, carpet weaving, composed of 80–85% of the filaments of acrylonitrile, 10–15% — wool and 5–10% cotton.

Reagents stable to divalent cations, and differs from the known K-9 content of ammonium persulfate. The resulting reagent has a density of 1050–1100 kg/m<sup>3</sup> and a viscosity of 0,5–1,0 cps.

One of the important indicators of clay suspensions is considered to be the return or not chemically related to the dispersed phase — water. This process is called the dispersed fluid loss or filtration system. The principle of determining the value of water loss of drilling fluids is profiltrovani "free" water under a certain pressure drop. Water loss or the amount of liquid to be filtered clay suspensions are measured under static and dynamic

conditions [4, 5]. Water loss of drilling fluids in them shows the origin of physical and chemical changes. Therefore, in the future we would be interesting to investigate water loss we developed a polymeric chemical. For this has been studied the kinetics of filtering mud prepared in highly mineralized produced water and the effect of this process is a water-soluble polymer reactant (PVR). To this end, a solution was prepared bentonite on highly mineralized formation water area of East Berdakh (Aral Sea area). Fluid loss was measured at the time of VM-device 6 through 3 minutes. Results of the study are shown in figure 1.

From the curves it is seen that the initial filtration rate of the untreated reagent solution is higher than in the treated solution. Addition of a reagent solution and 0.5 to 1.0% decreased the initial rate of the filtrate respectively — 1.7 and 4 times. This can be explained by clogging of the pore channels of the filter cake, the polymer particles disperse the lattice or on the surface adsorbing polymer ion channels filtration.

In one way or another in the case of increasing the resistance of the pore channels. It is also possible seal clay particles occurs in the crust by reducing the friction between them.

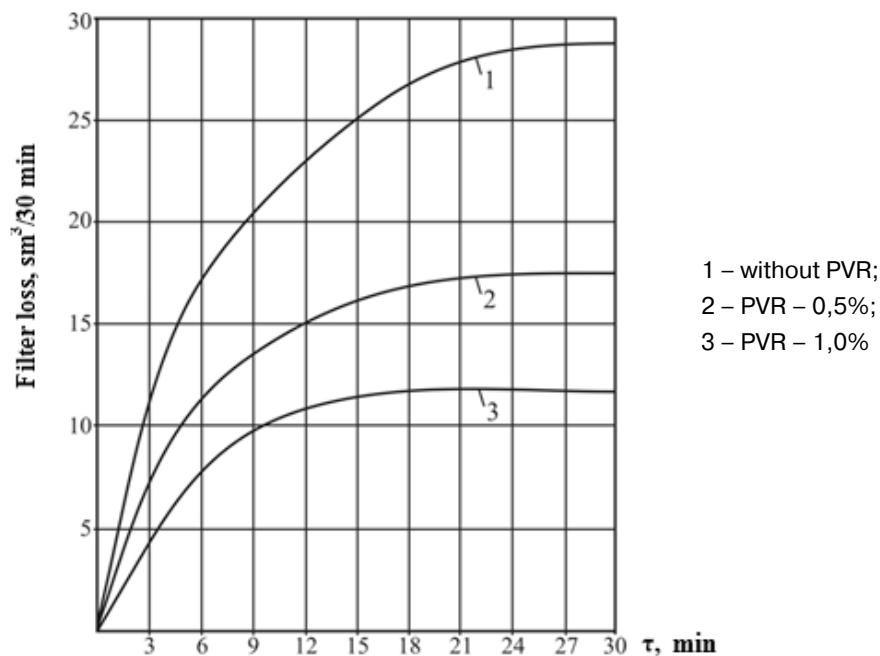


Fig. 1. Dependence of the rate of water loss of bentonite slurry additive agent PVR

Based on the above it can be concluded that waste carpet-weaving factories — hydrolyzed polyacrylonitrile fiber can be considered as one of the effective components in the development of chemicals for drilling fluids

that can be used successfully in the process of drilling oil and gas wells in complex geological and technical conditions of our country.

**References:**

1. Rakhimov A. A. Obvaloobrazovanie during drilling. – Tashkent: Fan technology, – 2011. Pp. 90.
2. Mahamathozhaev D. R., Aminov O. A., Karaev F. P., Kurbanov F. S. Modified polymeric reagents for the treatment of drilling fluids//drilling problems, completion and workover operations in Uzbekistan: Abstracts. rep.– Tashkent: UzNIPIneftgaz, – 2008, Pp. 119–121.
3. Umeda Sh.Kh. Methods of preservation estvestvenno reservoir properties at the opening. The magazine “Oil and gas”, – № 1. Pp. 23–25.

## Contents

<b>Section 1. Biology.....</b>	<b>3</b>
<i>Urazbaev Ismatulla Ummatovich</i>	
Development bonitation of the coefficients on the content of humus and of soil erosion.....	3
<b>Section 2. Materials Science.....</b>	<b>7</b>
<i>Kholodnikov Yriu Vasilevich, Volegzhannin Ivan Vasilevich</i>	
Corrosion protection equipment polymer composites .....	7
<b>Section 3. Machinery construction .....</b>	<b>15</b>
<i>Vasenin Valery Ivanovich</i>	
Investigation of the double-ring-shaped gating system performance.....	15
<i>Mandrov German Aleksandrovich</i>	
Selection reagent regime in the flotation of coal slurries .....	23
<b>Section 4. Medical science .....</b>	<b>27</b>
<i>Kristosduryan Anahit Tigran, Baghdasaryan Vachagan Sisak,</i>	
<i>Kristosduryan Mariam Tigran, Margaryan Hranush Rafik</i>	
Fetal varicella syndrome .....	27
<i>Nesterov Alexey Sergeevich, Artamonova Marina Nickolaevna, Nesterova Alyona Valeryevna,</i>	
<i>Potaturkina-Nesterova Natalia Iosifovna, Nemova Irina Sergeevna</i>	
Morphometric and elastic-mechanical properties of erythrocytes in patients with psoriasis .....	31
<b>Section 5. Food processing industry.....</b>	<b>35</b>
<i>Gennady Ivanovich Kasyanov, Dmitry Evgenievich Zanin,</i>	
<i>Nazarko Marina Dmitrievna, Davydenko Taisiya Nikolaevna</i>	
The peculiarities of production of baby food products in the Krasnodar region.....	35
<b>Section 6. Agricultural sciences .....</b>	<b>41</b>
<i>Agayev Jabrayil Tazaxan oglu, Agayev Uzeyir Jabrayil oglu</i>	
Introduction of biological resources protection against phytotoxicity fungi of the genera	
Fusarium and Alternaria .....	41
<i>Kravchenko Roman Aleksejevich</i>	
Linienerosionsformen in der Bergäquatorialzone der Provinz Pichincha, Ekuador .....	43
<i>Rasizade Govhar Mammad, Babayev Oktay Karam</i>	
Method of fighting with phylloxera .....	46
<b>Section 7. Technical sciences.....</b>	<b>50</b>
<i>Dormeshkin Oleg Borisovich, Harms Sven, Greshnov Vadim Anatolyevich</i>	
Anwendungsperspektiven des ESTA-Verfahrens für Aufbereitung von carnallithaltigen	
Kalirohsalzen .....	50
<i>Isayev Hidayet Isa, Mamedov Ali Yolchu, Aliyeva Sanubar Khidir</i>	
Heat dissipation when driving hydrocarbons in a vertical pipe in a supercritical pressures.....	54
<i>Karimov Tashmuhamed Halmuhamedovish</i>	
Storage of water resources of Kyrgyz Republic and their use .....	59
<i>Mamedov Shakir Ahmad, Hasanova Tukeyban Jafar, Imamalieva Jamila Nusrat</i>	
Reserch of movement of the viscous elastic fixed vertically located cylinder in liquid with the	
free surface under the influence of the seismic waves .....	63

<b>Section 8. Physics .....</b>	<b>69</b>
<i>Zlobin Igor Vladimirovich</i>	
Revisiting physical essence of the process of time dilation in the theory of special and general relativity. Part 1. ....	69
<i>Zlobin Igor Vladimirovich</i>	
Revisiting physical essence of the process of time dilation in the theory of special and general relativity. Part 2. ....	72
<i>Sadikaj Ndriçim, Duka Anila</i>	
Entropy of Strings and Black Holes .....	81
<i>Eyvazov Edil Ali, Masimov Eldar Ali, Ibrahimli Aygun Balayaz, Mirzoyev Güney Gurbanali</i>	
The viscosity without activation of the liquid metals .....	83
<b>Section 9. Chemistry .....</b>	<b>89</b>
<i>Astrit Denaj, Dritan Spahiu</i>	
Enviromental conditions of former Soda PVC plant in Vlore (Albania) after the remeditation .....	89
<i>Dyuryagina Antonina Nikolayevna, Tyjukanko Vitaliy Yuryevich, Ostrovnoy Kirill Aleksandrovich, Salihova Karina Rinatovna, Makievskaya Kristina Viktorovna</i>	
Determination of the optimal ratio between the pigment and filler in paint formulations .....	93
<i>Kattaev Nuritdin Turaevich, Ramazonov Asror Khamroevich</i>	
Quantum-chemical investigation of energetic and structural properties of “Cu (II) complex with a new ion exchanger” .....	98
<i>Mammadova Salima Huseyn, Garaybayli Samira Aslan, Baghiyev Vagif Lachin</i>	
Ethanol conversion over binary cerium-copper catalysts .....	101
<i>Umedov Sherali Khalloqovich, Mirsaatova Shakhnoza Khikmatullaevna, Menglibekov Azizbek Bahtiyarovich</i>	
Research of the influence of chemical reagents on properties of the flushing liquid on the basis of local raw materials .....	104