

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლენი

სსს

3'15

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინრო
სიახლანი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

No.3 (vol. 75), 2015

GEORGIAN ENGINEERING NEWS, No. 3, 2015

International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Vladimir Dolidze

EDITORIAL BOARD

Demur Chomakhidze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Christo Kuimjiev	<i>Sophia, Bulgaria</i>
Guram Javakhadze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Romualdas Ginevičius	<i>Vilnius, Lithuania</i>
Peter Bielik	<i>Nitra, Slovakia</i>	Kiazo Nadareishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Ivan Gorgidze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Oleg Namicheishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Boris Gusev	<i>Moscow, Russia</i>	Dmitry Novikov	<i>Moscow, Russia</i>
Paata Kervalishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Archil Prangishvili	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Vladimir Kekelidze	<i>Dubna, Russia</i>	Mindia Salukvadze	<i>Tbilisi, Georgia</i>
Ramaz Khurodze	<i>Tbilisi, Georgia</i>	Rolf D. Shraft	<i>Stuttgart, Germany</i>
		Irakli Zhordania	<i>Tbilisi, Georgia</i>

EDITORIAL STAFF:

Ketevan Makhashvili, Leila Kobelashvili
and Alexander Dolidze

Georgian Federation for Information and Documentation (GFID), NGO
Georgian Engineering News (GEN) LTD

Address: TECHINFORMI Tbilisi 0179, Kostava 47

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: www.tech.caucasus.net

Copyright © by GEN LTD

შობაარსი - СОДЕРЖАНИЕ

ОБ ОДНОЙ МЕТОДИКЕ МНОГОКРАТНОГО КОРРЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ <i>Ткемალაძე Н.Т., Джухვაიшвили В.Н., Куридзе М.В., Мамулашвили Г.Г.</i>	5
ПОИСК ОБЪЕКТОВ НА ПЛОЩАДИ <i>Начкебия М.Д.</i>	9
ON THE ORIGIN OF A STIMULATED DOMAIN-ACOUSTIC ECHO POSSESSING THE LONG-TERM MEMORY IN MAGNETITE POWDERS <i>Mamniashvili G.I., Gegechkori T.O., Gavasheli T.A., Sharimanov Yu.G., Gventsadze D.I., Daraselia D.M. and Japaridze D.L.</i>	15
INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF CHANGING THE ABSORPTION SPECTRA OF PHOTOCATALYTIC TiO₂ NANOPOWDERS <i>Nadareishvili M.M., Gegechkori T.O., Mamniashvili G.I., Zedginidze T.I., Petriashvili T.G., Tsakadze S.J. and Ramsden J.J.</i>	23
FUNCTIONAL DEPENDENCE OF THE PSYCHIC PHENOMENA <i>Kadagishvili L.G.</i>	29
TEMPERATURE AND AMPLITUDE DEPENDENCE OF THE INTERNAL FRICTION AND SHEAR MODULUS FOR 9%CR FERRITIC STEEL P92 OVER THE TEMPERATURE RANGE 25-750⁰C <i>Kutelia E.R., Darsavelidze G.Sh., Kukava T.G., Dzigrashvili T.A., Kurashvili I.R. and Francisco J. Perez Trujillo</i>	32
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТЕРЖНЕ ПРИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ <i>Байсарова Г.Г., Куквидзе О.Г.</i>	41
წმრტილოვანი შეღუფლის ნიმუშთა ნახევრადმუშა ელექტროდებით ბასურება <i>სულამანიძე ა.კ., კახიშვილი გ.ს.</i>	45
ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ <i>Оспанова С.М., Зивзивაძე Л.Б., Шаламберидзе М.Ш.</i>	48
სფერული და ასფერული ზედაპირების ფორმირება სპირისის პროფილის ბათვალისწინებით <i>შალამბერიძე დ.მ., ზარდიაშვილი დ.გ., ავალიანი ი.მ.</i>	51
ალმასკომპოზიციური მასალების ზოგიერთი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრის ბავლენა ალმასური დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურობაზე <i>ავალიშვილი ზ.ა., წეროძე შ.პ., წეროძე მ.პ., ძიძიშვილი ი.გ., ლოლაძე ნ.თ.</i>	55
სათბურის გაზების ემისიის შემცირების პოლიტიკა და ბასატარებელი ღონისძიებები <i>არაბიძე გ.ო., ფხალაძე ი.ე.</i>	59
გეოთერმული წყლები ენერგოდაგობი პოლიტიკის გატარების ზრილში <i>ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ.ო., ფანცხაგა ე.ე., ჯიხვაძე მ.ჯ., მჭედლიძე ქ.გ.</i>	62
მღ. ყვირილასა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის მიმდებარე ლითონებით დაბინძურების მონიტორინგის შედეგები 2010-2015 წწ. <i>ბაქრაძე ე.მ., კუჭავა გ.პ., არაბიძე მ.ა.</i>	65

დიაფრაგმულ სალიქ მანქანაზე მანბანუმის მაღნის გამდიდრებისას სხვადასხვა სიმკვრივეების მინერალების ბანშრეშვების ეფექტურობაზე მმართველი სიდიდეების გავლენის დაღვენა გამცემლიძე მ.ნ., ჯავახიშვილი გ.გ., არაბიძე ზ.დ., რუხაძე თ.ა., თუთბერიძე მ.ლ., თევზაძე დ.მ.	70
INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL CHANGES IN POLYPHENYLENE OXIDE IN THE PROCESS OF ITS PROCESSNG AND FRICTION <i>Gurgenishvili M.B., Papava G.Sh., Sherozia V.A., Chitrekashvili I.A., Papava Sh.R. and Tabukashvili Z.S.</i>	75
ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕТРАБРОМКУПРАТА (II) ТРИФЕНИЛ-МЕТИЛАРСОНИЯ <i>Кикалишвили М.И.</i>	80
POLYCONDENSATION OF PHENOL AND CARD-TYPE BISPHENOLS WITH PARAFORM IN THE MELT <i>Molodinashvili Z.F.</i>	83
DEVELOPMENT OF A NEW CONTINUOUS METHOD OF PRODUCTION OF THE NOVOLAC OLIGOMER AND THE STUDY ON ITS KINETICS <i>Molodinashvili Z. F.</i>	85
შერმენტაციისას ჰაჰაზე დაყოვნების ხანბექლივობის ზებავლენა ქვევრის ღვიინის შიზიქურ-ქიმიურ პარამეტრებზე მესხიძე მ.ზ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., ჯაყელი კ.თ., ანდრიაძე გ.ტ., ხომასურიძე მ.ბ.	90
სასმელების უვნებლობის შესწავლა ჰაჰის არაყის მბბალითზე შილდელაშვილი ი.ი., მათიაშვილი შ.ი., ბუიშვილი გ.თ.	93
სიცოცხლის მთავარი მოლეკულა რნმ <i>ჯინჯოლია შ.რ.</i>	96
რიბოსომების ევოლუცია <i>ჯინჯოლია შ.რ.</i>	97
<i>ნოღარ ჩხეიძე-75</i>	102
<i>ბურამ ქვეანიშვილის ხსოვნა</i>	104

ОБ ОДНОЙ МЕТОДИКЕ МНОГОКРАТНОГО КОРРЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**Ткемаладзе Н.Т., Джихвашвили В.Н., Куридзе М.В., Мамулашвили Г.Г.****Институт кибернетики им. В.В.Чавчанидзе Грузинского технического университета**

Многократное корректирование баз данных на основе результатов распознавания реализаций объектов (образов) является одной из важных задач, разработанной нами системы распознавания образов с обучением – СРОО [1]. Реализацией объекта [1,2] называется последовательность значений параметров, характеризующих объект. Эту последовательность называют также описанием объекта [3,4], изображением [5], m -компонентным вектором [6] (m – количество параметров). Реализации тех объектов, для которых заранее известны классы, к которым они принадлежат, называются обучающими реализациями.

СРОО состоит из: 1. Модели предварительной обработки исходной информации – МПОИИ; 2. Обучающей модели – ОМ и 3. Модели распознавания – МР.

Многократное корректирование баз данных проводится на основе результатов распознавания контрольных реализаций и реализаций новых объектов из заданного списка классов, когда система заканчивает работу. Однократное корректирование проводится на основе результатов распознавания обучающих распознаваемых реализаций, т.е. таких обучающих реализаций, которые МР распознает в процессе работы ОМ.

МПОИИ из исходных обучающих реализаций выделяет контрольные реализации объектов с помощью случайных чисел. Из обучающих реализаций, оставшихся после выделения контрольных реализаций, ОМ с помощью случайных чисел выделяет обучающие распознаваемые реализации, количество которых зависит от количества исходных обучающих и контрольных реализаций. На основе тех обучающих реализаций, которые остались после их выделения, определяются база знаний и база данных.

Таким образом, определяется один (первый) вариант обучающих распознаваемых и обучающих реализаций. После этого уже с помощью случайных чисел и процедуры скользящего контроля определяются и другие варианты. Под этой процедурой подразумевается, что при выделении каждого последующего варианта в обучающие реализации должны входить и выделенные в предыдущем варианте обучающие распознаваемые реализации, при этом требуется, чтобы каждая исходная обучающая реализация была представлена как обучающая распознаваемая реализация в двух, или, по крайней мере, в трех вариантах. С учетом этого требования определяется количество вариантов обучающих реализаций, которое соответствует количеству вариантов обучающих распознаваемых реализаций. Реализации содержат лишь числовые значения параметров (этот факт обеспечивает МПОИИ преобразованием качественных значений параметров в числовые значения [1]). МПОИИ варианты обучающих реализаций передает в обучающую модель для создания баз знаний и баз данных, а новые, контрольные и обучающие распознаваемые реализации – в модель распознавания для их дальнейшего преобразования и распознавания.

Кроме определения вариантов в МПОИИ решаются еще пять задач, что обуславливает представление исходной информации в такой форме, которая необходима для ОМ и МР.

ОМ включает в себя методы и алгоритмы решения семи задач, с помощью которых проводятся такие преобразования, которые сближают реализации объектов одного и того же класса и увеличивают разницу между реализациями объектов разных классов. ОМ определяет характеристики классов – создает базу знаний и базу данных для каждого варианта на основе обучающих реализаций объектов, входящих в соответствующий вариант.

База знаний включает в себя все те формулы – функции (параметры), которые используются для преобразования распознаваемых реализаций. Базы данных содержат характеристики (признаки и их комбинации) каждого класса, их меры информативности, пороговые меры и все данные, которые используются в критериях, на основе которых МР принимает решение о принадлежности распознаваемых объектов к соответствующим классам.

МР, которая содержит методы и алгоритмы решения восьми задач, на основе баз знаний преобразует распознаваемые реализации, под которыми подразумеваются как обучающие рас-

познаваемые реализации, так и контрольные и новые реализации. МР для их распознавания пользуется критериями трех типов: 1) в критериях первого типа принимают участие лишь такие признаки и их комбинации, которые характеризуют только объекты одного и того же класса. Такой признак будем называть максимально информативным признаком, МИП-ом. Если МИП характеризует все объекты этого класса, то его будем называть максимальным максимально информативным признаком, maxМИП-ом. В этих же критериях также используется количество тех реализаций, в которых даны вышеуказанные признаки; 2) в критериях второго типа принимают участие информативные признаки, т.е. такие признаки, которые характеризуют объекты более одного класса (но не все объекты всех классов, т.е. неинформативные признаки), а также их меры информативности; 3) в критериях третьего типа принимают участие все данные, которые участвуют в двух вышеуказанных критериях, а также пороговые меры, с помощью которых принимается решение о принадлежности исследуемого объекта к тому или иному классу с определенной степенью принадлежности.

Таким образом, проводится распознавание обучающих распознаваемых реализаций объектов с определенными степенями принадлежности на основе базы знаний и базы данных, определенных в соответственном варианте. Что касается новых и контрольных реализаций объектов, то они распознаются на основе базы знаний и базы данных, определенных в каждом варианте в отдельности, так что для каждого объекта принимаются несколько решений, число которых соответствует количеству вариантов. Назовем их первичными решениями, на основе этих решений принимается окончательное решение.

Так как заранее известен класс, к которому принадлежит контрольная реализация в каждом варианте, а обучающая распознаваемая реализация только в соответствующем варианте, поэтому несмотря на то, каковы будут их степени принадлежности, проводится корректирование соответствующих баз данных. После распознавания контрольных реализаций проводится многократное корректирование баз данных, а после распознавания обучающих распознаваемых реализаций база данных корректируется только один раз (хотя целесообразно и ее многократное корректирование). Что касается новой распознаваемой реализации, после ее распознавания многократное корректирование проводится лишь в том случае, когда соответствующий распознанный объект принадлежит к классу со степенью принадлежности, равной единице. Под многократным корректированием подразумевается, что после первого корректирования базы данных опять проводится распознавание на основе результатов распознавания с помощью скорректированной базы данных, затем опять проводится корректирование базы данных и т.д. Этот процесс продолжается до тех пор, пока результаты распознавания контрольных реализаций не окажутся стабильными, т.е. базы данных уже не будут меняться. Многократное корректирование обуславливает изменение степеней принадлежности к соответствующим классам, что выражается (как показала статистика) в распознавании нераспознанных и ошибочно распознанных объектов.

Предложенная методика многократного корректирования баз данных значительно повышает эффективность распознавания контрольных и новых реализаций, а однократное корректирование обучающих распознаваемых реализаций в какой-то мере повышает ее. Корректированию подлежат отдельные признаки, их пары, тройки, а также специфические группы признаков, т.е. комбинации признаков, характеризующих и нехарактеризующих объекты и которые определены с помощью конфигураций типов (v, b, k, r, λ) и $(v, b, k, r, n_i, \lambda_i, p^i)$, $i = \overline{1, 2}$ [7, 8].

Методика корректирования баз данных заключается в следующем: пусть имеется L количество классов S_v , $v = \overline{1, L}$. Множество их баз данных обозначим через $D = \{d_v\}$, $v = \overline{1, L}$, j -ый признак, характеризующий v -ый класс, обозначим через q_{jv} , а если он является МИП-ом, или maxМИП-ом, то его обозначим через q_{jv}^* ; через R_v обозначим количество реализаций в v -том классе, через n_{jv} – количество таких реализаций, которые входят в v -ый класс и включают в себя j -ый признак, а через H_j – количество тех реализаций

объектов всех классов, которые содержат j -ый признак.

Методика корректирования включает в себя три случая. В них рассматриваются те данные, которые принимают участие в вышеуказанных критериях, с помощью которых распознаются объекты.

I. Когда распознанная реализация объекта класса S_v содержит признак q_{jv}^* , тогда:

А) если q_{jv}^* является махМИП-ом, то увеличивается количество реализаций объектов v -того класса, т.е. в его базу данных вместо R_v записывается $R_v + 1$;

В) если q_{jv}^* является МИП-ом, то увеличивается и количество тех реализаций объектов v -того класса, которые включают в себя этот признак и, соответственно, в базу данных записываются $R_v + 1$ и $n_{jv} + 1$.

II. Когда распознанная реализация объекта класса S_v включает в себя информативный признак q_{jv} , который входит в базу данных класса S_v , т.е. в d_v , то вычисляется его новая мера информативности,

$$\phi_{jv} = \{[(n_{jv} + 1)/(R_v + 1)]^2 + ((n_{jv} + 1)/(H_j + 1))^2\} / 2\}^{1/2},$$

которой заменяется предыдущая мера информативности j -того признака, а R_v – через $R_v + 1$ и так записываются они в базу данных d_v . Что касается баз данных остальных классов S_τ , $\tau \neq v$, то для каждой из них, т.е. для d_τ , в которую входит признак q_{jv} , вычисляется новая мера информативности этого признака

$$\phi_{j\tau} = \{[(n_{j\tau} / R_\tau)^2 + (n_{j\tau} / (H_j + 1))^2] / 2\}^{1/2}.$$

Таким образом, определенные меры информативности записываются в базы данных соответствующих классов.

III. Если в распознанной реализации объекта класса S_v окажется такой признак, который не входит в базу данных этого класса, но входит в базы (базу) данных классов (класса) S_τ , $\tau \neq v$, тогда определяется мера информативности

$$\phi_{jv} = \{[(1/(R_v + 1))^2 + (1/(H_j + 1))^2] / 2\}^{1/2},$$

которая записывается в базу данных d_v , а для каждой базы данных d_τ , $\tau \neq v$, которая содержит этот признак:

А) если $q_{j\tau}^*$ является махМИП-ом, то он превращается в информативный признак и определяется его мера информативности

$$\phi_{j\tau} = \{[(1 + (n_{j\tau} / (R_\tau + 1))^2] / 2\}^{1/2},$$

которая записывается в базу данных соответствующего класса.

Б) если $q_{j\tau}^*$ является махМИП-ом, то он также превращается в информативный признак и определяется его мера информативности

$$\phi_{j\tau} = \{[(n_{j\tau} / R_\tau)^2 + (n_{j\tau} / (n_{j\tau} + 1))^2] / 2\}^{1/2},$$

которая также записывается в базу данных соответствующего τ -го класса.

Таким образом, оба МИП-а преобразуются в информативные признаки;

С) если $q_{j\tau}$ является информативным признаком, то для него вычисляется новая мера информативности которая также записывается в базу данных соответствующего τ -го класса.

$$\phi_{j\tau} = \{[(n_{j\tau} / R_\tau)^2 + (n_{j\tau} / (H_j + 1))^2] / 2\}^{1/2},$$

Результаты распознавания объектов разных классов показали, что включение в СРОО новой методики многократного корректирования базы данных на основе результатов распознавания объектов значительно улучшает результаты распознавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Ткемаладзе. Система распознавания образов с обучением и ее теоретические основы. -Тбилиси, Технический Университет, 2013, 136 с.
2. О. Верулава, Р. Хуродзе. Теоретические основы распознающей системы. -Тбилиси,Технический Университет, 2004, 295 с.
3. Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации. //Проблемы кибернетики, 1978, Вып. 33, сс. 5-68.
4. N. Tkemaladze. On the problem of the automated system of pattern recognition with learning. //Journal of Biological Physics and Chemistry (JBPC), 12/2002, Vol,2, N34, AMSI, CB, pp. 80-84.
5. Н.Ткемаладзе. Система распознавания образов с обучением. -Тбилиси, Лега, 2000, 81 с.
6. Ту Дж., Гонсалес Р. Приципы распознавания образов. -М., Мир,1978, 411 с.
7. Н Ткемаладзе. Распознавание, классификация, оценки. -Тбилиси, Мецниереба, 1990, 106с.
8. М. Холл. Комбинаторика. - М., Мир, 1970, 424 с.

SUMMARY

ON ONE METHOD OF MULTIPLE CORRECTION OF DATABASES IN PATTERN RECOGNITION OBJECTIVES

Tkemaladze N.T., Jikhvashvili V.N., Kuridze M.V. and Mamulashvili G.G.

V. Chavchanidze Institute of Cybernetics of Georgian Technical University

A new method of multiple correction of data bases on the basis of object recognition results is suggested. The correction of databases is one of important objectives of the system of pattern recognition with learning (SPRL) we elaborated. Therefore, the brief information on the SPRL is given. The object recognition results were significantly improved after including the above-mentioned method in the SPRL.

Keywords: multiple correction, pattern recognition, database, measure, feature.

ПОИСК ОБЪЕКТОВ НА ПЛОЩАДИ

Начкебия М.Д.

Институт вычислительной математики им. Нико Мусхелишвили
Грузинского технического университета

Теория поиска представляет собой одно из направлений исследования операций. Это теория поиска – обнаружения какого-либо объекта в области его вероятного местонахождения, уточнение его координат и возможное дальнейшее сопровождение. Область применения очень широка – от археологических раскопок до современных проблем в науке, технике, военном деле и т.д.

Можно выделить большую группу задач, в которых поиск осуществляется на плоскости или в пространстве. Эти задачи хорошо известны [1], а методы в дальнейшем были успешно применены при исследовании большого числа разных задач. Во всех задачах поиска в первую очередь нужно обосновать стратегию поиска. Средством достижения этой цели служит решение ряда задач, главными из которых являются [2]:

- установление причинно-следственных связей между условиями выполнения поиска и его результатами путем построения и анализа соответствующих математических моделей;
- анализ физических основ поиска, включающий рассмотрение объектов поиска, средств обнаружения и среды поиска;
- установление кинематических закономерностей взаимных перемещений наблюдателя, ведущего поиск, и объекта поиска;
- обоснование оптимальных способов поиска и слежения, обеспечивающих максимизацию или минимизацию избранных критериев эффективности;
- обоснование оптимального распределения поисковых ресурсов.

Данные о местонахождении объекта до начала поиска и в процессе его выполнения носят вероятностный характер. Такая неопределенность является причиной проведения поисковых действий.

Пусть процесс поиска происходит в определённой области G , называемой пространством поиска. В общем случае пространство G является подмножеством n -мерного евклидова пространства R^n , координатами которого могут быть пространственные и временные координаты поисковых средств, характеристики их работы, параметры, характеризующие физические свойства объекта (объектов) поиска и др. В пространстве R^n определена функция f - плотность распределения вероятности местоположения объекта поиска.

Имеется поисковый ресурс M в виде множества разнородных поисковых средств, расположенных в разных пунктах базирования.

Качество поисковых действий, участвующих в операции поисковых средств, определяется значением функционала

$$W = P(M, f, u, T), \quad (1)$$

являющегося критерием эффективности поиска при заданных функции плотности - f , организации работы поисковых средств (называемой управлением) - u и продолжительности процесса поиска - T .

При организации поисковой операции важным фактором является учёт некоторых ограничений, связанных с тактико-техническими возможностями поисковых средств, с

ограничениями на совместное использование и маневрирование поисковых средств в процессе поиска и др. Эти ограничения можно записать в виде

$$V(u) \in Q, \quad (2)$$

где $Q \in R^m$ (m - число ограничений).

Формально задачу поиска объекта можно сформулировать таким образом: найти вектор - функцию $u(M)$ (управление поисковым ресурсом M в пространстве поиска G), доставляющую экстремум функционалу (1) при заданной плотности - f , продолжительности процесса поиска - T и удовлетворяющую ограничениям (2).

Задача поиска для различных критериев эффективности и ограничений обсуждается в научных исследованиях, в том числе в [1-7].

Несмотря на разнообразие ситуаций поиска рассматривают, в основном, три типа поиска:

1. Поиск на площади (в районе);
2. Поиск на границе (на пороге);
3. Поиск по вызову (с начальной информацией или с начальной точки).

В данной работе рассматривается задача поиска на площади (в районе), являющаяся частной задачей, сформулированной выше задачи и получающаяся в предположении $G \subset R^2$. Поисковый ресурс задаётся с помощью матрицы $\|\mu_{ij}\|$, где элементы i -ой строки являются характеристиками i -го поискового средства.

Задача управления поисковым ресурсом при этом виде поиска с учётом ограничивающих факторов по условиям управления является комплексом ряда взаимосвязанных задач:

- определение области поискового пространства – выбор района поиска;
- определение наряда поисковых средств;
- разделение района поиска на участки с учётом ограничений на совместное использование и маневрирование поисковых средств;
- определение времени начала поиска поисковыми средствами в разных участках района;
- распределение ресурса в районе поиска.

Организация поиска в районе предполагает разделить район на участки и распределить поисковые силы (ПС) по участкам таким образом, чтобы с учётом их поисковых производительностей и местонахождений на момент начала поиска обеспечить максимальную суммарную эффективность, в качестве которой принимаем вероятность обнаружения объекта поиска. При этом взаимное расположение сил по участкам должно быть таким, чтобы цель уклоняясь от сильно шумящих ПС, попадала в зону обнаружения малошумящих. Учитывая эти требования, решение поставленной задачи даётся для двух различных ситуациях поиска:

- 1) среди поисковых сил имеется одна шумная, а остальные – малошумные ПС. В этом случае для достижения оптимального распределения ПС задача приводится к задаче оптимального назначения [6];
- 2) уклонение объекта возможно от всех ПС. При этом процесс поиска описывается с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений [7]. Нами в указанной модели сделаны два существенных дополнения – в правой части введено дополнительное слагаемое, выражающее эффект обнаружения, и с помощью специальных функций - множителей в правых частях системы дифференциальных уравнений – учтены сдвиги во времени.

В качестве района поиска рассматривается участок прямоугольного типа

$$G = \{(x, y) \mid (x, y) \in R^2, 0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\}$$

Для конкретных ситуаций поиска вероятность обнаружения объекта поиска в качестве главного показателя (критерия) эффективности (при заданном распределении ПС по участкам района поиска) определяется следующим образом:

1) При

$$\begin{aligned} f(x, y) &= 1/S, \quad (x, y) \in G; \\ u &= ((x_1, y_1, i_1), \dots, (x_N, y_N, i_N)) \end{aligned}$$

(S – площадь района поиска; ситуация соответствует т.н. “контрольному поиску” в районе – поиску при равномерном распределении объекта поиска; (x_j, y_j) центр j -го участка, отведенного i_j -му ПС). Выражение для вероятности обнаружения объекта поиска в районе ко времени T всеми поисковыми средствами, производящими поиск независимо друг от друга в отведённых им участках района поиска, получается в следующем виде:

$$P = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^N \left[(T - t_{1k}) \cdot \Pi_{i_j} \cdot f_j + (t_{1k} - t_{i_j j}) \cdot \Pi_{i_j} \cdot f'_j \right], \quad (3)$$

где k – номер участка, отведённого шумному средству (под номером 1); t_{ij} – время прибытия i -го средства в j -й участок; Π_{i_j} – поисковая производительность i_j – го ПС; f_j – плотность распределения вероятности местоположения объекта поиска в j -м участке с учётом уклонения его от шумного средства

$$f_j = \begin{cases} f + \frac{l_{kj}(T - t_{1k})\Pi_1}{S_j \cdot L_k \cdot S}, & \text{если } j \neq k; \\ 0, & \text{если } j = k, \end{cases}$$

l_{kj} – длина общей границы k -го и j -го участков; L_k – периметр k -го участка;

$$f'_j = \begin{cases} f, & \text{если } t_{1k} \geq t_{i_j j}, \\ f_j, & \text{если } t_{1k} \leq t_{i_j j}. \end{cases}$$

2) При произвольной плотности и возможности уклонения объекта поиска от всех поисковых средств предложен метод оценки эффективности поиска путём решения следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -[\gamma_{12} + \dots + \gamma_{1N} + \gamma_{1N+1} + \beta_{i_1}] \cdot \alpha_1(t) P_1(t) + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^N \gamma_{k1} \alpha_k(t) P_k(t), \\ \dots \\ \frac{dP_{N+1}(t)}{dt} = \sum_{k=1}^N \gamma_{kN+1} \alpha_k(t) P_k(t), \end{cases}$$

где номер $N+1$ приписывается области вне района; $P_j(t) (j=1,2,\dots,N)$ - вероятность нахождения необнаруженного объекта поиска в j -м участке, $P_{N+1}(t)$ - вероятность выхода необнаруженного объекта поиска из района ко времени t ;

$$\alpha_j(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t < t_{i,j}, \\ 1, & \text{если } t \geq t_{i,j}, \end{cases} \quad j=1,2,\dots,N.$$

Эти функции вводятся для учёта развёртывания и времени прибытия поисковых средств на отведённые им участки;

$\gamma_{jk} P_j(t)$ - интенсивность перехода объекта из j -го участка в k -й участок в момент t ;

$\beta_{ij} P_j(t)$ - интенсивность обнаружения объекта поиска i_j -м средством в j -м участке:

$$\gamma_{jk} = \frac{\Pi_{i_j}^o (1 - PH_{i_j}) \cdot l_{jk}}{S_j \cdot L_j},$$

$$\beta_{ij} = \frac{\Pi_{i_j}^o \cdot PH_{i_j}}{S_j},$$

$\Pi_{i_j}^o$ - производительность объекта поиска в отношении i_j -го поискового средства; PH_{i_j} - вероятность неуклонения объекта поиска от i_j -го средства; S_j - площадь j -го участка - G_j ;

Функции $P_j(t) (j=1,2,\dots,N+1)$ удовлетворяют условиям

$$P_j(t_0) = \iint_{G_j} f \, dx dy; \quad P_{N+1}(t_0) = 1 - \iint_G f \, dx dy,$$

где $t_0 = \min \{t_{i,j}\}$.

Вероятность обнаружения объекта поиска ко времени T (к заданному сроку) равна

$$P = 1 - \sum_{i=1}^{N+1} P_i(T) \quad (4)$$

Таким образом, задачи оптимального управления поисковым ресурсом (оптимального распределения поискового ресурса) при поиске на площади являются дискретными задачами оптимизации со сложными целевыми функциями и ограничениями, учитывающими особенности управления поисковым ресурсом в реальных условиях поиска. С целью преодоления трудностей их численной реализации предлагается метод решения задачи в два этапа:

- 1) оптимизация распределения поискового ресурса в первом приближении;
- 2) корректировка получившегося на первом этапе решения.

Смысл первого приближения заключается в уменьшении числа вариантов распределения путём сведения к подмножеству рациональных решений по тому или иному, обоснованному для конкретной ситуации поиска, частному критерию. На втором этапе осуществляется корректировка этого решения с целью достижения максимальной эффективности поиска при соблюдении порядка первого распределения и требования одновременного окончания работы во всех участках района поиска.

В рассмотренной выше ситуации поиска при возможности уклонения объекта поиска от всех ПС, на первом этапе решается задача наискорейшего прибытия поисковых средств в участки поиска: найти неизвестные z_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, N$), которые минимизируют функцию

$$y = \max_z \{t_{ij} z_{ij}\} \quad (5)$$

и удовлетворяют ограничениям

$$\sum_{i=1}^N z_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, N; \quad \sum_{j=1}^N z_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad z_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}, \quad i, j = 1, 2, \dots, N. \quad (6)$$

В случае “контрольного поиска” $\left(f = \frac{1}{S}\right)$ при условии, что из поисковых средств одно шумное (под номером 1), остальные малозумные, решается задача: найти неизвестные z_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, N$), которые максимизируют выражение

$$P(z) = \sum_{k=1}^N \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [(T - t_{1k}) \cdot \Pi_i f_j + (t_{1k} - t_{ij}) \cdot \Pi_i f'_j] \cdot z_{ij} \right\} z_{1k}$$

и удовлетворяют ограничениям (6).

При необходимости отправления поисковых средств на поиск в разные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_l , задача оптимального распределения поискового ресурса в первом приближении приводится к трёхиндексной задаче об оптимальном назначении: найти x_{kij} ($k = 1, 2, \dots, l; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$), которые максимизируют сумму $\sum_k \sum_i \sum_j \Pi_{kij} x_{kij}$

при условиях

$$\sum_i \sum_j x_{kij} = 1; \quad \sum_k \sum_i x_{kij} = 1; \quad \sum_k \sum_j x_{kij} = 1;$$

$$x_{kij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}, \quad k = 1, 2, \dots, l; \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

где Π_{kij} - показатель эффективности поиска i -го средства в j -м участке при отправлении его из пункта базирования в момент t_k .

На втором этапе решения задачи поиска на площади каждому ПС выделяется участок с площадью пропорциональной доли возможного обследования им площади в районе поиска. Кроме того, в случае возможности неоднократного перекрытия (обследования) района поиска в течение заданного времени T корректируется время поиска или уменьшается наряд (состав) поисковых средств, участвующих в поиске.

Окончательной процедурой второго этапа является определение вероятности обнаружения объекта поиска и оптимальных параметров управления поисковым ресурсом – координат отведённых им участков района поиска.

Численная реализация разработанных математических моделей рассмотренных задач реализована в среде Matlab.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коорман В.О. Search and Screening. -New York, 1980.
2. Абчук В.А., Суздаль В.Г. Поиск объектов. -М.: Сов. радио, 1977.
3. Хеллман О. Введение в теорию оптимального поиска. -М., Наука, 1985.
4. Ким Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объектов. -М.: Наука, 1989.
5. Lawrence D. Stone. Theory of Optimal Search. Research Series, Reprinted 2007 by INFORMS.
6. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. -М., Прогресс, 1966.
7. Динер И. Я. Исследование операций. -Л., ВМА, 1969.

SUMMARY

SEARCH OF OBJECTS IN THE AREA

Nachkebia M.D.

Niko Muskhelishvili Institute of Computational Mathematics of the Georgian Technical University

The paper deals with the problems of search in the area in different situations of search depending on the character of information about locations of the object of search, the structure and location of search means, technical parameters of both search forces, and the required object. In the specific case, the model can be applied to the problems of search of naval underwater objects

Keywords: search situation, search resource, search space, probability of detection, optimum control of the resource.

ON THE ORIGIN OF A STIMULATED DOMAIN-ACOUSTIC ECHO POSSESSING THE LONG-TERM MEMORY IN MAGNETITE POWDERS

Mamniashvili G.I., Gegechkori T.O., Gavasheli T.A., Sharimanov Yu.G., Gventsadze D.I., Daraselia D.M. and Japaridze D.L.

E. Andronikashvili Institute of Physics,
Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract. The stimulated domain-acoustic echo (DAE), possessing the long-term acoustic memory, and magnetoacoustic responses were inductively excited in magnetite using a pulsed NMR technique with recording inductively the signals and studying their properties. The comparison of the DAE intensity and magnetization dependence on the outer magnetic field showed that the long-term memory of DAE is caused by the irreversible changes of magnetization in the monodomain grains of magnetite powder due to the magnetostriction with the interaction of the acoustic wave generated by the first RF pulse with the magnetic field of the second RF pulse.

Keywords: stimulated domain-acoustic echo, long-term memory, magnetite powder, magnetoacoustic response, pulsed NMR.

1. Introduction

After the excitation of a magnetostrictive sample mounted in the RF coil of a conventional pulsed NMR spectrometer by RF pulses, different magnetoacoustic responses were observed [1,2]. In [1] a slab-shaped ferrite sample was excited by a train of RF pulses of 0.5 microseconds width and 10 ms repetition time at 5 MHz frequency; a response signal was observed after each RF pulse. The Fourier transformation of this signal showed a series of equally spaced peaks with spaces depending on the geometry of the sample. Using these data for the slab-shaped sample, one could determine the acoustic wave speed in this material and compare it with similar data obtained by other methods [3]. In [2] the DAE signals were inductively generated using a pulsed NMR technique after application of three RF pulses in $\text{Co}_{0.01}\text{Mn}_{0.05}\text{Cu}_{0.18}\text{Ni}_{0.2}\text{Mg}_{0.72}\text{Fe}_{0.6}\text{O}_4$ ferrite, europium garnet and iron borate samples at 20 MHz frequency.

The acoustic signal $\sigma_1 = \sigma_{10} \cos(kx - \omega t)$ (σ_{10} , ω and k are the amplitude, the angular frequency and the propagation constant of the wave, respectively) propagating in a ferrite rod in the x -direction after the application of the first RF pulse was recorded using the second short RF magnetic field pulse $H_1 = H_{10} \cos(\omega t)$ of the same frequency ω . As a result of the simultaneous action of acoustic and magnetic pulses, due to the nonlinear interaction of these oscillations with the magnetic field of the second pulse the principal contribution to which apparently comes from the magnetostriction, a stationary space-periodic magnetic structure is formed in the sample with spatially inhomogeneous magnetization component $\Delta M \sim \cos kx$.

This structure is a magnetic image of the acoustic signal [4,5]. The formation of this structure could be explained by the irreversible changes in magnetization. The information storage duration is practically unlimited. The information is read by the third RF or the acoustic pulse $\sigma_2 = \sigma_{20} \cos(kx - \omega t)$ as a DAE signal. In the case of DAE, the irreversible change in magnetization could be caused by the displacement of domain walls (DW) in ferrite grains [4]. In the monodomain nanosized grains, this change in magnetization is due to the change of domain magnetization caused by magnetostriction [5]. The DAE phenomenon can be used for development of the DAE processors performing integral transformations of RF signals, memory devices and delay lines [6].

The main properties of DAE formed in domains of magnetostrictive materials were qualitatively well accounted for by a simple phenomenological model [5]. Unfortunately, this model cannot be used for the direct quantitative comparison with the experimental results because of its simplicity. So far, polycrystalline ferrites with garnet or spinel structures have generally been used for DAE investigations [7]. The main materials were iron-yttrium garnet $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ and nickel ferrite NiFe_2O_4 . Various kinds of these ferrites ($\text{Y}_3\text{Fe}_{1.15}\text{Al}_{0.85}\text{O}_{12}$, $\text{Ni}_{0.98}\text{Co}_{0.02}\text{Fe}_2\text{O}_4$, $\text{Ni}_{0.97}\text{Co}_{0.03}\text{Fe}$ and $\text{Ni}_{0.97}\text{Cu}_{0.03}\text{Fe}_2\text{O}_4$) were used in DAE experiments. It is seen that, in spinels, Fe^{2+} ions are partially substituted by Co^{2+} and Cu^{2+} ions, and, in the garnet, the Fe^{3+} ions are partially substituted by Al^{3+} ones. The Co^{2+} and Cu^{2+} ions in Ni-Co ($\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$) and Ni-Cu ($\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$) ferrites, respectively, increase magnetoelastic interactions in these materials. Small admixtures of other ions

could also change other physical properties of ferrites for optimization of their use in the DAE processors. As an example, small aluminum admixtures in nickel ferrites change their saturation magnetization, and a manganese admixture increases their electrical conductivity, while a copper one could improve their mechanical properties, etc. As a result, the optimal ferrite composition could become rather complicated.

Magnetite (Fe_3O_4), one of iron oxides, is the most magnetic of all naturally occurring minerals on the Earth. The particles of magnetite are raw materials extensively used for production of magnetic fluids, microwave absorbers, chemical sensors, and so on.

Due to its topical magnetic and electric properties, magnetite is one of the best filler materials used in combination with polymers for, for instance, medical applications and in the information storage media [8].

Additional experimental investigations are necessary to clear out the DAE formation mechanism in magnetostrictive materials with intensive magnetoacoustic responses.

For this purpose, we have carried out new investigations of DAE and magnetoacoustic responses in magnetite and a ferrite-piezoelectric (FP) layered composite, and a number of other magnetostrictive layered composites obtained using a conventional pulsed NMR spectrometer [2] for excitation of these samples by series of three RF pulses.

The results of previous investigations of the DAE effect in magnetite [9] showed that the properties of the DAE in magnetite could not be explained by the mechanism proposed in [4] for the domain-acoustic echo in Ni-Cu ferrite when the irreversible change of magnetization under the action of the second RF magnetic field pulse was caused by the displacement of DWs in ferrite grains.

In this case the magnetic structure which is formed in the sample after the application of the first pair of pulses is gradually destroyed by an increasing magnetic field and, consequently, the DAE echo decreases monotonically with the increasing magnetic field up to 50 Oe, Fig.1 [4].

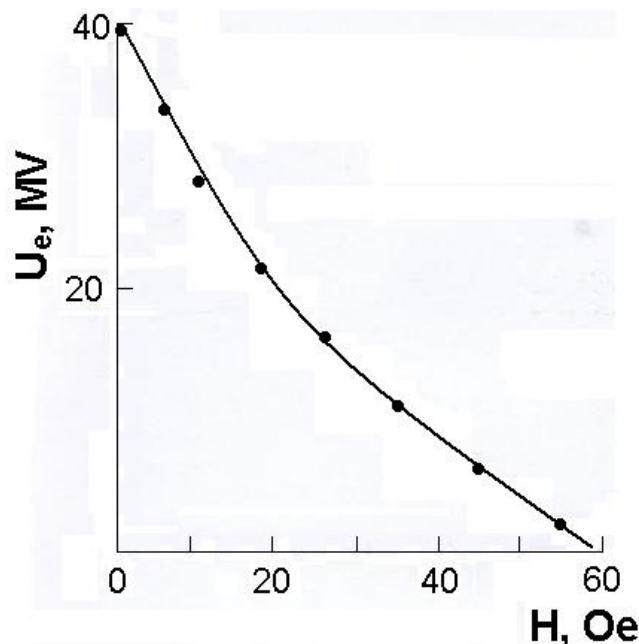


Fig.1. Stimulated domain-acoustic echo signal versus the "erasing" field strength

Similar results were obtained in [2] for europium garnet powder.

In magnetite, a different dependence of DAE on the outer magnetic field was observed when the intensity of the DAE at first increased until it reached a certain maximum and then gradually decreased.

In this work we are studying the nature of the DAE in magnetite in more details.

2. Experimental results and discussions

The experimental setup, Fig.2, used in this work to observe and investigate the DAE and magnetoacoustic signals comprised a standard Bruker Minispec p20 NMR spectrometer for studying the proton relaxation in liquids provided with the Kawasaki electronic digital signal averager [2]. It was capable to produce 20 MHz RF pulses with durations and powers up to, correspondingly, 10 μ s and 100 W. The DAE and magnetoacoustic response signals were observed and studied at room temperature in magnetite samples, consisting of disordered naturally occurring magnetite crystalline powders with the grain mean diameter $\sim 100 \mu$, placed in a cylindrical capsule of about 1 cm³ volume. The magnetite powder was previously thoroughly magnetically treated to remove the non-magnetic impurities.

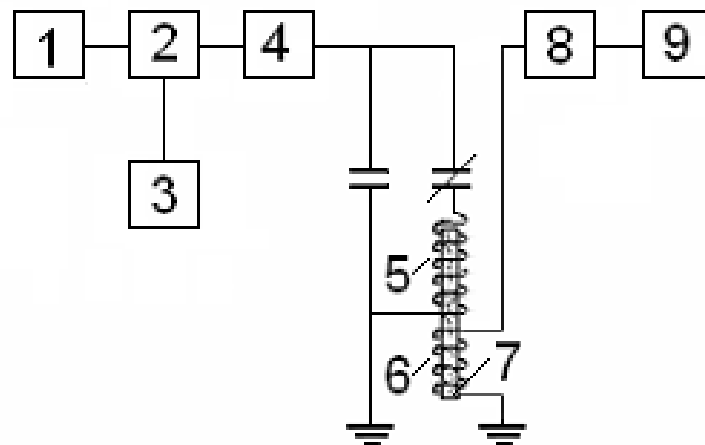


Fig.2. Block-diagram of the experimental installation:

1 – RF generator, 20 MHz; 2 – gate; 3 – pulse generator; 4 – RF power amplifier; 5 – recording coil; 6 – reading coil; 7 – sample; 8 – RF receiver; 9 – storage oscilloscope.

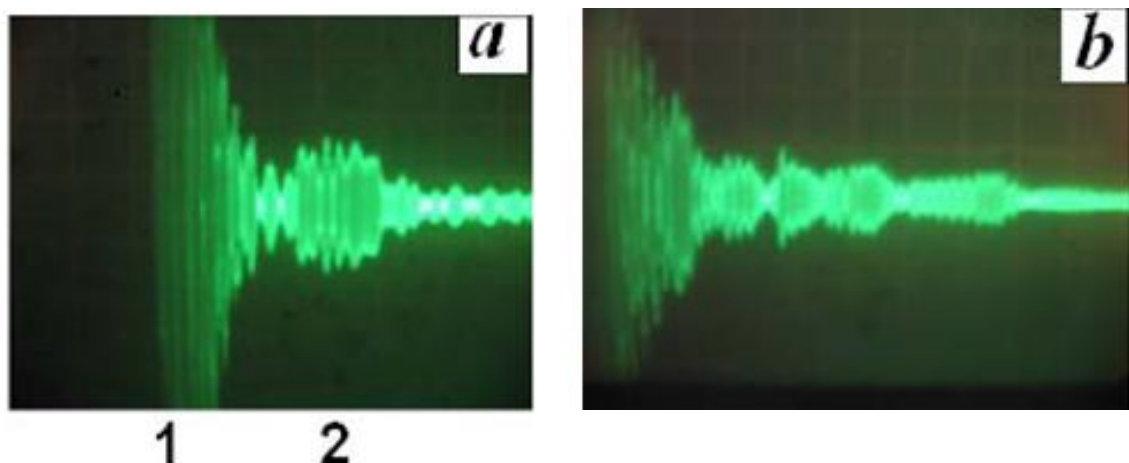


Fig.3. (a) The oscillogram of the DAE signal in magnetite, the time interval between the first two RF pulses: $\tau_{12}=5 \mu$ s; the RF pulse duration $\tau=5 \mu$ s. The oscillogram was taken at room temperature, external field 0 and 70 W RF pulse power. The total oscilloscope beam sweep duration is 100 μ s,

1 – the third RF “Read-out” pulse position marked as 1, the DAE signal position – 2.

(b) The oscillogram of the magnetoacoustic response in magnetite under excitation by a train of RF pulses with repetition rate 1 kHz and RF pulse duration $\tau=1.7 \mu$ s. The oscilloscope beam sweep duration is 100 μ s

The NMR receiver was locked during the action of a RF pulse and a strong transient response signal of the RF coil. From this moment any signal was absent for the empty coil and for the coil with test manganese and lithium ferrite samples. The signals from the samples under study were sufficiently intensive to provide their direct observation on the oscilloscope without signal averaging.

For the magnetization measurements, the vibration magnetometer VSM was used.

We first studied the DAE and magnetoacoustic responses of the magnetite powder with starting mean grain size $\sim 100 \mu$. The signals of DAE and magnetoacoustic responses of initial powder were as is shown in Figs. 3a and 3b, respectively.

The optimal RF pulse powers and magnetic fields for observation of these magnetoacoustic responses coincide with those for DAE signals.

Then the magnetite powder was ball-milled for 1 and 5 hours, and the signals of DAE and magnetoacoustic responses for these samples were studied

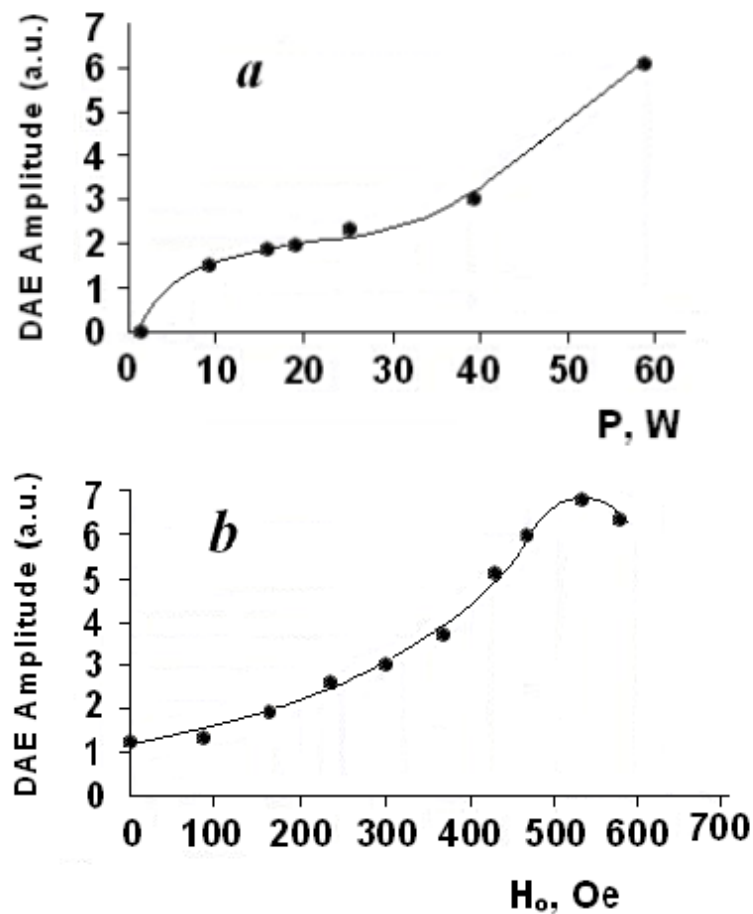


Fig.4. The signal dependences of the DAE on the RF pulse power P at magnetic field strength H_0 (a) and on the outer magnetic field H_0 at $P=70$ W (b) in magnetite

It was also established that the signal of DAE was practically unobservable after already 1 hour of milling and the signals of magnetoacoustic responses also disappeared gradually (Fig.5-7) along with the increase in the milling time. The magnetization measurements by the vibration magnetometer (VSM) showed a considerable increase in the coresitivity force of the magnetite powder, which could be, in our opinion, the reason for the strong reduction of DAE and magnetoacoustic response signals with milling, Figs. 8-10.

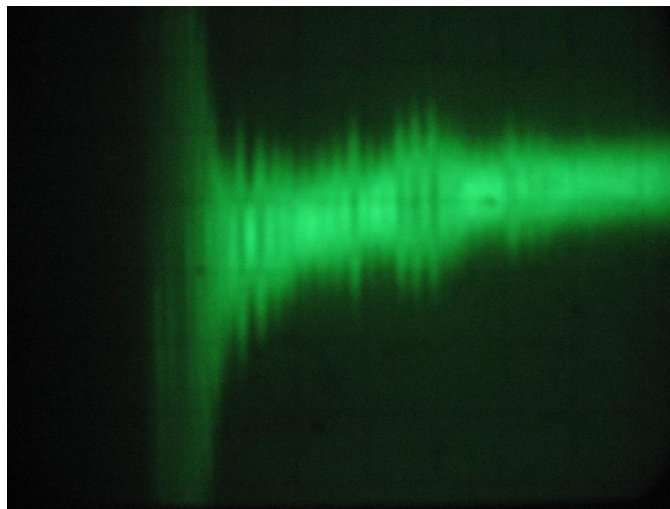


Fig.5. Magnetoacoustic responses in the magnetite powder without milling

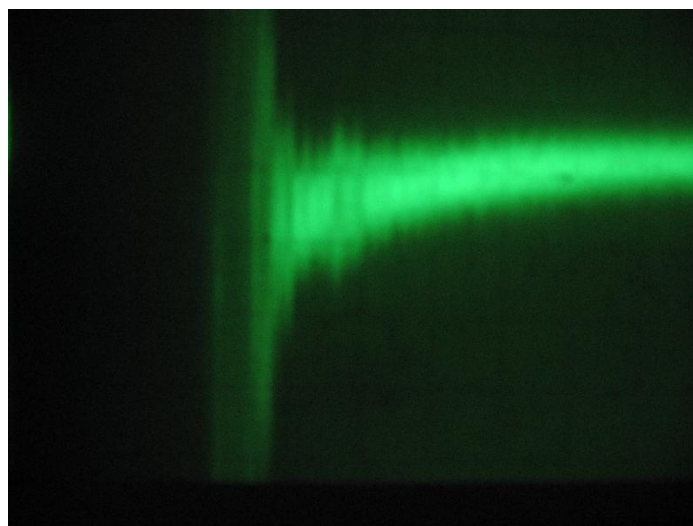


Fig.6. Magnetoacoustic responses in the magnetite powder after 1-hour milling

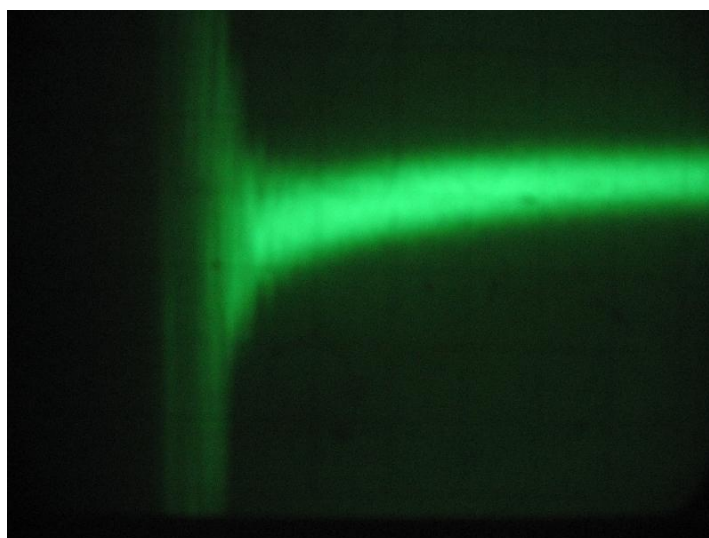


Fig.7. Magnetoacoustic responses in the magnetite powder after 5-hour milling

In Figs. 8-10 are shown the magnetization hysteresis curves of the investigated samples.

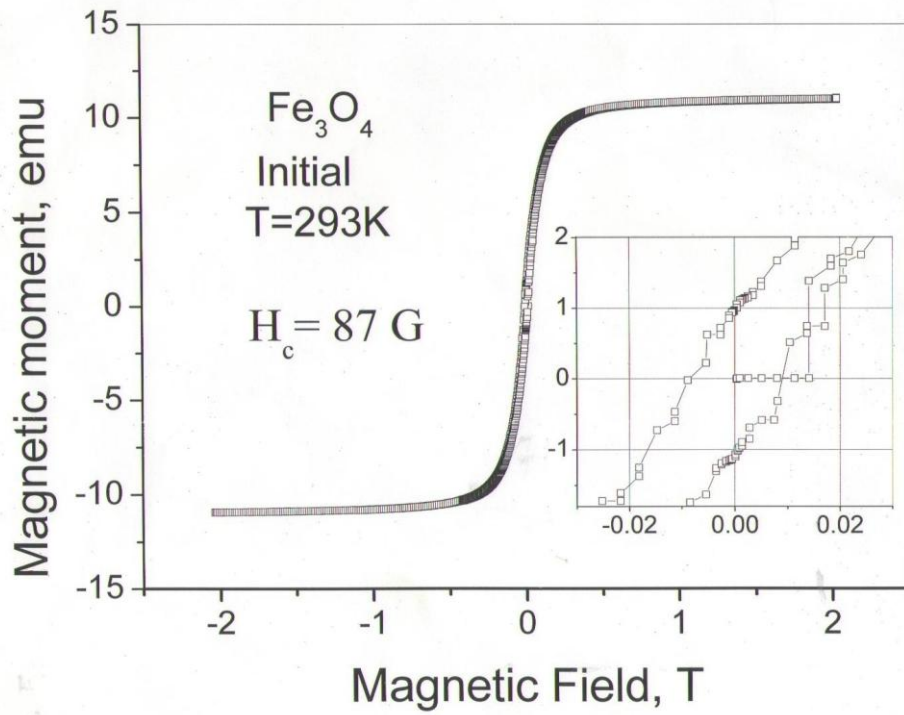


Fig.8. Magnetization hysteresis curve for the initial magnetite sample

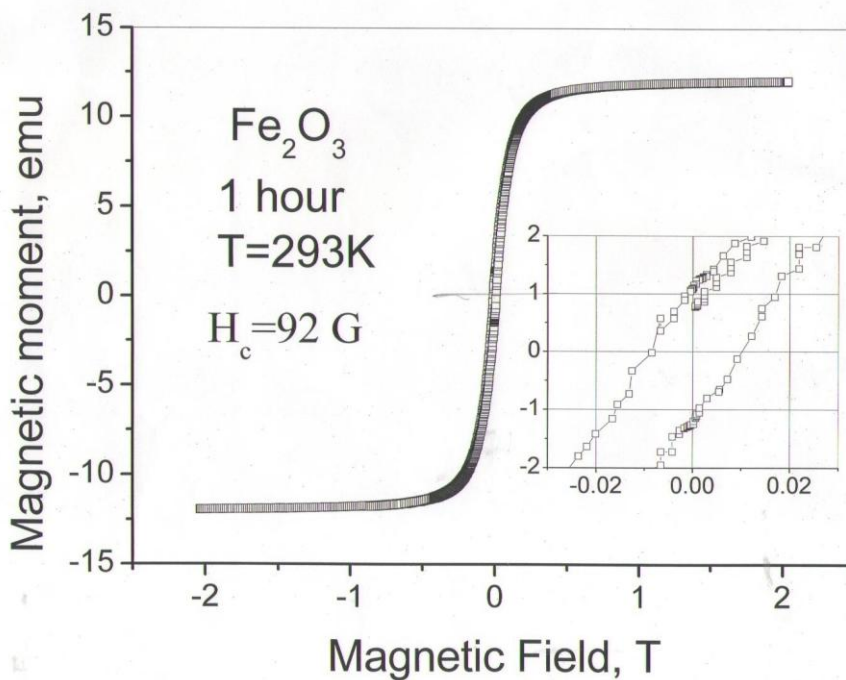


Fig.9. Magnetization hysteresis curve for the one-hour ball-milled magnetite sample

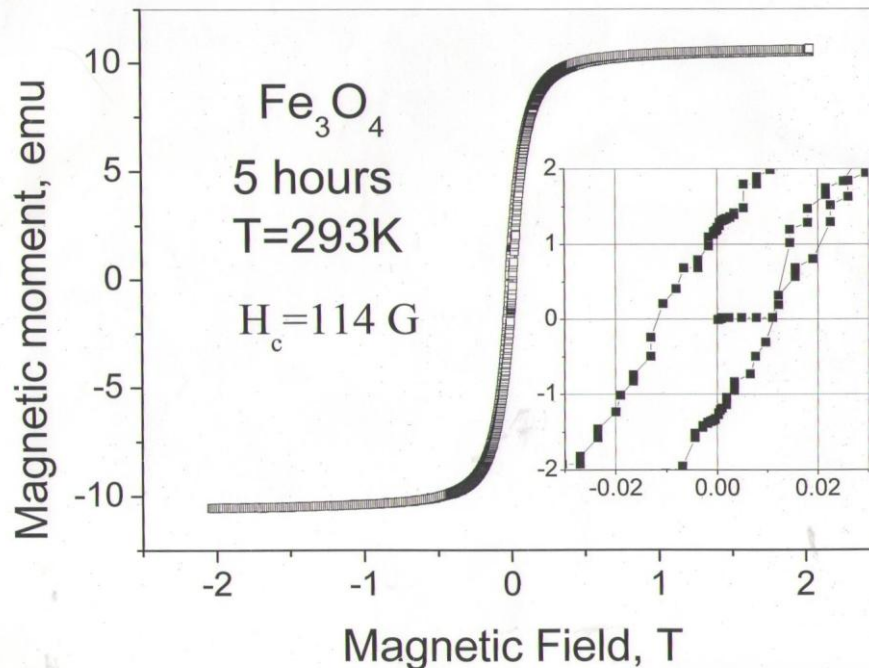


Fig.10. Magnetization hysteresis curve for the five-hour ball- milled magnetite sample

The basic DAE properties in magnetite are different than those observed in polycrystalline $\text{Ni}_{0.97}\text{Cu}_{0.03}\text{Fe}_2\text{O}_3$ ferrite [4] and for the europium garnet in [2] and resemble the ones of more complicated behavior for iron borate [2]. These peculiarities apparently could be accounted for the peculiarities of domain wall properties and magnetostriction dependent on the outer magnetic field in this material [1].

It should be noted that the threshold RF power for DAE excitation in magnetite was lower as compared with other magnetostrictive materials studied by us so far.

The comparison of the DAE intensity dependence on the value of the outer magnetic field with the similar magnetite magnetization dependence on the magnetic field showed that the magnetic field corresponding to the intensity (Figs) in magnetite coincided with the one corresponding to the magnetization saturation field for magnetite. This observation allows us to conclude that the domain-echo effect in magnetite is caused by the mechanism similar to the one described in works [5] and [10] when irreversible changes of magnetization under the action of the second RF pulse were caused by the magnetization change in the monodomain magnetite grains due to magnetization.

3. Conclusion

The long-term acoustic memory and magnetoacoustic effects were studied in the magnetite powders with their inductive excitation by RF pulses using the pulsed NMR techniques.

The stimulated domain-acoustic echo possessing the long-term acoustic memory was inductively excited by three RF pulses in magnetite using the pulsed NMR technique with inductive recording of DAE signals.

The properties of the stimulated domain-acoustic echo (DAE) possessing the long-term acoustic memory were studied. The comparison of the DAE and magnetization dependences on the outer magnetic field showed that the long-term memory of DAE was caused by the irreversible changes in the magnetization of monodomain grains due to the magnetostriction under the action of the second RF pulse.

Acknowledgements

This work is supported by the Targeted STCU-RNSF grant N6081

REFERENCES

1. J. Park, S. Lee, I. Yu, and Y. Seo. Inductive detection of magnetostrictive resonance. //Sensors and Actuators A: Physical, 2007, vol. 140, pp. 84-88.
2. G.I. Mamniashvili, Y.G. Sharimanov, A.M. Pohorily, and O.M. Kuzmak. Domain-acoustic echo phenomenon in europium garnet and iron borate. //J. Appl. Phys., 2009, vol. 105, pp. 07A504.
3. V.I. Khizhny, V.V. Tarakanov, A.P. Koroljuk, and T.M. Khizhnaya. Electromagnetic excitation of sound in iron borate. //Low. Temp. Phys., 2006, vol. 32, pp. 638-643.
4. M.V. Manuilov, B.S. Bondarenko, V.V. Krinochkin, and B.V. Sobolev. Domain acoustic echo in Ni-Cu ferrite. //JETP Lett. 1986, vol. 43, No.8, pp. 470-472.
5. V.S. Bondarenko, A.F. Kabychenkov, G.D. Mansfeld, M.V. Manuilov, A.A. Rubtsov, and V.G. Shavrov. File of acoustic signals in magnetic ceramics. //Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki, 1990, vol. 60, No.7, pp. 123-129.
6. V.O. Golub, V.V. Danilov, A.M. Pohorily, and I.V. Zavislyak. Applied aspects of domain-acoustic echo in polycrystalline ferrite. //J. Magn. Mater., 1999, vol. 196-197, pp. 607-608.
7. V.O. Golub. Magnetic structure and properties of artificially produced nano- and heterogeneous materials. D. Sc. Thesis, Institute of Magnetism, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2006 (in Ukrainian).
8. B. Weidenfeller, M. Höfer, F. Schilling. Thermal and electrical properties of magnetite filled polymers. //Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2002, pp. 1041-1053.
9. G.I. Mamniashvili, Y.G. Sharimanov, T.O. Gegechkori, A.M. Akhalkatsi, T.A. Gavasheli, D.I. Gventsadze, E.R. Kutelia, S.S. Nachkebia. Long-term memory and magnetoacoustic effects at excitation of magnetostrictive materials by RF and magnetic pulses using a pulsed NMR technique. //Journal of Advances in Applied Acoustics (AIAA), 2013, vol. 2, No.1, pp.34-43.
10. L.N. Kotov, V.N. Shaporov. Retention time and memory mechanism in ferrite powders. //Technical Physics Letters, 1998, v, No.10, pp. 780-781.

РЕЗЮМЕ

О ПРОИСХОЖДЕНИИ СТИМУЛИРОВАННОГО ДОМЕН-АКУСТИЧЕСКОГО ЭХО, ОБЛАДАЮЩЕГО ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТЬЮ, В МАГNETИТНЫХ ПОРОШКАХ

Мамниашвили Г.И., Гегечкори Т.О., Гавашели Т.А., Шариманов Ю.Г., Гвенцадзе Д.И., Дараселия Д.М., Джапаридзе Д.Л.

Институт физики им. Э. Андроникашвили, Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

Стимулированное домен-акустическое эхо (ДАЭ), обладающее долговременной памятью, и магнитоакустические реакции возбуждались индуктивно в магнетите методом импульсного ЯМР с индуктивной записью сигналов и изучением их свойств. Сравнение интенсивности ДАЭ и зависимости намагничивания от внешнего магнитного поля показало, что долговременная память ДАЭ вызвана необратимыми изменениями намагничивания монодоменных зерен магнетитного порошка из-за магнитострикции при взаимодействии акустической волны, генерированной первым ВЧ импульсом, и магнитным полем второго ВЧ импульса.

Ключевые слова: стимулированное домен-акустическое эхо (ДАЭ), долговременная память, магнетит, порошок, магнитоакустическая реакция, импульсный ЯМР.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF CHANGING THE ABSORPTION SPECTRA OF PHOTOCATALYTIC TiO₂ NANOPOWDERS

Nadareishvili M.M., Gegechkori T.O., Mamniashvili G.I., Zedginidze T.I., Petriashvili T.G., Tsakadze S.J. and Ramsden J.J.

E.Andronikashvili Institute of Physics at Tbilisi State University
University of Buckingham, UK

Abstract. The possibilities for changing the absorption spectra of the anatase modification of the photocatalytic TiO₂ powder were studied with the aim to use more efficiently the energy of UV solar radiation for photocatalysis and to involve the visible light energy into this process for enhancing the efficiency of the photocatalytic reaction. It was found that the deposition of Ni-B clusters on the TiO₂ powder by the unique technology developed by the authors increases significantly the absorption of energy in the UV region. It was also revealed that, after deposition of the Ni-B clusters on the TiO₂ nanopowder, in the result of heat treatment in vacuum, the absorption spectra of the TiO₂ nanopowder shifted to longer wavelength, and the absorption in the visible part of light increased. From the experiments carried out, it follows that the absorption in the visible part of light can be increased as well by selecting the sizes of nanopowder particles coated with Ni-B clusters. The investigations performed showed that it is possible to enhance significantly the visible light absorption and the efficiency of the catalytic reaction.

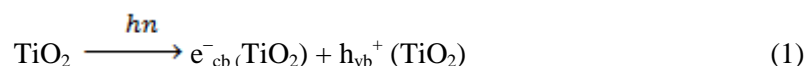
Keywords: photocatalisator, titanium dioxide, absorption spectrum, hydrogen production

1. Introduction

It is well known that gas and fuel supply on the Earth under the conditions of current consumption will soon be exhausted [1]. The current fuel consumption intensity is defined by the industrialization of mankind, and it is not practically possible to slow it down. For this reason the only way out of this dependence is finding of alternative energy sources: one of the most perspective trends on this way is the dissociation of water into hydrogen and oxygen using the solar energy and the utilization of produced hydrogen as fuel, the final product of which under burning is again water.

The nowadays actual problem hindering the wide application of the above-described method in practice is the low efficiency of the photocatalytic reaction – the reaction of water dissociation into hydrogen and oxygen with solar radiation energy by using catalysts. Hence the pressing problem many investigations are devoted to is the enhancement of the efficiency of the photocatalytic reaction. Considering the importance of the problem, it attracts the attention of many researchers throughout the world [2-11].

Currently it is believed that the most promising substance for the photocatalysis is titanium dioxide TiO₂ [1]. Photocatalysis over a semiconductor oxide such as TiO₂ is initiated by the absorption of a photon with energy equal to or greater than the band gap of the semiconductor (3.2 eV for TiO₂) producing the electron - hole (e⁻/h⁺) pairs [11].



Consequently, after irradiation, the TiO₂ particle can act as either an electron donor or as an acceptor for molecules in the surrounding media. However, the photoinduced charge separation in bare TiO₂ particles has a very short lifetime because of charge recombination. Therefore, it is important to prevent the hole-electron recombination before the above-mentioned chemical reaction occurs on the TiO₂ surface.

Having recognized that charge separation is a major problem, numerous techniques were developed to minimize this effect. One such technique is to scavenge photogenerated charges with strongly absorbed substances. The increase of the distance of charge separation can be obtained by adding metal and metal oxide clusters to the surface of the semiconductor particle.

The electrons produced upon band-gap excitation are injected into the metal particles, and positively charged holes are injected into the metal oxide. Various substances can be used to capture either holes or electrons, allowing them to react.

As it was pointed out, a band-gap width for TiO_2 is 3.2 eV, hence only ultraviolet rays, the share of which in the solar radiation spectrum is only about 4%, participate in the catalytic reaction. The energy necessary for water dissociation is 1.23 eV. The photons of corresponding energy are located in the visible part of the solar spectrum the energy of which is by an order of magnitude greater than that of the ultraviolet region. Therefore, to improve the catalytic reaction efficiency, it is important to increase the contribution of the visible part of the light spectrum to the catalytic process.

2. Results and discussion

In this paper we investigated the optical absorption spectra of the TiO_2 nanopowders in order to study the possibility of the improvement of their photocatalytic properties by increasing the UV light absorption and the visible light share in the photocatalytic process and hence of the improvement of photocatalysis reaction efficiency. We performed some investigations in the above-mentioned field, namely, some methods making it possible to change the optical properties of TiO_2 powders as desired were found. First of all, at Andronikashvili Institute of Physics a unique nanotechnology of coating the nanoparticles with clusters of different sizes from different materials (for example, Ni-B) was developed [12]. These nanostructures were fabricated using electroless deposition of metals and alloys. The peculiarity of the method consists in the maintaining of low temperature during the coating reaction (58-60°C), which preserves the physical – technical properties of the substance to be coated. The proposed nanotechnology has a number of other advantages: it is simple, low-cost and hence competitive for production process purposes.

For studying the possibilities of nanotechnology we developed, the experiments were conducted by the following procedure: the optical absorption spectra of the distillate suspension of the photocatalyst powder was studied, two crystallographic modifications of the TiO_2 powder (anatase and rutile) were used. The light absorption of distilled water over the entire working spectral range was preliminarily studied. It appeared to be rather low. However, in order to exclude the distortion of absorption spectra of the powders under study as a result of the distilled water effect, we recorded the absorption spectra of the powders dissolved in the distilled water in reference to pure distilled water instead of the air. For this purpose the cell with the solution of the powder under study was placed in one compartment of the 4-compartment spectrophotometer Φ -46 and an identical cell with pure distilled water – in other compartment. To check the validity of the used procedure, we prepared several similar reference aqueous solutions of the same powder. Then their absorption curves were taken. The obtained spectra coincided very closely with the maximum difference of $\pm 5\%$.

For testing the efficiency of the developed nanotechnology of deposition of Ni-B clusters on photocatalytic TiO_2 nanopowders, we took two modifications of the TiO_2 powder, anatase and rutile, with the grains $\sim 300\text{nm}$ in size. We prepared their identical suspensions in distilled water and recorded their absorption spectra over the wavelength range from 300 to 800 nm. The measurements showed that the absorption spectra of the nanopowders under study were very much alike, without any particular absorption at any wavelength. Then we deposited Ni-B clusters on the powders under study and recorded again their absorption spectra over the same wavelength range by the same technique. The measurements showed that the absorption spectrum of rutile changed only slightly, while that of anatase altered dramatically: there appeared a clear and wide maximum at the wavelength $\sim 360\text{nm}$. This implies a sharp increase in the absorption of light energy at the given wavelength, which in turn would enhance the efficiency of photocatalysis in the result of treatment of photocatalytic TiO_2 nanopowders by the nanotechnology we developed. Figure1 shows the absorption spectra of the anatase modification of TiO_2 nanopowders before (curve 2) and after (curve 3) deposition of Ni-B clusters.

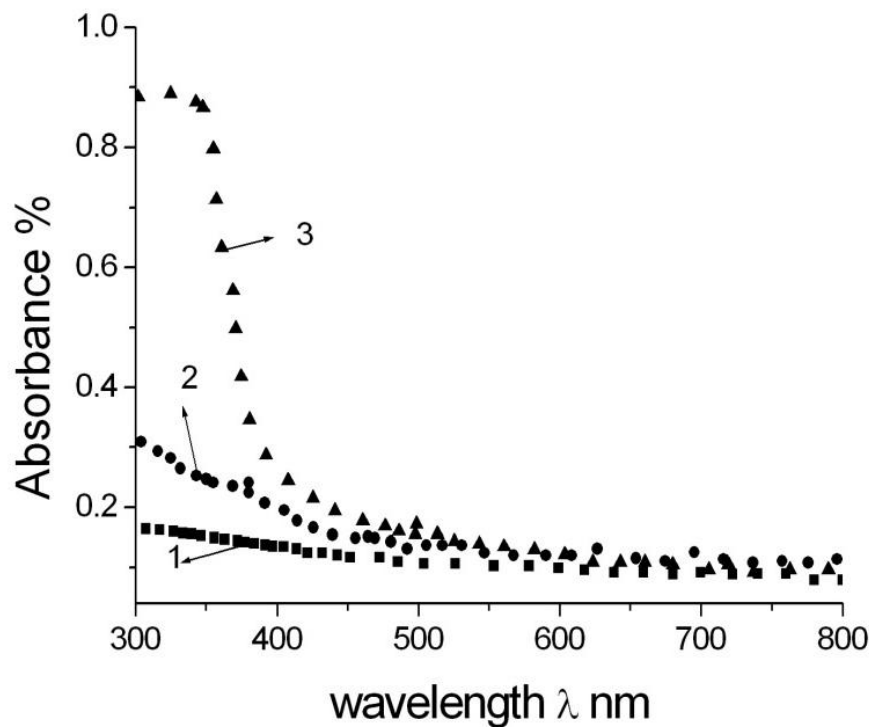


Fig.1. Absorption spectra of the TiO₂ nanopowders

Curve 1 - absorption spectrum of the TiO₂ nanopowders of the Rutile modification.

Curve 2 - absorption spectrum of the TiO₂ nanopowders of the Anatase modification.

Curve 3 - absorption spectrum of the TiO₂ nanopowders of the Anatase modification after their coating with Ni-B nanoclusters.

After the investigation of the effect of coating with clusters, the vacuum thermal treatment effect on the absorption spectra of TiO₂ photocatalytic nanopowders was studied. The size of powder particles was again ~ 300 nm.

For heat treatment in vacuum, we used high-temperature and high-vacuum furnace CHBЭ-1.31/16ИЗ-УХЛ4, which provides heat treatment over the range from room temperature to 1600⁰C in 10⁻⁵mm Hg high vacuum. In the beginning the heat treatment effect on the optical absorption spectra of pure TiO₂ (both anatase and rutile) nanopowders was studied. Under vacuum heat treatment, the absorption spectra of these powders practically remained unchanged.

As for coating of these powders with Ni-B clusters, after this procedure, the absorption spectrum of rutile remained unchanged, while the absorption of anatase in the visible part of spectrum increased.

In Fig. 2 are shown the absorption spectra before the heat treatment and after it for TiO₂ (anatase) coated with Ni-B clusters. Curve 1 corresponds to the optical absorption spectrum of Ni-B/TiO₂ (anatase) powder without heat treatment and curve 2 – to the same powder heat-treated in vacuum at 750⁰C for 3 hours. As it is seen from the figure, as a result of heat treatment, one could observe a significant change in the optical absorption spectrum of Ni-B/TiO₂ powder, namely, the absorption of solar energy significantly increased over the range of 400-500 nm. This fact is particularly important for enhancing the photocatalyst efficiency in the visible range of solar radiation.

Hence, from our experiments, it follows that the heat treatment of TiO₂ nanopowders does not change their electron excitation spectrum. However after coating of TiO₂ with the Ni-B clusters, the heat treatment results in the change of the electron excitation spectrum of these particles followed by the increase in the absorption in the visual part of the spectrum.

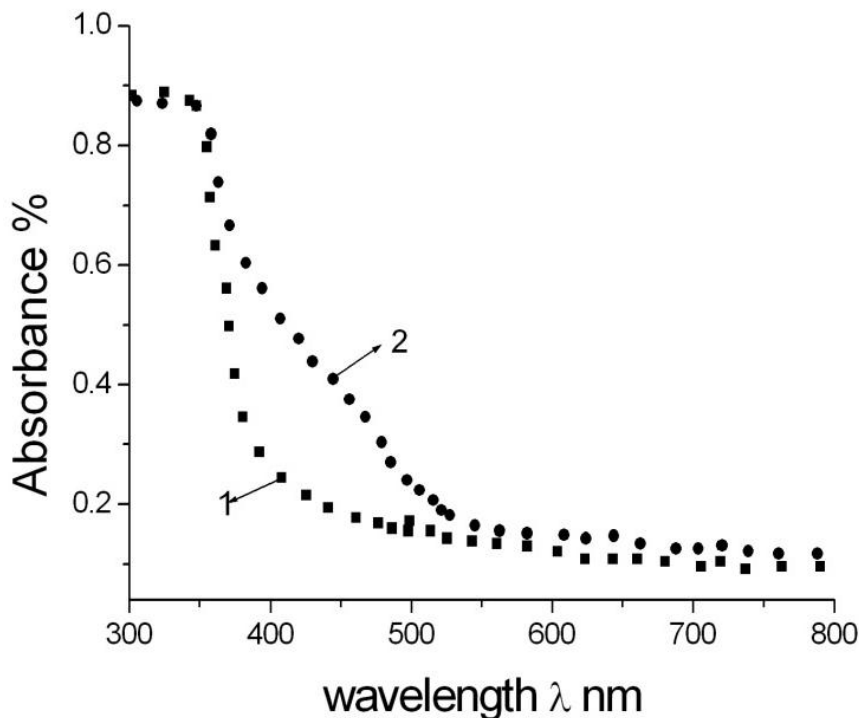


Fig.2. Absorption spectra of the TiO₂ nanopowders coated with the Ni-B clusters before and after thermal treatment in vacuum

Curve 1 -absorption spectrum of the TiO₂ (Anatase) nanopowders before thermal treatment

Curve 2 - absorption spectrum of the TiO₂ (Anatase) nanopowders after thermal treatment

The investigation also showed that the photocatalytic TiO₂ nanopowders with Ni-B clusters deposited by the unique technology developed at E. Andronikashvili Institute of Physics have the capacity to increase the light absorption in the visible region of the solar spectrum by selecting the optimal size of particles. The nanopowders we used for deposition of Ni-B clusters on them are characterized by definite distribution of particle sizes. We carried out the separation of particles by their sizes. For this purpose we prepared the Ni-B/TiO₂ suspension in distilled water. After preliminary careful mixing, the prepared opaque suspension was placed into a centrifuge. The centrifugation was performed at the rate of 4000 rev/min for a definite time. During the centrifugation, smaller particles remained in the suspension, while bigger ones precipitated on the bottom or on the walls of the vessel. After centrifugation, we poured the suspension into an empty vessel. We poured distilled water on the remained residual, stirred it thoroughly and placed the obtained suspension into the centrifuge. This time we performed the centrifugation at a lower rate of 2000 rev/min for the same time as in the first case. We again poured the obtained suspension into an empty vessel. Then we recorded the absorption spectra of the obtained suspensions.

If the absorption spectrum of the TiO₂ nanopowder coated with the Ni-B clusters does not depend on the particle size, the intensity ratio of the absorption spectra should be a near-horizontal line. In Fig. 3 is shown the intensity ratio of the absorption spectra of the Ni-B/TiO₂ suspension centrifugated at 2000 and 4000 rev/min for the same time. The experimental results showed that this dependence was characterized by a clear maximum at the wavelength ~ 450 nm, i.e. by selecting the size of the particles of photocatalytic TiO₂ powders coated with the Ni-B clusters, it is possible to increase the absorption of the visible part of solar energy.

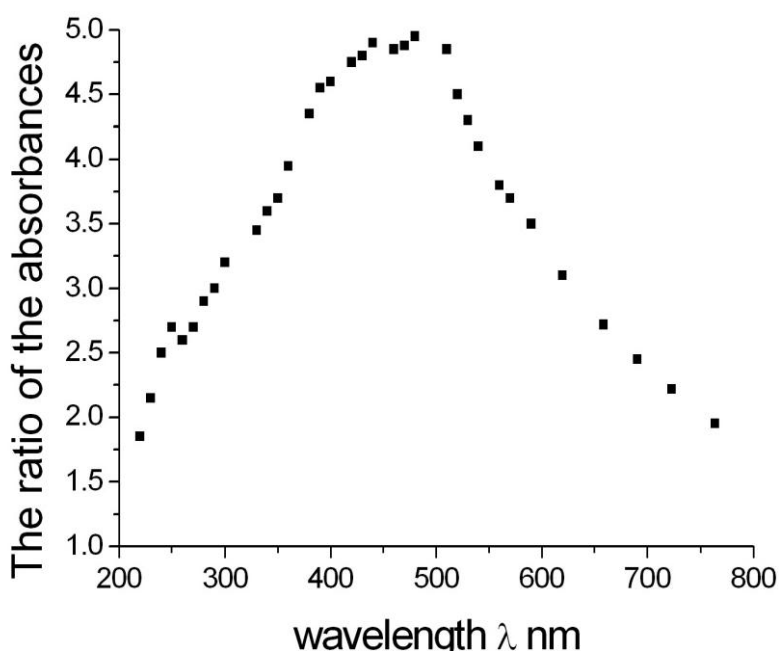


Fig.3. The ratio of absorption of TiO₂ (Anatase) nanopowders coated with the Ni-B clusters with two different grain sizes

Finally it can be inferred that there are a few ways of altering the absorption spectra of photocatalytic TiO₂ nanopowders. They are the deposition of even smaller clusters on the nanopowders by simple and efficient nanotechnology, heat treatment in high vacuum and the selection of nanoparticles by their size. By using optimally these methods, specifically by selecting the materials and optimal sizes of clusters, establishing the optimal conditions of heat treatment in vacuum and selecting the optimal sizes of particles, it is possible to increase the absorption of the visible part of solar energy by these photocatalysts and hence to enhance significantly the efficiency of the photocatalytic reaction.

The work was supported by Rustaveli foundation grant #AR/126/3-250/14

REFERENCES

1. F. Maltini. Climate Change and the Complexity of Solutions for Securing Energy Supply: The Global Energy Revolution. //Nanotechnol. Perceptions, 2014, 10, pp. 100-141.
2. J.Schneider, M.Matsuoka, M.Takeuchi, J.Zhang, Y.Horiuchi, M.Anpo, D.W. Bahneman. Understanding TiO₂Photocatalysis: Mechanisms and Materials. //Chem. Rev., 2014, 114(19), pp. 9919-9986.
3. M. Kaneko, I.Okuna. Photocatalysis Science and Technology. – Tokyo, Kodansha Springer, 2002.
4. J.J.Ramsden. Nanotechnology. - Copenhagen, Ventus, 2009.
5. M. Lyonaga, E. Chatouaki, K. Sunada, N. Ohnishi, K. Hashimoto. Energy-saving system using super-hydrophilic TiO₂ surfaces induced by solar light./The 2nd NIMS International Conference on Photocatalysis: Fundamentals and Applications. Shonan Village Center. Hayama. February 1-3, 2004.
6. S. Teekateerawej, J. Nishino, Y. Nosaka. Photocatalytic microreactor study using TiO₂-coated porous ceramics. //J.Appl. Electrochemistry. Special Issue: Heterogeneous Photocatalysts, 2005, v. 35, N 7-8, pp. 693-697.
7. A. Kudo. H. Kato, I.Tsuji. Strategies for development of visible-light-driven photocatalystsfor water splitting. //Chemistry Letters, 2004, v. 33, No.12,pp. 1534.
8. K.Ishibashi, A. Fujishima, T. Watanabe, K. Hashimoto. Quantum yields of active oxidative species formed on TiO₂ photocatalyst.//J.Photochem. Photobiol. A: Chemistry, 2000, v. 134, No. 1-2,pp. 139-142.
9. Vishnu Prabhakar, Tahira Bibi. Nanotechnology: Future Tools for Water Remediation, //Internat. J. Emerging Technol. Advanced Engineer., 2013, v.3,iss.7,pp. 54-59.

10. D. Duonghong, J.J. Ramsden, M.Graetzel. Dynamics of interfacial electron transfer processes in colloidal semiconductor systems.//J. Am. Chem. Soc., 1982, 104, pp. 2977-2985.
11. A. Linsebigler, G.Lu, J. Yates. Photocatalysis on TiO₂ surfaces: Principles, mechanisms, and selected results. //J.Chem.Phys.,1995, 95, pp. 735-758.
12. T. Khoperia, G. Mamniashvili, M. Nadareishvili, T. Zedginidze. Competitive nanotechnology for deposition of films and fabrication of powder-like particles. //ECS Trans., 2011, v. 35, iss.10, p. 17.

РЕЗЮМЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОПОРОШКОВ TiO₂

Надареишвили М.М., Гегечкори Т.О., Мамниашвили Г.И., Зедгинидзе Т.И., Ретриашвили Т.Г.,
Цакадзе С.Д., Рамсен Д.Д.

Институт физики им. Э. Андрионикашвили, Тбилисский государственный университет им.

Ив. Джавахишвили

Букингэмский университет, Великобритания

Была изучена возможность изменения спектров поглощения фотокаталитических нанопорошков TiO₂ модификации анатаза с целью более эффективного использования энергии УФ излучения солнца и вовлечения в этот процесс видимого света для увеличения эффективности фотокаталитической реакции. Была утановлено, что нанесение кластеров из Ni-B на поверхность наночастиц TiO₂ с помощью уникальной нанотехнологии, разработанной авторами, существенно увеличивает поглощение солнечной энергии в УФ области спектра. Было обнаружено также, что термическая обработка в вакууме после нанесения кластеров из Ni-B на поверхность нанопорошков TiO₂ сдвигает спектры поглощения этих нанопорошков в сторону длинных волн и поглощение в видимой части света возрастает. Из экспериментов следует, что поглощение в видимой части можно увеличить также селективным подбором размеров частиц TiO₂ покрытых кластерами из Ni-B. Проведенные исследования показывают, что существует возможность значительного увеличения поглощения видимого света и следовательно эффективности фотокаталитической реакции.

Ключевые слова: фотокатализатор, двуокись титана, спектр поглощения, получение водорода.

FUNCTIONAL DEPENDENCE OF THE PSYCHIC PHENOMENA

Kadagishvili L.G.

V.V. Chavchanidze Institute of Cybernetics, Georgian Technical University
Georgian Engineering Academy

Abstract. The paper deals with the psychics as a dynamic process and the consciousness as a Gestalt unity. The principle of unity is a relative process in psychology like the theory of relativity is in physics. There is no fixation between the conscious, subconscious and unconscious expositions of information, but they complement each other and are transferred from one phenomenon into other in a normalized manner, like there is no fixed time or space. Our studies are based on multiple experiments. This means that the casual factors, which we cannot control, seem to filter gradually according to the law of so-called big numbers, and finally the relative frequencies (of the exposition of elements) can be determined. Processing the information in this manner, we can talk about not only the conscious portion of the information, but also the quantitatively exposed subconscious and unconscious psychic parameters.

Keywords: psychic phenomena, functional dependence, consciousness, subconsciousness.

Psychics is a dynamic process depending on the surroundings on the one hand, and the demands of the body on the other hand. The combination of these two factors causes an action of the living creature.

Consciousness is a Gestalt unity [1], and therefore it is impossible to reduce it to the feelings without some effort exerted (falling to illusion in particular) and distortion of reality. An isolated feeling is a fiction. It is the product of scientific abstraction. The unity of a structural type is typical of the world of feelings, and the examination of the peculiarities of its elements must be based on this concept.

The unity, which is typical of the physical world, is no less typical of the psychic world, as the Gestalt psychologists contemplate. The concept of the unity of the world turned out to be the basic principle both, for the theory of relativity in physics and the Gestalt theory in psychology.

Introduction of the second principle of the Einstein's physical concept to psychology must have evidenced an indirect link between the reaction and the stimulus. The reason for a reaction to occur is not an isolated stimulus, but the ratio between the stimuli. An excellent example is the experiments we accomplished [2] and the analysis of the moment of exposition of pictures (information) in a short time (with the lack of time). As a result of the short-term picture exposition, we gained conscious, subconscious and unconscious psychic parameters. The ratio between the time and space in this instance is of the kind which, according to the Einstein's theory, does not change in relation to the movement of bodies. There is no fixation between the conscious, subconscious and unconscious expositions of information, but they complement each other and are transferred from one phenomenon into other in a normalized manner, like there is no fixed time or space. These two principal provisions known as the principle of unity and correlation in physics are worth consideration.

The concept of a functional use in such exact sciences, as for example, physics, always means the functional equations correlating different physical values. As for physiologists and psychologists, quite often they use the concept of a function in different senses. When they speak of a function, they mostly mean designation, and the psychologists consider the functions of various organs in this sense. For example, the function of the ear is to comprehend sounds, the function of the eye is to sense light, etc. In this respect, in biology, they differentiate physiology and anatomy: the former studies the functions, while the latter studies the structure of the system of different organs. It should be noted that most American psychologists name themselves functionalists because of this fact. They study functions more than the structure of consciousness.

In mathematics, the function has an absolutely different meaning. Here the function means a certain link between two variables. It implies that one variable depends on the other, and any change in one variable changes the other one. This link is shown as follows:

$$y = f(x)$$

where f is the characteristic of the function. It shows the right kind of action on x (an independent variable) to get the right value of y (function). When x definitely determines variable y (i.e. when y is the definite function of x) and it is possible to fix the unit of measurement for x , then it is clear that y can also be measured. Most of the categories in physics are measured in such a direct manner. For example, force is measured by deformation, temperature is measured by the height of a liquid column, time is measured by the movement of an arrow, and so on.

As for the psychic phenomena, in a similar way, one can determine the functional dependence among three phenomena (conscious, subconscious and unconscious psychic), which determine, verify and characterize each other. It means that one can fairly state that, based on functional equation $y = f(x)$, we can immediately measure one or another psychological category (indirectly).

If a subconscious process is part of some forgotten conscious information, then, if we are aware of the conscious information which is forgotten after a certain time, equation $y = f(x)$ can be used to describe the functional dependence.

A similar dependence can be used to determine quantitatively the unconscious psychic. If we know the amount of information delivered in the experiment (in our case, it is the number of pictures shown with short intervals), the number of elements B occurring in the conscious and added later (after the second interview) determines the functional dependence occurring between the delivered information and the realized information (elements) of B amount.

$$y = f(x)$$

A similar dependence is observed by a certain moment t_n to determine the unrealized elements:

$$y = f(x_1 + x_2)$$

where x_2 is the unconscious elements and x_1 is the subconscious elements, which were in the conscious some time ago, but have been forgotten by the moment t_n .

In the light of strict determinism, the existence of ambiguous associations must be unclear at one glance. However, the case is that quite often some variable cannot be determined accurately by using only one other variable. Mathematically, this means that it could be a function of not one, but two, three or more variables (e.g. errors, illusions, fantasy). While in physics it is easier to control some independent variables, for example, to leave them as they are, it is very difficult in psychology because of the failure in realizing the phenomenon objectively [3].

Thus, in most cases, the value of variable y cannot be determined accurately only by knowing the value of variable x . Despite this, y can be dependent on x to a certain degree, e.g. when $x = x_1$, a certain distribution of variable y may be the case (in case of a picture recognition, it is the association between the levels of information) with a certain mean (arithmetic) value; when x has value x_2 , the distribution of variable y may be different with a different mean arithmetic value, etc. When we talk about some distribution of variable y , we mean the awareness of the probability of possible prospects and arriving at all its elements. The calculation of this kind of dependence will be made clear by empirical calculations, and it belongs to the study of statistical dependences, i.e. when the distribution of variable y depends on variable x , we say that y statistically depends on x . As the quality of perception of a picture (information) depends on the individual, then, on average, the state of the information perception ability can be characterized by the statistical treatment of many experiments.

A phenomenon can be described accurately by considering different abilities of individuals, and this is why we avoided specifying this number (functional dependence) in advance only by means of disposition. However, if we repeat the experiments many times, we can be sure that the relative frequencies of the exposition of some number (elements) tend to a quite definite limit. In other words, this means that, when performing the experiments many times, the casual factors which we cannot

control seem to filter gradually according to the law of so-called big numbers, and finally the relative frequencies (of the exposition of elements) can be determined.

Processing the information in this manner, we can talk about not only the conscious portion of the information, but also the quantitatively exposed subconscious and unconscious psychic parameters.

REFERENCES

1. D. Uznadze. General Psychology, 1940.
2. L. Kadagishvili. Depth of perception and machine coding. -Tbilisi, Metsniereba, 1993.
3. L. Kadagishvili. Unconscious physics in a cybernetic prism. -Tbilisi, Metsniereba, 2001.

РЕЗЮМЕ

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПСИХИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Кадагишвили Л.Г.

Институт кибернетики им. В. Чавчанидзе, Грузинский технический университет
Грузинская инженерная академия

В статье рассматривается психика, как единое Гештальта. Как теория относительности в физике, так и принцип единого в психологии представляет собой относительный процесс. Не существует фиксирования между сознательными, подсознательными и бессознательными информационными проявлениями, они дополняют друг друга и нормировано переходят из одного явления в другое, как не существуют фиксированное время и пространство. Наше исследование опирается на многократные эксперименты. Это означает, что случайные факторы, которые мы не можем контролировать, фильтруются и в конце получается, что относительная частота (при проявлении элементов) вполне определяется. При такой обработке информации мы можем говорить не только о сознательной части, но и о выявленных количественных параметрах подсознательного и бессознательного.

Ключевые слова: психические явления, функциональная зависимость, сознательное, подсознательное, бессознательное.

TEMPERATURE AND AMPLITUDE DEPENDENCE OF THE INTERNAL FRICTION AND SHEAR MODULUS FOR 9%CR FERRITIC STEEL P92 OVER THE TEMPERATURE RANGE 25-750°C

Kutelia E.R., Darsavelidze G.Sh., Kukava T.G., Dzigrashvili T.A., Kurashvili I.R. and Francisco J. Perez Trujillo

Republican Center of Structural Research, Georgian Technical University
Universidad Complutense de Madrid, Spain

Abstract: Comparative studies of relaxation processes and mechanical properties of the samples of ferritic steel P92 in different states were conducted using the temperature- and amplitude dependence of the internal friction and shear modulus. The measurements of $Q^{-1}(T, \varepsilon)$ and $G \sim f^2(T, \varepsilon)$ spectra were carried out in vacuum (10^{-4} torr) using a relaxometer with the reversed torsion pendulum, at frequencies 1-5 Hz, amplitudes of deformation 10^{-5} - 10^{-3} and the rate of heating↔cooling 2-5°C/min over the temperature range 25-750°C. The samples were taken in three different states: in as-received condition, after additional electric current tempering at 700°C under external mechanical tension, and after annealing at 950°C/20min. The obtained results clearly demonstrate a considerable increase (more than ~40%) in strength characteristics at elevated temperatures (550÷700°C), achieved by the additional electric current tempering under mechanical tension.

Keywords: ferritic steel, internal friction, shear modulus, activation energy, relaxation processes, electric current tempering.

1. Introduction

Higher steam temperatures and pressures in advanced supercritical new-generation power plants of the near future will require the use of steels with an improved and useful combination of high-temperature mechanical properties (creep, fatigue, strength) and corrosion/oxidation resistance at operating temperatures, 650°C and higher. The development of new-generation power plants is directly related to the results of continuous technological progress of heat- and corrosion-resistant steels and coatings. In recent years the progress led to the development of a number of modified ~9%Cr steels, such as high-strength ferritic steels P91 and P92 developed to fulfill the new materials' requirements in respect to creep strength [1]. Further improvement (complete realization of potentials) of creep strength and corrosion resistance of these steels, they are subjected to optimum alloying and thermo-mechanical treatments. The ways of realization of the latter have not been studied completely yet. The development of the means of substructure strengthening of the steels (high-temperature thermo-mechanical treatment, low-temperature thermo-mechanical treatment, coupled with low- and high-temperature tempering) designed for operation at elevated temperatures needs a deep understanding of the mechanisms of substructure formation and stabilization ensuring the required properties of the material. High-temperature microstructure evolution in steels usually consists of dynamic recovery, recrystallization, transformation $\gamma \leftrightarrow \alpha$, precipitation of numerous carbides and nitrides, coarsening of precipitates and other phenomena caused by the movement of individual and collectivized dislocations and their interaction with the precipitates. An excellent literature survey of microstructure formation in the heat-resistant ferritic-martensitic steels P91 and P92, after basic treatment (normalizing + annealing, "as received" condition) and long-term creeps and oxidation is given in [2-6]. The TEM study unambiguously showed that steels P92 and P91 in "as received" condition are characterized by a microstructure of a lath martensite (and polygonized ferrite) with numerous precipitates such as M_3C , $M_{23}C_6$ and MX of diverse morphology and sizes [3,4], which, together with the dislocations, experience a significant microstructure evolution during the long-term exposures to elevated temperatures and creep [2-5]. On the other hand, the diffusion of alloying elements is one of the most fundamental processes governing the creep deformation and corrosion/oxidation. Therefore, determination of activation energies and corresponding diffusion coefficients of the considered steels over the temperature range 600-700°C are of considerable importance. Obviously, the correlation between short-circuit diffusion and creep behavior of practical alloys, such as multicomponent ferritic steels P92 and P91 under creep condition is not as simple as in the case of pure metals and binary alloys [7,8] at high temperatures. Therefore, further development of heat-resistant steels for new-generation power plants makes it necessary to conduct a systematic investigation of the influence of thermo-mechanical treatments on microstructure-property

relationships. Because of the complexity of the problem, the enhancement of research efficiency requires integrated application of other structure-sensitive techniques of solid-state characterization coupled with the direct methods of identification of phases and microstructure components (TEM, SEM, EDX). Such a technique is the measurement of the temperature dependence of internal friction (IF) and shear modulus (G) of the material, so-called “mechanical spectroscopy” [9,10]. This method is highly sensitive and selective with regard to phase and microstructure changes of the material.

In the case of engineering high-temperature creep-resistance steel, the data derived from internal friction (IF) measurements (activation energy of the processes, diffusion coefficients, relaxation time etc.) can be applied to the prediction of dominant mechanisms of the processes taking place at the beginning of creep under specific stress and temperature conditions [1,9], and to the understanding of several diffusion-controlled processes during corrosion [11].

From the point of view of the above considerations, the aim of this work is the characterization of physico-mechanical properties of 9%Cr ferritic steel using low-frequency internal friction measurements over the temperature range 25-750°C. The limited number of the investigations in this field encouraged us to take up steel P92 as a subject matter. The aim of the performed research was to characterize the inelastic properties of steel P92 in three different states: as-received, after additional electric current tempering at 700°C under mechanical tension and after annealing at 950°C inside the relaxometer of the IF apparatus.

2. Materials and experimental procedure

The studies on inelastic/elastic properties and dynamic shear modulus vs temperature, deformation amplitude and vibration frequency (f) were performed using low-frequency internal friction methods. The samples of ferritic steel P92 were characterized in the as-received condition and after various thermal and thermo-mechanical treatments. The chemical composition of steel P92 used in our study is given in Table 1.

Table 1. Chemical composition of steel P92 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Mo	Ni	Nb	V	B	W
0.12	0.21	0.49	0.014	0.002	8.70	0.053	0.38	0.17	0.06	0.18	0.003	1.65

Rectangular samples 50x30x4mm in dimensions were machined after cutting them from a bar and subjected to the basic treatment in the following sequence: normalization at 1060°C/20min – cooling medium air + annealing at 770°C/60min – cooling medium air. From the prepared rectangular samples (coupons), with the above basic treatment (as-received condition), the 50x1,2x1,2mm rods were machined and were used as standard specimens for low-frequency internal friction (IF) measurements. Surface grinding of these specimens was carried out before polishing in order to obtain plain parallelism with the accuracy better than $\pm 5\mu\text{m}$. Part of these specimens were machined to a cylindrical shape, having a diameter of 1mm, to avoid possible edge effects during the IF measurements.

The temperature dependence of the internal friction $Q^{-1}(T)$ and dynamic shear modulus $G(T) \sim f^2(T)$ was measured in vacuum (10^{-4} torr) using a relaxometer with the reverse torsion pendulum [12] at frequencies 1-5Hz with the amplitudes of deformation 10^{-5} - 10^{-3} , and the rate of heating \leftrightarrow cooling 2-5°C/min over the temperature range 25-750°C. The first cycle of measurements was conducted with the specimens in the as-received condition. Additional heat treatment was carried out after the first measurement directly in the relaxometer via annealing at 950°C/20min. Subsequently, $Q^{-1}(T)$ and $f^2(T)$ were measured repeatedly at the rate of cooling 2°C/min. The second cycle of the experiments included a comparative study of the temperature and amplitude dependence of the internal friction and shear modulus for P92 steel samples in the as-received condition and after the additional electric current tempering under mechanical tension at elevated temperatures.

3. Results and discussion

The results of $Q^{-1}(T)$ and $f^2(T)$ measurements derived from the logarithmic decrement and vibration frequency of the P92 steel specimen when tested in the as-received condition are shown in Fig.1, a and b. The measurements were conducted in the heating↔cooling mode at the rate of 2°C/min, keeping the vibration frequency at ~1Hz, and the rate of vibrational deformation $\varepsilon \leq 2 \cdot 10^{-5}$.

It is clear that the initial specimen (in the as-received condition) is characterized by a weakly increasing background up to 450°C, after which its exponential growth is observed with the superimposed IF peaks at 510-530°C, 570-575°C and 650°C. At higher temperatures (>750°C), the background decays so quickly that it was practically impossible to measure the IF intensity. Therefore, in this temperature range, the specimen was only heated up to 950°C/20min and subsequently cooled at the rate of 2°C/min. Starting from 750°C, the measurements of inelastic characteristics were recommenced. The obtained $Q^{-1}(T)$ curve (curve 2 in Fig.1, a) has many similar features to that of the initial spectrum (curve 1 in Fig.1, a). A weak hysteresis with the shift to lower temperatures is observed in the vicinity of the 650°C peak. The increase in the vibration frequency up to 4Hz caused a shift of the above peaks to higher temperatures by ~15÷20°C, which argues for the reversible relaxational rearrangement of defects at critical temperatures in the field of periodical external loading (torsional vibrations).

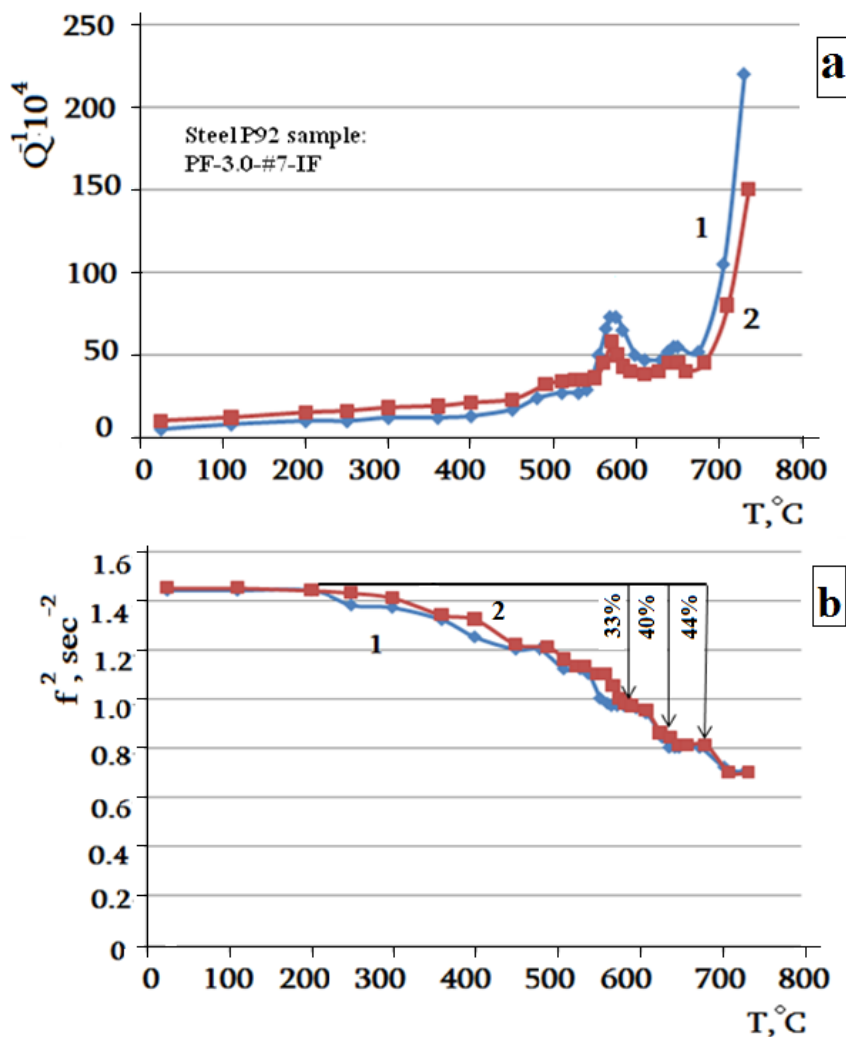


Fig.1. The temperature spectra of: a) Internal friction $Q^{-1}(T)$ and b) the dynamic share modulus $G(T) \sim f^2(T)$ for steel P92:
1- as-received, initial condition; 2- after annealing at 950°C/20min inside the relaxometer

The dynamic share modulus temperature spectrum $G(T) \sim f^2(T)$ of the same specimen shows a step-like change of the modulus, and in the temperature range of the IF peaks a defect of the shear modulus occurs, which is related to the local weakening of the lattice in the process of the relaxation rearrangement of defects at critical temperatures. It is also seen that, in the heating and cooling curve, a slight hysteresis appears at elevated temperatures, 350 - 600°C (see Fig.1,b). At the same time, the shear modulus of the specimen in the as-received condition remains unchanged up to 200°C, and decreases at the elevated temperatures by 16% at 500°C, 33% at 600°C, 40% at 650°C and 44% at 700°C.

Figures 2, a and b show the results of measurements of the internal friction and square frequency of the vibration of the P92 specimen after additional electric current tempering at 700°C/60min, under mechanical tension 2.8kgf/mm². The conditions of the measurements were identical to those for P92 in the as-received condition described above. In the $Q^{-1}(T)$ curve for the electrically tempered specimen under mechanical tension, a significant increase of the IF peak is observed near 650°C, while the peak at 570°C increased negligibly (compare Fig.2, a with Fig.1, a).

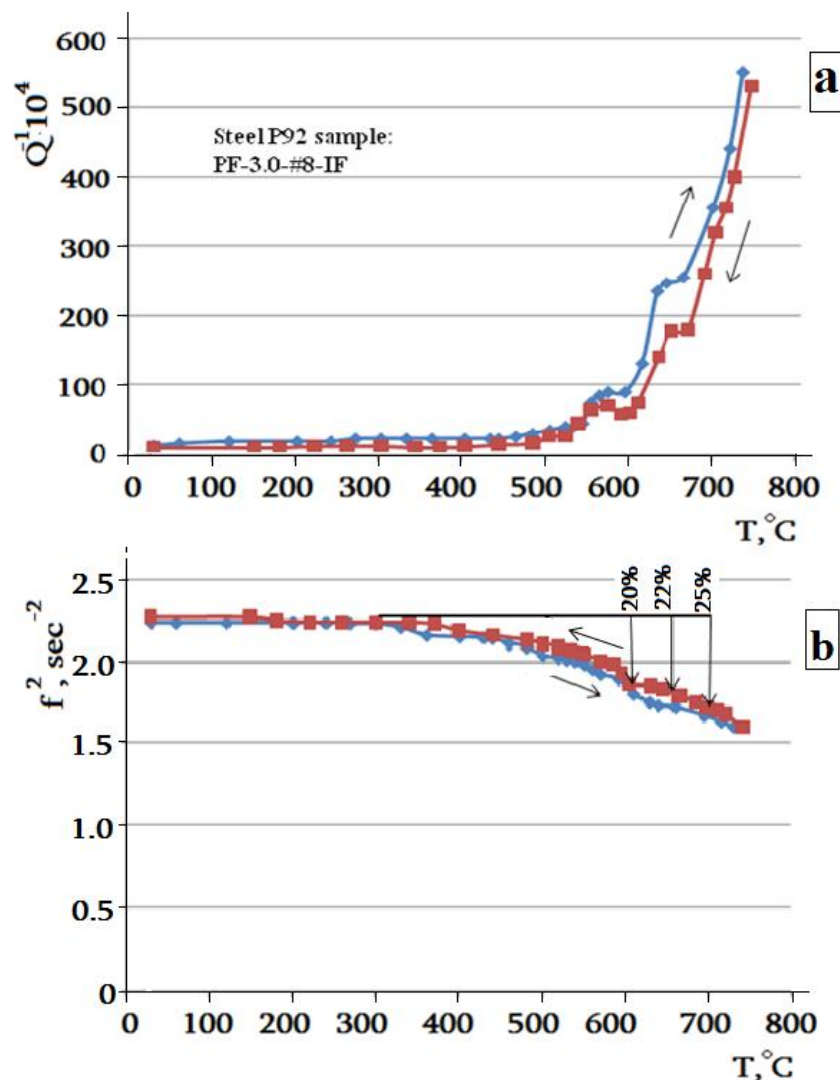


Fig.2. The temperature spectra of: a) the internal friction $Q^{-1}(T)$ and b) the dynamic share modulus $G(T) \sim f^2(T)$ for the sample of steel P92 after additional electric current tempering at 700°C/60min under mechanical tension of 2.8kgf/mm²

Similar heating and cooling $G(T) \sim f^2(T)$ curves obtained after the additional electric current tempering of the initial P92 specimen showed a significant (~45%) decrease in the rate of reduction of the dynamic shear modulus in comparison to its permanent value over the range of 25 - 200°C. Particularly, its decrease from the permanent value over the range 25 - 200°C is equal to: 7% at 500°C, 20% at 600°C, 22% at 650°C and 25% at 700°C (Fig. 2, b).

After the additional electric current tempering, an increase in the shear modulus was revealed in comparison to the initial P92 specimen over the temperature range 500 - 700°C. This indicates strengthening of the initial microstructure through reinforcement of pinning of the dislocations newly formed under mechanical tension, segregated by impurity atoms, and the precipitates of disperse phases additionally nucleated in the specimen during its tempering after heating by electric current up to 700°C/60min.

The activation energy of the relaxation processes responsible for the respective peaks in the $Q^{-1}(T)$ curves of steel P92 was calculated from the experimental values of T_{max} and f_{max} corresponding to the above-described peaks using the Wert-Marx formula [9]:

$$H = kT_{max} \cdot \ln \frac{KT_{max}}{h \cdot f_{max}} \quad (1)$$

where k is the Boltzmann constant; h – the Plank’s constant, T_{max} and f_{max} are the temperature and vibration frequencies corresponding to the IF peaks, respectively. Then, from the formula

$2\pi f_m \cdot \tau = 1$, where $\tau = \tau_0 \cdot \exp\left(\frac{H}{KT_m}\right)$ is the relaxation time, which is a necessary condition for appearance of Q^{-1}_{max} , the value of frequency factor was calculated [9,10]:

$$\tau_0^{-1} = 2\pi f_m \cdot \exp\left(\frac{H}{KT_m}\right) \quad (2)$$

Activation characteristics of the relaxation processes in steel P92, determined over the temperature range 500 - 700°C, are given in Table 2.

Table 2. Activation characteristics of relaxation processes in steel P92

Condition of the P92 sample	T_{max} of IF peaks, °C	f_{max} of IF peaks, sec^{-1}	Activation energy, H , cal/mol	Frequency factor, τ_0^{-1} , sec^{-1}
Initial “as-received”	520	1,6	47900	$6 \cdot 10^{13}$
	570	0,98	52700	$1 \cdot 10^{14}$
	645	0,89	56000	$8 \cdot 10^{13}$
Tempered by electric current under mechanical tension	520	1,4	48500	$8,7 \cdot 10^{13}$
	570	1,36	50500	$2 \cdot 10^{13}$
	640	1,22	56000	$1 \cdot 10^{14}$

The activation characteristics reported here may play an important role in the determination of the diffusion parameters of the alloying atom for corrosion studies of the investigated ferritic steel over the temperature range 500 - 750°C, since, at these comparatively low temperatures, the determination of the diffusion coefficient using a conventional isotopic diffusion method is practically impossible or very inaccurate [8-11]. The relaxation peak near 520°C, with the activation energy 47,900 cal/mol and the frequency factor $6 \cdot 10^{13} sec^{-1}$, is similar to the grain boundary peak in iron alloys [9]. We propose that the observed relaxation process near 520°C in steel P92 is caused by the

movement of unanchored subgrain boundaries in the stress field. The comparison of diffusion characteristics of substitutional atoms in binary iron alloys available in literature [7,8] to those we obtained for ferritic steel P92 near 570°C makes it possible to assume that, under the external periodic stress near 570°C, a reversible diffusion reorientation of the pairs of Cr atoms in the stress field takes place according to the Zener mechanism [9,10]. The process of amplitude-dependent relaxation of vibration near 650°C with the activation energy 56,000 cal/mol and the frequency factor $8 \cdot 10^{13} \text{ sec}^{-1}$ is close to that of impurity and grain boundary relaxations observed in metallic alloys [10]. Taking into consideration the physical essence of the first and second critical amplitudes of deformation (ε'_{cr} , ε''_{cr}) [9,13] and the available data on the character of the dislocation structure of ferritic steel P92 [2-4], the measurements of the amplitude-dependent internal friction in the investigated steel may provide the valuable information necessary for the selection of remedies for refinement of high-temperature properties of the material.

Figures 3. a and b show the results of the measurements of the amplitude dependence of the internal friction for steel P92, obtained in the as-received condition and after the electric current tempering at 700°C/60min under the mechanical tension of 2.,8kgf/mm². The measurements were conducted in the range of deformation amplitudes 10^{-5} - 10^{-3} at the following fixed temperatures: 25, 200, 300, 400,500 and 600°C.

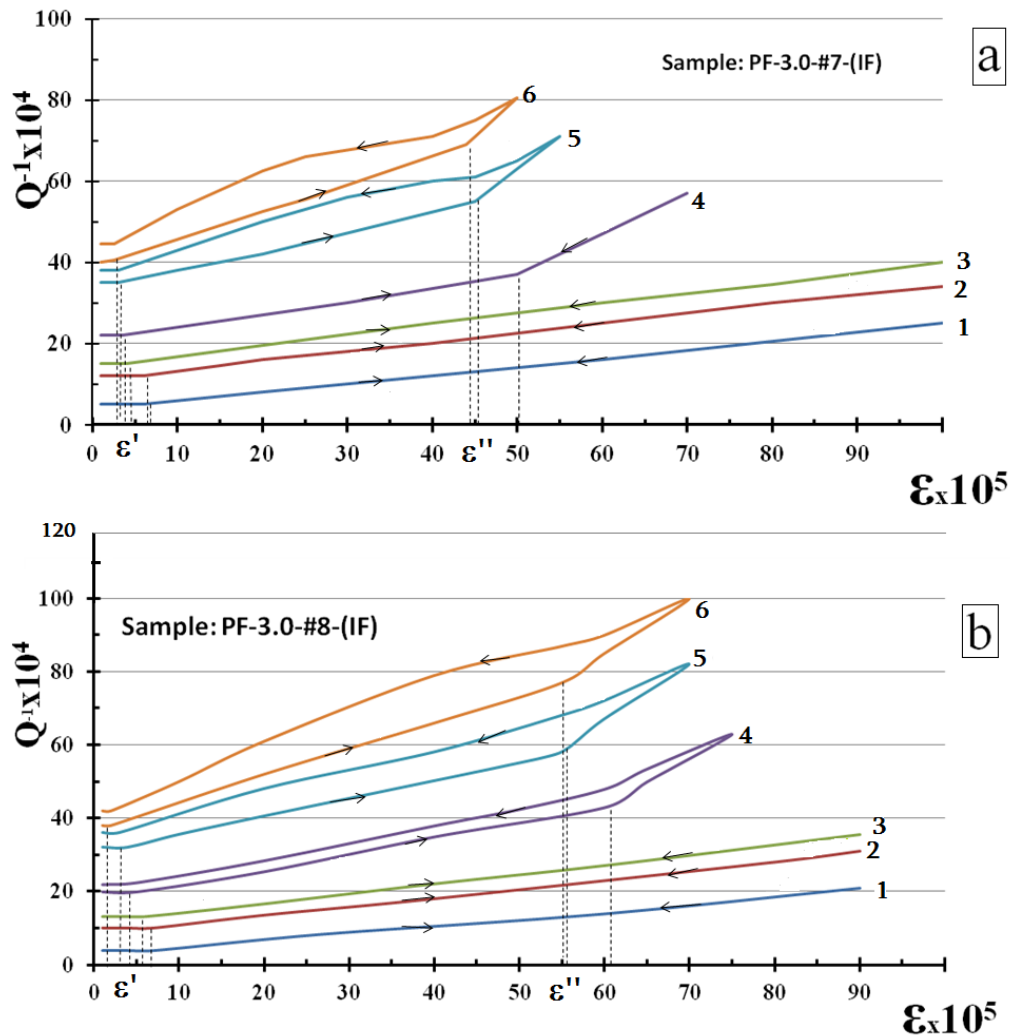


Fig.3. The amplitude dependence of internal friction $Q^{-1}(\varepsilon)$ for steel P92 at fixed temperatures: a) for the sample in the as-received condition and b) for the same sample after additional electric current tempering at 700°C/60min under mechanical tension of 2.8kgf/mm²: 1 - 25°C; 2 - 200°C; 3 - 300°C; 4 - 400°C; 5 - 500°C; 6 - 600°C.

Figure 3. a shows that, at room temperature, in a wide range of amplitudes of deformation, steel P92 in the as-received condition is characterized by a single critical amplitude of vibration ϵ'_{cr} which divides two permanent and linearly increasing regions of the internal friction curve. The measurements carried out during continuous reduction of the vibration amplitude showed a practically complete coincidence of descending and ascending $Q^{-1}(\epsilon)$ curves, that indicates the reversibility of dissipation of the vibration energy up to the deformation rate $\sim 5 \cdot 10^{-3}$ (Fig.3 a, curve 1). An increase in the measurement temperature to 200°C and 300°C did not change the type of $Q^{-1}(\epsilon)$ dependence. However, the tendency of the first critical amplitude of deformation ϵ'_{cr} for a decrease of the intensity of IF for an increase in the whole region of deformation amplitude, is obvious. At the same time, the slope of the $Q^{-1}(\epsilon)$ curve at high temperatures testifies that the mechanism of dissipation of the vibration energy is the same up to 300°C (Fig.3, a, curves 1,2,3). At higher temperatures of measurements, up to 400°C, the second critical amplitude of deformation of ϵ''_{cr} and the isolation of three ranges of the $Q^{-1}(\epsilon)$ curve occur. These ranges show different regularities of IF variations (Fig.3a, curve 4). In the first range, the background IF is constant up to $\epsilon \leq \epsilon'_{cr}$. In the second range, IF increases linearly with a small slope up to some definite value of the second critical amplitude ϵ''_{cr} . In the third range, an abrupt linear increase of $Q^{-1}(\epsilon)$ with a higher slope was detected. At the rate of deformation higher than ϵ''_{cr} , irreversible changes in $Q^{-1}(\epsilon)$ begin, which is expressed by a deviation between the “ascendant” and “descendant” curves in the form of a hysteresis loop in $Q^{-1}(\epsilon)$ curve, during the increase in the temperature up to 500°C and 600°C.

In these cases, in parallel with the increase in the critical amplitudes of deformation ϵ'_{cr} and ϵ''_{cr} , opening of the hysteresis loop is observed, which indicates the generation of a microplastic deformation in the field of external high-amplitude ($\epsilon > \epsilon''_{cr}$) periodic stress (curves 5 and 6 in Fig.3, a).

Similar measurements of the amplitude dependence of IF carried out under the same conditions of the experiment for the P92 sample subjected to additional thermo-mechanical treatment using electric current tempering showed that the general character of the $Q^{-1}(\epsilon)$ curves was not changed for the respective measurement temperatures (compare Fig. 3,a and Fig. 3,b). However, a noticeable increase was revealed in values ϵ'_{cr} and ϵ''_{cr} caused by the additional thermo-mechanical treatment of the initial steel P92 sample. The values of critical amplitudes of deformation at each temperature of testing (see Table 3) clearly demonstrate the effect of the additional thermo-mechanical treatment at 700°C of steel P92, which provides the formation of a more stable structure of the material persistent at elevated temperatures. The observed increase in ϵ''_{cr} and the appearance of the hysteresis in the “loading↔unloading” curves of $Q^{-1}(\epsilon)$ for P92 after the above-mentioned additional treatment may originate several kinds of microstructure changes at 400°C caused by dislocation/precipitates interaction in the process of microplastic deformation at amplitudes $\epsilon \geq \epsilon''_{cr}$.

Table 3. The values of the first (ϵ'_{cr}) and second (ϵ''_{cr}) critical amplitudes of deformation for steel P92

Testing temperature, $T_t, ^\circ\text{C}$	Sample condition			
	As-received		Additional electric current tempering	
	$\epsilon'_{cr} \cdot 10^5$	$\epsilon''_{cr} \cdot 10^5$	$\epsilon'_{cr} \cdot 10^5$	$\epsilon''_{cr} \cdot 10^5$
25	6	--	7	--
200	6	--	7	--
300	4	--	6	--
400	3	50	4,5	60
500	2,5	45	4	55
600	2	42	3	55

This interpretation is also supported by the observed increasing (more than by 40%) shear modulus over the temperature range 500 - 700°C of the initial P92 sample undergone the additional electric current tempering at 700°C under mechanical tension of 2.8kgf/mm² (compare with Fig.1,b and Fig.2.b).

4. Conclusion

This research deals with ferritic steel P92 in three different states: as-received, after additional electric current tempering at 700°C and after annealing at 950°C. The study of the temperature and amplitude dependence of the internal friction and shear modulus over the temperature range 25-750°C revealed three maxima of internal friction at temperatures 510 - 530°C, 570 - 575°C and 650°C, accompanied by shear modulus defects. The first maximum is determined to be of the relaxation nature, and is characterized by the activation energy of ~48,000 cal/mol and the relaxation time constant equal to $6 \cdot 10^{13} \text{sec}^{-1}$. According to its activation features ($H=52,000 \text{ cal/mol}$, $\tau_0 = 1 \cdot 10^{-14}$), the maximum at 570°C may be attributed to the relaxation rearrangement of chromium atom couples through the Zener mechanism during diffusion in the α -phase. The vibration amplitude-dependent relaxation process near 650°C with the activation energy 56,000 cal/mol and the frequency factor $8 \cdot 10^{13} \text{sec}^{-1}$ is close to that of the impurity and grain boundary relaxation observed in metallic alloys. The results of the amplitude-dependent internal friction $Q^{-1}(\varepsilon)$ and shear modulus $G(\varepsilon)$ measurements at fixed temperatures over the range 25-750°C can be successfully used for comprehensive characterization of solution annealing behavior of steel P92. The comparison of the measured values of the critical amplitude of dislocation breakaway ε'_{cr} (first critical amplitude) with that of the initiation of microplastic deformation ε''_{cr} (second critical amplitude) determined for steel P92 in different states clearly demonstrates a noticeable increase in the strength characteristics at elevated temperatures achieved by additional thermo-mechanical treatment using electric current tempering coupled with external mechanical tension.

Acknowledgements: *This work was performed in the course of the project funded by EC FP7-NMP-2012-SMALL-6: Project #310436.*

REFERENCES

1. Creep-resistant steels, Edited by Fujio Abe, Torsten-Ulf Kern and R.Viswanathan. -Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2008, p.667.
2. A. Czyska – Filionovicz, A. Zielinska-Lipiec, P.J. Enis. Modified 9%Cr Steels for advanced power generation: Microstructure and properties. //Journal of Achievement in Materials and Manufacturing Engineering, 2006, v.19, issue 2, pp. 43-48.
3. G. Golanski and P. Wiczorek. Microstructural Investigation of the Ferritic GX12CrMoVNbN9-1(GP91) Cast Steel. //Solid State Phenomena, 2012, v.186, pp. 287-291.
4. A. Zielinska-Lipiec and A. Czirska-Filemonovicz, Characterization of the micro- and nanoscale structure of new creep-resistant steels for use in advanced USC steam power plants. //Materials Transactions, 2007, v.48, No.5, pp. 931-935.
5. A. Kumar, B.K. Choudhary, K. Laha, T. Jayakumar, K. Bhunu Sankara Rao and B. Raj. Characterization of microstructure in 9% chromium ferritic steels using ultrasonic measurements. //Trans. Indian Inst.Met; 200), v.56, No.5, pp. 483-497.
6. J.hers, D.J. Young, E.J.Smaardijk, A.K. Tyagi, H.J. Penkala, L. Singheiser, W.J. Quadackers, Enhanced oxidation of 9%Cr steel P91 in water-vapour-containing environments. //Corrosion Science, 2006, v.48 pp.3428-3454.
7. P. Barrand, On substitutional relaxation in an Iron-22,5%Cr alloy. //Metal Science Journal, 1967, v.1, pp. 54-54.
8. J. Stanley and Ch. Wert. Diffusion in a ferromagnetic alloy. //Journal of Applied Physics, 1961, No.2, v.32, pp. 267-275.
9. M.S. Blanter, I.S. Golovin, H. Neuhauser, H.R. Sining. Internal Friction in Metallic Materials. -Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007, p.520.

10. A. Pushkar. Internal Friction in Metallic Alloys. –London, 2005, p.640.
11. P.I. Williams, R.G. Faillner, Chemical volume diffusion coefficients for stainless steel corrosion studies. //Journal of Materials Science, 1987, v.22, pp. 3537-3542.
12. G. Kobakhidze, T. Kukava, T. Dzigrashvili, E. Kutelia, Automatic relaxometer for measurement of internal friction and shear modulus temperature dependence. /Proceedings of International Conference on Materials Testing – TEST-2003, 13-15 May 2003, Nueremberg, Germany, pp. 225-228.
13. M.A. Krishtal and C.A. Golovin. Vnutrennee Trenie I Structura Metallov. -Moscow, Metallurgia, 1976, p. 375. (in Russian).

РЕЗЮМЕ

ТЕМПЕРАТУРНАЯ И АМПЛИТУДНАЯ ЗАВИСИМОСТИ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ И МОДУЛЯ СДВИГА В 9%Cr ФЕРРИТНОЙ СТАЛИ Р92 В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 25-750°C

Кутелия Э.Р., Дарсавелидзе Г.Ш., Кукава Т.Г., Дзиграшвили Т.А., Курашвили И.Р., Перез Трухилио Ф.Х.

Республиканский центр структурных исследований Грузинского технического университета
Университет Комплутенсе, Мадрид, Испания

Проведены сравнительные исследования процессов релаксации и механических свойств ферритной стали Р92 в трех разных состояниях: состояние поставки, после дополнительного электроотпуска при 700°C и после отжига при 900°C/20 мин. Изучены температурная и амплитудная зависимости внутреннего трения и модуля сдвига. Измерения спектров $Q^{-1}(T, \varepsilon)$ и $G \sim f^2(T, \varepsilon)$ проводились в вакууме (10^{-4} торр) с использованием релаксометра при частоте 1-5 Гц, амплитуде деформации 10^{-5} - 10^{-3} и скорости нагрева↔охлаждения 2 - 5 °C/мин в диапазоне температур 25 - 750 °C. Полученные результаты четко демонстрируют повышение (более 40%) прочностных характеристик при повышенных температурах (550 - 700°C), обусловленных дополнительным электроотпуском под механическим напряжением.

Ключевые слова: ферритная сталь, внутреннее трение, модуль сдвига, энергия активации, релаксационные процессы, электроотпуск.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СТЕРЖНЕ ПРИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Байсарова Г.Г., Киквидзе О.Г.

Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш.Есенова,
Актау, Казахстан
Государственный университет Ак.Церетели, Кутаиси

Стержневые элементы конструкций в период эксплуатации часто испытывают одновременное воздействие неоднородного температурного поля и механической нагрузки. Следовательно, расчет напряженно-деформированного состояния и оценку прочности необходимо вести на основе решения связанной задачи теплопроводности и механики деформируемого твердого тела.

В общей многомерной постановке решение этой задачи достаточно сложно. Разработка относительно простой, прикладной модели, требует введения определенных гипотез. Для проверки достоверности получаемых теоретических результатов необходимо провести экспериментальное исследование, которое дает возможность также проверить справедливость вводимых гипотез [1].

В лаборатории сопротивления материалов было проведено испытание консольной призматической балки постоянного прямоугольного сечения при термомеханическом нагружении. Схема экспериментального стенда показана на рис.1.

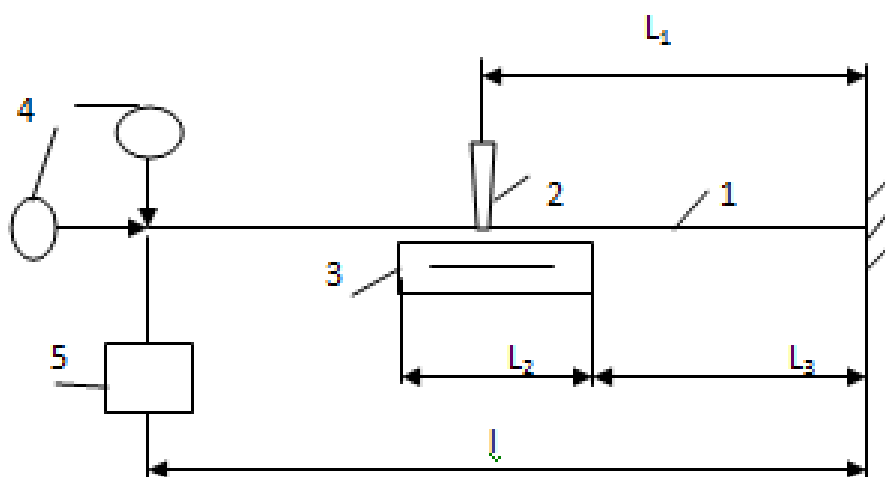


Рис.1. Схема экспериментального стенда

1 - консольная балка; 2 - термометр; 3 - нагревательное устройство; 4-индикаторы часового типа; 5- гири

Характерные геометрические размеры стенда: $l=700 \text{ mm}$; $l_1=350 \text{ mm}$; $l_2=190 \text{ mm}$; $l_3=240 \text{ mm}$; Материал балки ст. 45 с геометрическими размерами 12x24x700 мм. Было изготовлено нагревательное устройство с использованием спирали мощностью 200 Вт., с помощью которого нагревали часть нижней поверхности балки длиной 19 см. Температуру

измеряли цифровым контактным термометром ТК-5.03. Для измерения перемещений применяли индикаторы часового типа. Механическую нагрузку создавали с помощью гирь 1 кг и 2 кг.

Опыты проводились для двух случаев нагружения: первый – когда балка только нагревается на части нижней поверхности и второй – термомеханическое нагружение. При термомеханическом нагружении вначале балку нагружали на свободном конце гирь, а затем нагревали на части нижней поверхности. Балка нагревалась в течение 8 мин. Интервалом 40 сек. измеряли температуру нагреваемой части нижней поверхности и верхней поверхности в данной точке, а также вертикальное и горизонтальное перемещения свободного конца балки.

Этот эксперимент однофакторный. Независимым фактором является время. Был выбран последовательный план. Проводились повторные измерения для каждого уровня независимого фактора. Для графического представления экспериментальных данных была проведена статистическая обработка результатов измерений. Резко отклоняющиеся экспериментальные точки проверялись по критерию Смирнова – Гребса [2] :

$$V_{i \max} = \frac{y_{i \max} - \bar{y}_i}{\sigma} \sqrt{\frac{m}{m-1}}, \quad V_{i \min} = \frac{\bar{y}_i - y_{i \min}}{\sigma} \sqrt{\frac{m}{m-1}}$$

где: $y_{i \max}$, $y_{i \min}$ – максимальное и минимальное значения измеряемой величины на данном уровне независимого фактора, \bar{y}_i – среднее значение наблюдаемых величин на данном уровне независимого фактора, m – количество повторных измерений, σ – среднее квадратичное отклонение.

Если $V_{i \max} > V_t$ или $V_{i \min} > V_t$, то соответствующие экспериментальные точки исключаются из дальнейшего рассмотрения. Если $V_{i \max} < V_t$ или $V_{i \min} < V_t$, то соответствующие экспериментальные точки остаются. $V_t = V_t(p, m)$ – теоретическое значение параметра и выбирается из таблицы [2,3] в зависимости от доверительной вероятности p (например $p=0,9$) и от числа повторных измерений m .

Однородность дисперсий проверяли по критерию Кокрена (Кохрена): $G = \sigma_{i \max}^2 / \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$, где n – число уровней независимого фактора, $\sigma_{i \max}^2$ – максимальная дисперсия, σ_i^2 – дисперсии на каждом уровне. Если $G < G_t$, то гипотеза об однородности дисперсии не отбрасывается. Величина $G_t = G_t(p, n, m-1)$ берется из таблицы в зависимости от доверительной вероятности, числа уровней независимого фактора и числа повторных измерений m .

Для каждого уровня независимого фактора находили средние значения измеряемых величин. На рис. 2 показаны зависимости температуры нагреваемой части нижней поверхности балки и температуры верхней поверхности балки в измеряемой точке. На рис.3 показаны зависимости вертикального и горизонтального перемещений свободного конца от времени при термомеханическом нагружении балки.

Из рис. 2 видно, что температура в точке верхней поверхности в пределах расположения нагревательного устройства меняется фактически линейно во времени, а на нижней нагреваемой поверхности температура меняется нелинейно и она примерно в два раза выше.

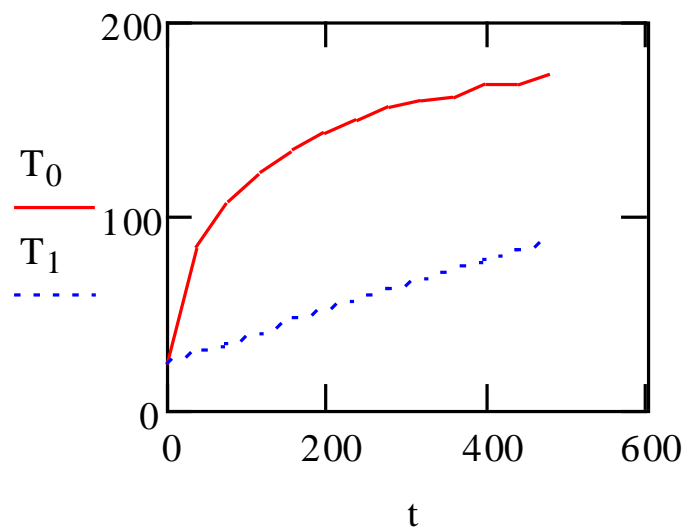


Рис.2. Зависимость температуры нижней нагреваемой поверхности балки (T_0) и верхней поверхности в измеряемой точке (T_1) от времени

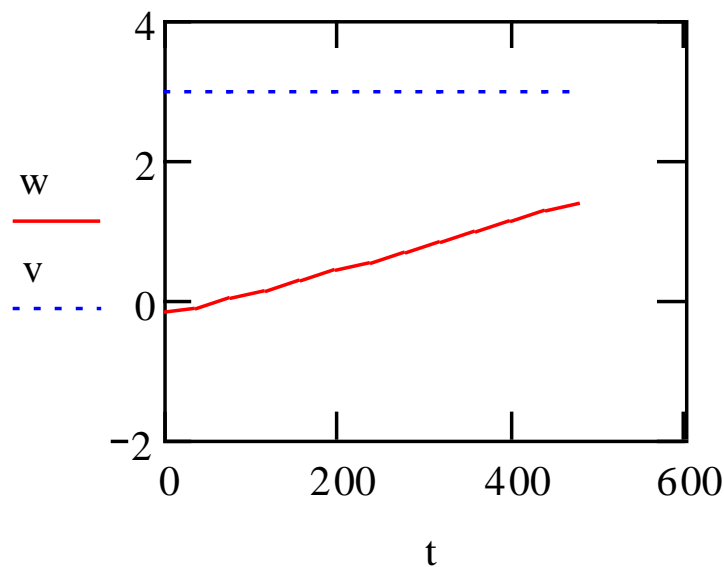


Рис.3. Зависимость горизонтального (W) и вертикального (V) перемещений свободного конца балки от времени при термомеханическом нагружении

На рис. 3 вертикальное перемещение от статической механической нагрузки гораздо больше, чем горизонтальное перемещение. Однако, под действием температуры картина меняется, и вертикальное перемещение остается фактически постоянным, т.е. перемещение от изменения температуры существенно меньше, чем от нагрузки, а горизонтальное перемещение увеличивается существенно и в конце нагрева ($t = 440$ сек.) становится соизмеримым с вертикальным перемещением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Термопрочность деталей машин. /Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. -М.: Машиностроение, 1975, 455 с.
2. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Пер. с англ. - М.: Мир, 1981, 518с.
3. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента. –Чебоксары. Изд.-во ЧГУ, 2006, 200с.

SUMMARY

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DISPLACEMENTS AND THE TEMPERATURE FIELD OF THE BEAM UNDER THERMOMECHANICAL LOADING

Baisarova G.G. and Kikvidze O.G.

Esenov Caspian State University of Technology and Engineering , Aktau, Kazakhstan

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper deals with the experimental investigation of the cantilevered beam. The beam has a rectangular cross-section. The schematic of the experimental stand is given. The beam was loaded with a concentrated force and a temperature field. In the experiment, the temperature of top and bottom surfaces of the beam, as well as vertical and horizontal displacements of the free end of the beam were measured. All measurements were carried out with 40-s intervals in two modes 1. The beam under the action of a inhomogeneous temperature field, 2. The beam under the action of a concentrated force and then under the action of the inhomogeneous temperature field. The experimental graphs of displacements and temperature are presented.

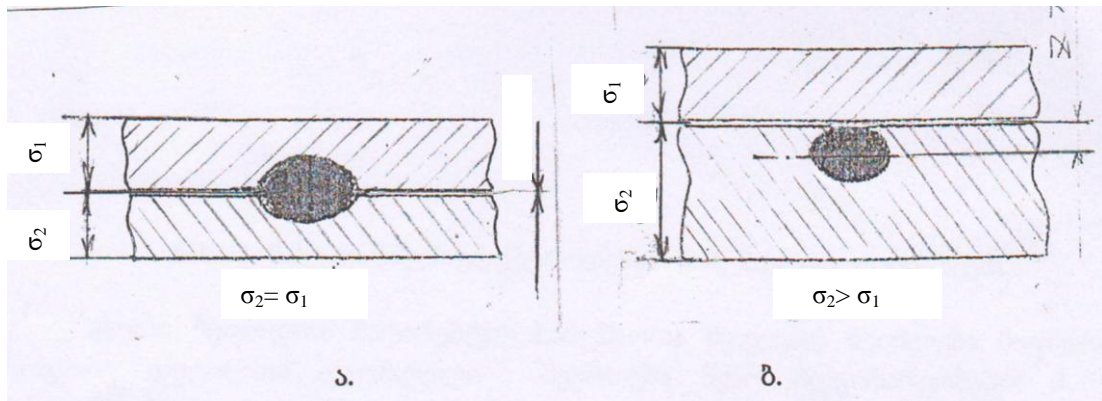
Keywords: displacement, beam, temperature, experiment.

წერტილოვანი შედუღების ნიმუშთა ნახევრადმუშა ელექტროდებით ბაზუბება

სულამანიძე ა.კ., კახიშვილი გ.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წერტილოვანი შედუღების ხვედრითი წილი თანამედროვე ეტაპზე აღწევს ლითონ-კონსტრუქციათა დამზადების სფეროში გავრცელებული ელექტრო-კონტაქტური შედუღების ოთხმოდ პროცენტამდე. სწორედ ამიტომ საშემდუღებლო წარმოების განვითარების უპირველეს ამოცანად ამ დარგში იგულისხმება ისეთი დაუშლელი შეერთების, წერტილის, მიღება, რომელიც უზრუნველყოფს ნაკერის მაღალ და სტაბილურ ხარისხს. თვითონ წერტილი ჩამოყალიბდება შესაერთებელი დეტალებს შორის, ე.წ. ცხელკონტაქტში, შედარებით მცირე ფართობზე, სხმული ბირთვის სახით, რომლის ზომების დიამეტრისა და ჩაღობის სიღრმეთა რიცხვითი მნიშვნელობები დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესის პარამეტრებზე, ასევე შედუღების ზონის ელემენტთა მასალასა და კონსტრუქციაზე. აღნიშნულ კომპონენტთა სათანადო ვარიანტით შესაძლებელია დამაკმაყოფილებელი შედეგის მიღწევა მაშინ, როცა დუღდება თანაბარი სისქის დეტალები. იმ შემთხვევისათვის კი, თუ საქმე გვაქვს სხვადასხვა სისქეებთან, თავს იჩენს მეტად არასასურველი წუნი – წერტილი დაიძვრის ცხელი კონტაქტიდან სქელი დეტალის სიღრმისაკენ რაღაც Z მანძილით (ნახ. 1) და მოსალოდნელია მისი მთლიანად განთავსება სქელ დეტალში, რომლის შედეგად მიიღება გამოუსწორებელი წუნი.



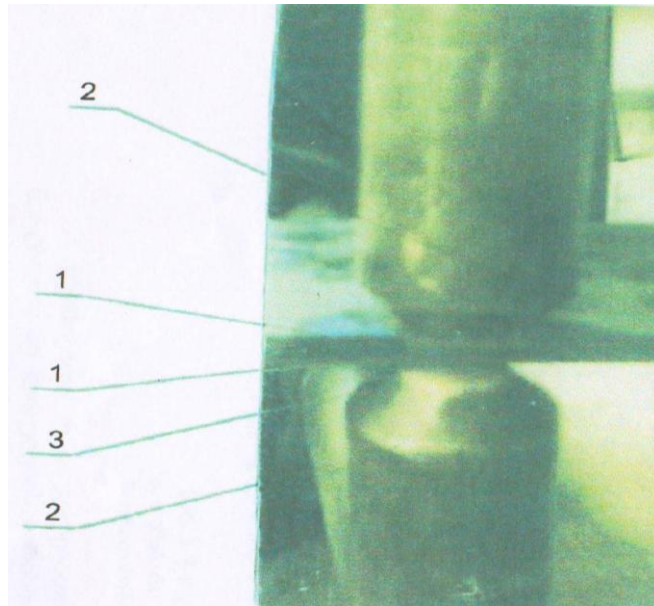
ნახ. 1 წერტილის ადგილმდებარეობა
 ა. თანაბარი; ბ. არათანაბარი სისქეების შემთხვევაში

ჩატარებულია კვლევითი სამუშაოები სხვადასხვა სისქის დეტალთა წერტილოვანი შედუღების ხარისხის გასაუმჯობესებლად, საჭირო გახდა დღემდე არსებული სერიოზული, დაუძლეველი პრობლემის, შენადული წერტილის ასიმეტრიულობის (ნახ. 1, Z>0) მექანიზმის შესწავლა.

პირველ რიგში საჭირო გახდა წერტილის ადგილმონაცვლეობის კანონზომიერების დადგენა შესაძლებელი დეტალების სისქეთა ფარდობისაგან დამოკიდებულებით. ამ თვალსაზრისით ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის შედეგად [1-4] გამოიკვეთა რ. ჰოლმის განმარტება, კერძოდ, წერტილოვანი შედუღების ელექტროდთა შორის ზონაში ყველაზე მეტად გაცხელებულია ის ადგილი, რომელიც უშორესია ელექტროდთა მუშა ზედაპირიდან. ამ გამონათქვამის არგუმენტად ავტორი თვლიდა ელექტროდთა გამაცივებელ როლს, რაც გარკვეულწილად დასაშვებია. თუ ამ მიდგომით გრაფიკულად წარმოვიდგინოთ დამოკიდებულებას წერტილის ასიმეტრიუ-

ლობასა და შესადულ დეტალთა ფარდობას შორის – $Z=f(\delta_2/\delta_1)$, საქმე გვექნება წრფივად მზარდ გამოსახულებასთან, რაც გარკვეულ ეჭვს იწვევს, განსაკუთრებით სისქეთა ფარდობის მნიშვნელობათა ჯერადობით ზრდის შემდეგ. ეს ნათლად დასტურდება ექსპერიმენტული კვლევით ცალკეული შედეგებით, როგორც შავი, ასევე ფერადი ლითონების შემთხვევებში.

ცხადი გახდა, რომ ელექტრულ კონტაქტებში შესანიშნავი მეცნიერის ჰოლმის ჰიპოტეზა [3] საჭიროებს შემდგომ განვითარებას, რაც უნდა მოხდეს ექსპერიმენტული კვლევებისა თუ თეორიული ანალიზის შედეგთა საფუძველზე დაყრდნობით. ამ თვალსაზრისით საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შედუღების ტექნოლოგიათა ცენტრში დამუშავებული და მოსინჯული იქნა დეტალთა ელექტრო გახურება წერტილოვანი შედუღების ნახევრადმუშა ელექტროდებით (ნახ.2).



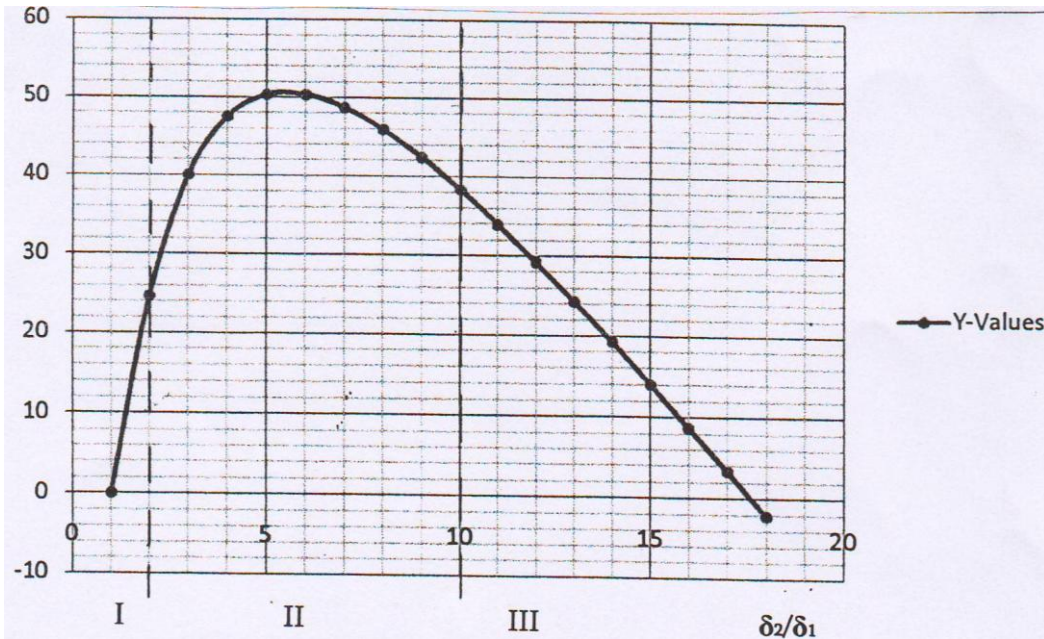
ნახ. 2. ნახევრადმუშა ელექტროდებით ნიმუშთა გახურების სქემა

1 – შესადული დეტალები; 2 – ელექტროდები; 3 – ნახევარწერტილის ადგილი

ასეთი მეთოდით ჩატარებულ სამუშაოთა შედეგად შეიძლება მივიღოთ: 1. როგორც დეტალთა დაუშლელი შეერთება მყარ მდგომარეობაში; 2. ასევე ნახევარწერტილის ფორმის სიცარიელე, დაწყებული ცხელი კონტაქტის (დეტალი-დეტალი) ღია პროფილიდან და დეტალთა ან სქელი დეტალის სიღრმეში დამთავრებული. ამ თეორიულად საორიენტაციო შედეგთა მიღების მსვლელობას განსაზღვრავს მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესის პარამეტრთა: ელექტრული დენის (I), მისი მოქმედების დროისა (t) და დაწნევის ძალის (P)-ს შერჩეული რიცხვითი მნიშვნელობანი.

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა თხევადი ბირთვის წარმოქმნის ადგილის დადგენა. ზემოთ ჩამოთვლილ პარამეტრთა განსაზღვრელი სიდიდეები შეესაბამებოდა ცხელ კონტაქტში ლითონის ადგილობრივი გაღნობის, ანუ თხევადი ბირთვის ჩამოყალიბების კლასიკურ პირობებს.

ჩვენი პროგნოზით ექსპერიმენტის მსვლელობისას ე.წ. შედუღების ადგილზე – ნახევრად ღია ცხელ კონტაქტში (ნახ. 2) წარმოქმნილი თხევადი ნახევარბირთვი ავტომატურად გამოიდვრებოდა ღიად მიმდებარე ატმოსფერულ გარემოში და თავისი ფორმის, ნახევარწერტილის კვალს დატოვებდა სიცარიელის სახით, რაც მოხდა კიდევ.



ნახ. 3. კონტაქტური შედუღების წერტილის ადგილმონაცვლეობის დამოკიდებულება შესადული დეტალების სისქეთა ფარდობისაგან (შედუღების ტექნოლოგიური ზონები)

ამრიგად, მიღებული სიცარიელის მეტროლოგიური კვლევის შედეგებით განისაზღვრებოდა წერტილის შესაძლო ადგილმდებარეობა.

საექსპერიმენტოდ გამოყენებული იყო ნამზადები ფოლადის, ფოლ. 3-ის ფურცლისაგან სისქეთა შემდეგი ფარდობით:

$$k = \delta_2/\delta_1 \quad (1:1; 2:1; 3:1; \dots 20:1)$$

ამასთანავე, ჩვენი პირობებიდან გამომდინარე, სათანადოდ აიღებოდა სისქეებიც: $\delta_1 = \text{const}$; $\delta_2 = \text{var}$.

შედეგის დამაჯერებლობის თვალსაზრისით გამოყენებული იყო თხელი ფურცლის სისქის რამოდენიმე ვარიანტი, კერძოდ კი: 0,05მმ; 0,5მმ; 1,0მმ.

მეტროლოგიური კვლევის შედეგები შეიტანებოდა სათანადო ცხრილში და მის მიხედვით აგებული იქნა სათანადო გრაფიკი (ნახ. 3), რომელმაც დაადასტურა, რომ ჰოლმის ჰიპოთეზა, სისქეთა ფარდობის გარკვეული ზღვრის შემდეგ, კერძოდ, როცა $\delta_2/\delta_1 = (8-12)$ -სა, ირღვევა, კარგავს თავის სწორხაზოვანი განვითარების მსვლელობას და სისქეთა ფარდობისათვის (18-20) კი წერტილი აღიდგენს სიმეტრიულ მდგომარეობას.

ამ მოვლენის გამომწვევი მექანიზმი საჭიროებს შესწავლას, რაც ჩვენი მუშაობის შემდგომი ეტაპის ამოცანას წარმოადგენს.

ლიტერატურა

1. А. К. Николаев. Некоторые особенности контактной сварки. E-mail: 9511014@gmail.com 07.05.2014
Источник: Журнал «Ритм». www.ritm-magazine.ru
2. სულამანიძე ა. წინაღობითი შედუღება. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2009, 440 გვ.
3. Р. Хольн. Электрические контакты. Перевод с английского. -Москва, Издательство иностранной литературы, 1961, 464 с.
4. А. С. Гельман. Контактная электросварка. -Москва, ГИИТ – машиностроительной литературы, 1949, 439 с.

SUMMARY

HEATING OF THE ITEMS OF SPOT WELDING BY HALF-WORKING ELECTRODES

Sulamanidze A.K. and Kakhishvili G.S.

Georgian Technical University

A technique of heating of the items of spot welding was elaborated. It is shown that the location of the welding spot determined by the elaborated method depends on the thickness ratio of the items to be welded.

Keywords: spot welding, half-working electrode, heating, welding spot.

**ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ
АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Оспанова С.М., Зивзivadze Л.Б., Шаламберидзе М.Ш.

Государственный университет им. Акакия Церетели, Кутаиси

Для создания средств автоматического контроля и управления контактной сварки арматуры необходимо разработать экспериментально-статистическую модель процесса, представляющую собой уравнения регрессий, связывающих выбранный показатель качества сварного соединения с параметрами процесса сварки. Разработка такой модели, адекватно описывающей процесс сварки, и ее применение для контроля во многом зависит от правильного выбора критериев качества сварных соединений.

При контактной сварке в качестве такого критерия часто используются размеры литого ядра [1]. Однако при сварке металлической сетки из арматурных прутков, в зависимости от режима сварки, соединения могут образоваться с ядром в жидкой фазе, а также в твердой фазе без образования литого ядра. В этих случаях за критерий качества сварки арматуры целесообразно применять результаты механических испытаний сварного соединения.

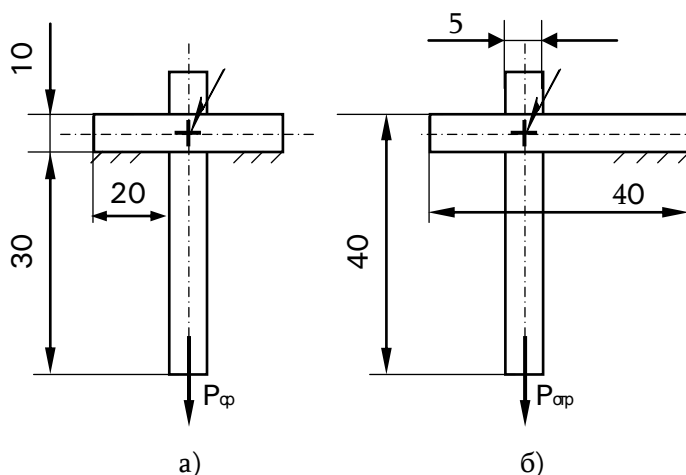


Рис.1. Схемы испытания сварных соединений на срез (а) и на отрыв (б)

Экспериментальные и расчетные данные для расчета коэффициента корреляционной связи между сварочным током (I_1, I_2) и механическим испытанием сварного соединения на отрыв и на срез

№№	На срез					На отрыв				
	$P_{ср}, Y_1,$ даН	$P_{св},$ $Y_1,$ кА	Y_1^2	X_1^2	$Y_1 X_1$	$P_{отр}, Y_2,$ даН	$I_2, X_2,$ кА	Y_2^2	X_2^2	$Y_2 X_2$
1	16,6	1,0	275,56	1,0	16,6	13,1	1,1	171,61	1,21	14,41
2	17,5	1,12	306,25	1,2544	19,6	15,0	1,1	225	1,21	16,5
3	19,2	1,27	368,64	1,6129	21,384	18,1	1,2	327,61	1,44	21,72
4	19,0	1,25	361,0	1,6625	23,75	18,5	1,2	342,25	1,44	22,2
5	20,0	1,29	400,0	1,6641	25,8	19,2	1,3	368,64	1,69	22,96
6	21,5	1,30	462,25	1,69	27,95	20,5	1,3	420,25	1,69	26,65
7	22,0	1,35	484,0	1,8225	29,7	24,6	1,35	605,16	1,8225	33,21
8	19,5	1,26	380,25	1,5876	24,57	19,0	1,12	361,0	1,2544	21,28
9	24,0	1,45	576,0	2,1025	34,8	23,7	1,45	561,69	2,1025	34,365
10	19,5	1,27	380,25	1,6129	24,765	19,0	1,3	361	1,69	24,7
Σ	198,8	12,56	3994,2	15,9024	201,919	190,7	12,42	3744,28	15,5494	239,995
β	25,4					16,608				
r	0,94					0,86				
α	- 12,0224					- 0,9796				
Y=f(X)	P = - 12,02 + 25,4 I					P = - 0,98 + 16,6 I				

В строительных ненапряженных железобетонных конструкциях на сварное соединение действуют как отрывающие, так и срезающие усилия вследствие протекания физико-механических воздействий бетона. В связи с этим, критерием качества контактной сварки арматуры могут быть результаты механических испытаний сварных соединений на отрыв и на срез (рис.1). Из них наиболее целесообразную схему испытания возможно выбирать, исходя из ее чувствительности к изменению основных факторов процесса сварки [2]. В качестве такого фактора при сварке арматурных прутков накрест выступает сварочный ток, как один из основных параметров режима сварки, существенно влияющих на прочность сварного соединения [3]. Следовательно, чувствительность схемы испытания к изменению этого параметра должна быть основным критерием выбора показателя качества.

Для сопоставления схем испытаний (рис.1) при различных значениях сварочного тока были сварены 20 образцов. Сварка проводилась при оптимальных и постоянных остальных параметрах режима и условиях. По 10 образцов из каждой партии были испытаны на прочность по двум исследуемым схемам (табл.1).

В результате экспериментов получены зависимости $P_{отр} = f(I_{св})$ и $P_{ср} = f(I_{св})$. Вместе с тем, допускали существование линейной связи между прочностью и сварочным током. При этом критерием оценки чувствительности схем испытания был принят коэффициент корреляции между вышеуказанными параметрами. Ограничивались рассмотрением уравнения регрессии первого порядка $Y = \alpha + \beta X$. Коэффициент корреляционной связи r , коэффициенты α и β определяли по известным формулам [3]:

$$\beta = \frac{m \sum X_i Y_i + \sum X_i \sum Y_i}{m \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}; \quad \alpha = \frac{\sum Y_i - \beta \sum X_i}{m}; \quad r = \beta \sqrt{\frac{m \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{m \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}},$$

где объем выборки $m=10$.

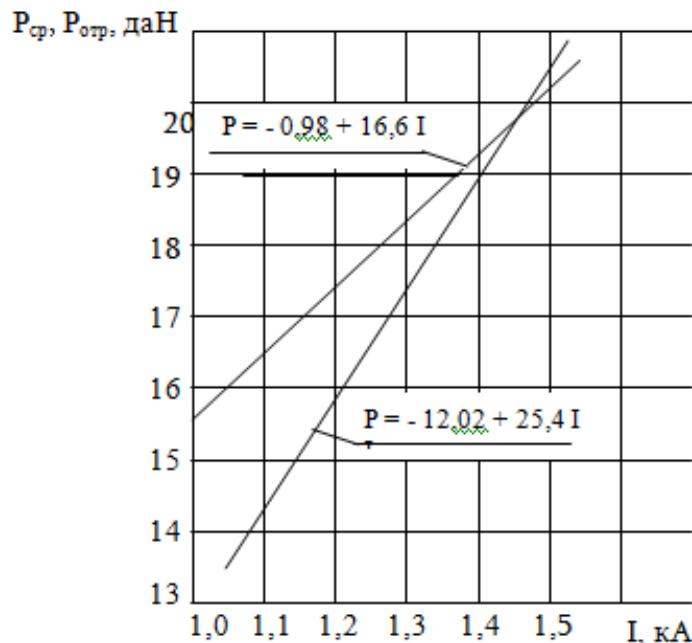


Рис.2. Зависимости прочности от сварочного тока при разных схемах испытания сварных соединений

Результаты эксперимента и расчета представлены в таблице. В обоих случаях испытаний обнаружена высокая корреляционная связь между током и усилием отрыва и среза. Однако некоторое преимущество можно отдать испытанию на срез, так как при этом коэффициент

корреляционной связи больше (рис.2). Эта схема испытания будет более чувствительной к изменению параметров режима сварки, что особенно важно при разработке математической модели по параметрам режима сварки для оценки прочности сварных соединений.

Таким образом, для оценки прочностных показателей качества электроконтактных сварных соединений арматуры целесообразно использовать результаты испытания сварных соединений на срез.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев А.П., Шашин Д.М., Шаламберидзе М.Ш. Оценка прочности сварных узлов малогабаритных реле по параметрам процесса конденсаторной сварки. /Сборник научных трудов МВТУ им. Н.Э. Баумана, №363. – Москва, 1982, сс.66-72.
2. Нинуа Н.А. Железобетонные конструкции. – Тбилиси, Ганатлеба, 1988, 580с.
3. Орлов Б.Д. и др. Технология и оборудование контактной сварки. – Москва, Высшая школа, 1986, 420с.

SUMMARY

CHOICE OF THE QUALITY ASSESSMENT CRITERION OF ELECTRIC CONTACT WELDING OF STEEL REINFORCEMENT OF CONCRETE ELEMENTS

Ospanova S.M., Zivivadze L.B. and Shalamberidze M.Sh.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper dwells on the development and substantiation of the mechanical pattern for assessing the quality of the electric-contact welding of steel reinforcement of concrete elements. It is shown that the share test is highly sensitive to the changes in arc-welding current.

Keywords: electric contact welding, quality assessment criterion, arc-welding current, steel reinforcement.

სფერული და ასფერული ზედაპირების ფორმირება საჭრისის პროფილის ბათვალისწინებით

შალამბერიძე დ.მ., ზარდიაშვილი დ.გ., ავალიანი ი.მ.

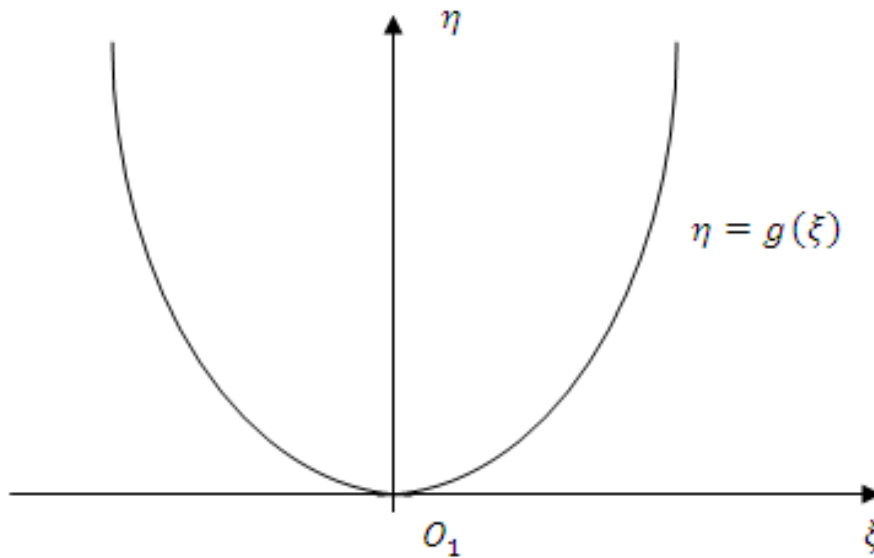
სსიპ ინსტიტუტი „ოპტიკა“

ცნობილია, თუ რაოდენ დიდი მნიშვნელობა აქვს საინჟინრო ოპტიკაში სფერული და ასფერული ზედაპირების დამუშავების სიზუსტეს. წინამდებარე სტატიაში განვიხილავთ ორ საკითხს: ბრუნვითი ზედაპირების დამუშავებისათვის საჭრისის ფორმის გათვალისწინების და საჭრისის მოცემული ფორმიდან გადახრის შემთხვევაში, მიღებული ზედაპირის ცდომილების შეფასების ამოცანას. ამ უკანასკნელის გამოკვლევის მიზნით უნდა განვიხილოთ არა მარტო ის გავრცელებული შემთხვევა, როდესაც საჭრისის მუშა ნაწილს აქვს წრიული ფორმა, არამედ ნებისმიერი ფორმის პროფილის საჭრისის შემთხვევა. საჭრისის პროფილის განტოლება შეიძლება მივიღოთ ინტერპოლაციის მეშვეობით. თუ მისი ცენტრის სიმრუდის რადიუსია r , პროფილის განტოლებას ექნება სახე [1]:

$$\eta(\xi) = \frac{1}{2r}\xi^2 + b_1\xi^3 + b_2\xi^4 + \dots$$

ზოგად შემთხვევაში საჭრისის პროფილის განტოლებას (1) აქვს სახე (ნახ. 1):

$$\eta = g(\xi) \tag{1}$$

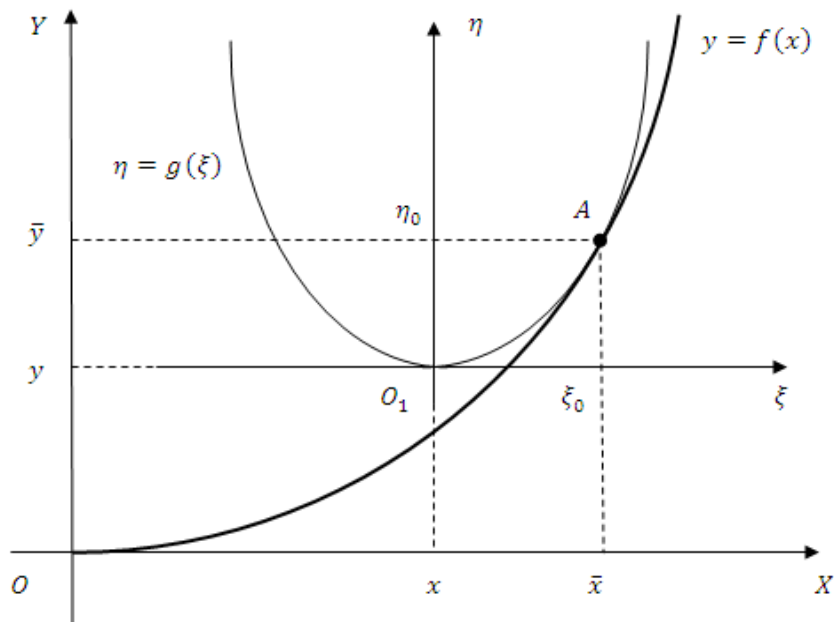


ნახ. 1. საჭრისის პროფილი

აქ $\xi O_1 \eta$ საჭრისთან უძრავად დაკავშირებული ათვლის სისტემაა (O_1 საჭრისის წვეროა), რომელიც მოძრაობს დეტალთან დაკავშირებული უძრავი XOY სისტემის მიმართ.

ვთქვათ, $y = f(x)$ დასამზადებელი დეტალის ბრუნვითი ზედაპირის მერიდიანული კვეთით მიღებული წირის განტოლებაა, ხოლო $A(\bar{x}, \bar{y})$ საჭრისისა და

ზედაპირის შეხების წერტილია (ნახ. 2). ცხადია, $\bar{y} = f(\bar{x})$. ვთქვათ, $\xi O_1 \eta$ სისტემაში იგივე A წერტილის კოორდინატებია ξ_0 და η_0 , ანუ $A(\xi_0, \eta_0)$.



ნახ. 2. დასამუშავებელი ზედაპირისა და საჭრისის პროფილები

ნახ.-დან 2 ჩანს, რომ XOY სისტემაში საჭრისის წვეროს კოორდინატებია $O_1(\bar{x} - \xi_0, \bar{y} - \eta_0)$. ჩვენი მიზანია დავწეროთ O_1 წერტილის მიერ შემოწერილი წირის (ანუ, ფაქტიურად, საჭრისის ტრაექტორიის) განტოლება. A წერტილში საჭრისისა და დეტალის შეუღლების პირობა (მათ უნდა ჰქონდეთ საერთო მხები) იქნება:

$$\left. \frac{dg}{d\xi} \right|_{\xi=\xi_0} = \left. \frac{df}{dx} \right|_{x=\bar{x}} \quad (2)$$

სხვა აღნიშვნებში იგივე ტოლობისთვის გვექნება:

$$\dot{g}(\xi_0) = \dot{f}(\bar{x}). \quad (2')$$

ჩვენ ვგულისხმობთ რომ $\ddot{g} > 0$, ამიტომ არსებობს \dot{g} -ის შექცეული ფუნქცია \dot{g}^{-1} .

(2') ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ

$$\begin{cases} x = \bar{x} - \dot{g}^{-1}[\dot{f}(\bar{x})] \\ y = \bar{y} - g\{\dot{g}^{-1}[\dot{f}(\bar{x})]\} \end{cases} \quad (3)$$

განტოლება (3) წარმოადგენს საძიებელი ტრაექტორიის პარამეტრულ განტოლებას \bar{x} პარამეტრის მიმართ.

დავსვათ შებრუნებული ამოცანა: ვთქვათ, ცხადი სახით მოცემული გვაქვს საჭრისის ტრანსფორმირის განტოლება $\bar{y} = T(\bar{x})$. ჩვენი მიზანია დავწეროთ ჭრის შედეგად მიღებული ზედაპირის განტოლება, ცხადია $y = f(x)$ იქნება იმ წირთა ოჯახის მომვლები, რომელიც აღიწერება საჭრისის პროფილის მოძრაობით.

მომვლები წირის განტოლება განისაზღვრება შემდეგი სისტემის ამოხსნით [2]:

$$\begin{cases} f(x) - T(\bar{x}) = g(x - \bar{x}) \\ \frac{dT}{d\bar{x}} + \frac{dg(x - \bar{x})}{d\bar{x}} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

მიღებული ბრუნვითი ზედაპირის სიზუსტის შეფასებისთვის განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც საჭრისის პროფილია არა წრე, არამედ ელიფსი ნახევარღერძებით a და b . ელიფსის განტოლებას ექნება სახე:

$$\eta = g(\xi) = b \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\xi^2}{a^2}} \right). \quad (5)$$

ვთქვათ, საჭრისის მოძრაობის წირია წრეწირი რადიუსით $R_1 = R - a$, რომლის განტოლებაა

$$\bar{y} = T(\bar{x}) = R_1 - \sqrt{R_1^2 - \bar{x}^2}. \quad (6)$$

აქ R არის იმ სფერული ზედაპირის რადიუსი, რომელიც უნდა მიგვეღო თუ საჭრისს ექნებოდა წრიული ფორმა სიმრუდის რადიუსით $r = a$.

(5) და (6) ტოლობებიდან გამომდინარეობს, რომ

$$\frac{dT}{d\bar{x}} = \frac{\bar{x}}{R_1 - \bar{y}}, \quad (7)$$

$$\frac{dg(x - \bar{x})}{d\bar{x}} = \frac{b(x - \bar{x})}{\sqrt{a^2 - (x - \bar{x})^2}}. \quad (8)$$

(7) და (8) გამოსახულებების გათვალისწინებით (4) სისტემა მიიღებს სახეს:

$$\begin{cases} y = R_1 - \sqrt{R_1^2 - \bar{x}^2} + b \left(1 - \sqrt{1 - \frac{a^2 \bar{x}^2}{\bar{x}^2 (a^2 - b^2) + R_1^2 b^2}} \right) \\ x = \bar{x} \left[1 + \frac{a^2}{\sqrt{\bar{x}^2 (a^2 - b^2) + R_1^2 b^2}} \right] \end{cases} \quad (9)$$

მიღებული გამოსახულება წარმოადგენს რეალურად დამზადებული დეტალის ბრუნვითი ზედაპირის განტოლებას. აღნიშნული ზედაპირის სფერულობიდან

გადახრის სიზუსტე შეიძლება შევაფასოთ, მაგალითად, $\frac{a}{b}$ სიდიდის გადახრით 1-დან.

როდესაც $\frac{a}{b} = 1$, (9) განტოლება გვაძლევს ზუსტ სფერულ ზედაპირს

$$y = R - \sqrt{R^2 - x^2}.$$

ლიტერატურა

1. Г.Г.Слюсарев. Методы расчета оптических систем. –Ленинград, Машиностроение, 1969, 522 с.
2. А.П.Норден. Краткий курс дифференциальной геометрии. –Москва, Физматгиз, 1958, 39 с.

SUMMARY

FORMATION OF SPHERICAL AND ASPHERICAL SURFACES WITH FOR A CUTTER ACCOUNT PROFILE

Shalamberidze D.M., Zardiashvili D.G. and Avaliani I.M.

LEPL Institute “OPTICA”

The article deals with a mathematical model of shaping of complex surfaces on CNC machines. In this model the cutter trajectory is calculated taking into account the profile of the optical part and the cutter profile of any complexity. This can significantly increase the accuracy of shaping of the part surfaces.

Keywords: optical parts, spherical surfaces, aspherical surfaces, cutter profile.

ალმასკომპოზიციური მასალების ზოგიერთი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრის
ბავშვანა ალმასური დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურობაზე

ავალიშვილი ზ.ა., წეროძე შ.პ., წეროძე მ.პ., ძიძიშვილი ი.გ., ლოლაძე ნ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

როგორც ცნობილია, ალმასური ინსტრუმენტის მაღალწარმადი და რენტაბელური მუშაობა კონკრეტულ ტექნოლოგიურ ოპერაციაზე, მთელ რიგ ფაქტორებზეა დამოკიდებული – ჭრის პროცესში მონაწილე ალმასური კრისტალების ფიზიკურ-მექანიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და თბოფიზიკური თვისებები, ალმასკომპოზიციური მასალის ლითონური შემკვრელის თვისებები, რომელიც უზრუნველყოფს ალმასური კრისტალების ოპტიმალური დაჭერის სიმტკიცეს და გარდა ამისა, ჭრის ზონაში დასამუშავებელ მასალასთან და შლამთან კონტაქტისას აუცილებელ ცვეთამდეგობას. ზემოთ ნახსენები პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევა ალმასური ინსტრუმენტის პროექტირებისას უზრუნველყოფს ინსტრუმენტის მუშაობას ეკონომიურად გამართლებულ თვითაღვსვის რეჟიმში.

ლითონური შემაკავშირებლის ალმასდაჭერის უნარი და ცვეთამდეგობა თავის მხრივ დამოკიდებულია მის ფიზიკურ-მექანიკურ, თბოფიზიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. გარდა ამისა, ალმასური კრისტალების დაჭერის სიმტკიცე შემაკავშირებელში შეიძლება შეიცვალოს ინსტრუმენტების მუშაობის პროცესში და ის დამოკიდებულია დატვირთვის ციკლორობაზე და თვით დატვირთვის სახეობასა (თბური, მექანიკური) და სიდიდეზე [1,2]. ერთეულ ალმასურ კრისტალზე მოსული ხვედრითი დატვირთვა და მისი დინამიკა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორც არის ალმასების კონცენტრაცია შემაკავშირებელში და მისი მარცვლოვანება, ტექ. პროცესის კინემატიკური სქემა (ხეხვა, ფრეზირება, სეგმენტური ხერხებით ჭრა, ბურღვა და სხვ.) და აგრეთვე დასამუშავებელი მასალის ბუნება [3].

აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ინსტრუმენტის, მჭრელი ნაწილის მუშა პირობები უმეტესად განისაზღვრება დამუშავების რეჟიმებით, გამაციებელი სითხის ჰიდროდინამიკით და ინსტრუმენტის კონსტრუქციით. თუ ზემოთ ჩამოთვლილს შევაჯამებთ, შეიძლება გაკეთდეს კონსტანტირება იმისა, რომ ალმასური დამუშავება წარმოადგენს მრავალფაქტორიან პროცესს. ერთიანი ფორმულა, რომელიც მოიცავდეს ყველა იმ პარამეტრს, რომელიც გავლენას ახდენს ალმასურ დამუშავებაზე და აგრეთვე იმ პარამეტრების ცვლილების დინამიკაზე უშუალოდ ტექ. პროცესის მიმდინარეობისას არ არსებობს. არ არსებობს ფორმულა, რომელიც მოგვცემდა საშუალებას, ახალი ტექ. პროცესების შექმნისას უტყუარი პროგნოზირება და პლანირება გაგვეკეთებინა ალმასური ინსტრუმენტის ყველა საჭირო ტექნიკური პარამეტრისა (ალმასების მარკა და მარცვლოვანება, კონცენტრაცია, შემკვრელის შემადგენლობა, მჭრელი ნაწილის გეომეტრია და სხვ.

ახალი ტექ. პროცესის შემუშავებისას, რომელიც გულისხმობს ახალი შემადგენლობის ალმასკომპოზიციური მასალის გამოყენებას მჭრელ ელემენტად, დამუშავების რეჟიმების, თანაც ინსტრუმენტის საჭირო გეომეტრიის შერჩევა ძირითადად ხორციელდება ალმასურ დამუშავებაში დაგროვილი ცოდნით და გამოცდილებით და აგრეთვე არსებული ექსპერიმენტალური ბაზის და რეკომენდაციების გამოყენებით. პროცესის შემდგომი სრულყოფის ეტაპი გულისხმობს როგორც დამუშავების რეჟიმების, ასევე ინსტრუმენტის გეომეტრიის დაზუსტებას და კორექტირებას ალმასური ნედლეულის (ალმასკომპოზიტის) გამოყენების უმაღლესი ეფექტურობის მისაღწევად.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ალმასკომპოზიციური მასალის შემუშავება საამუშენებლო ინდუსტრიაში გამოსაყენებლად, ისეთი მასალების დასამუშავებლად, როგორცაა ბეტონი, არმირებული ბეტონი და ასფალტბეტონი.

ბეტონები და ასფალტბეტონები თავიანთი შემადგენლობიდან (დიდი რაოდენობით SiO_2 შემცველობა) გამოირჩევიან ძალიან მაღალი აბრაზიულობით. აქედან გამომდინარე, მათი დამუშავების ოპერაციაზე გამოყენებულ ალმასური ინსტრუმენტს მოეთხოვება ძალიან მაღალი ცვეთამდეგობა. ცვეთამდეგობის განმსაზღვრელ ერთერთ ძირითად პარამეტრს (სხვა მახასიათებლებთან ერთად) წარმოადგენს მასალის სისაღე. ალმასების დამუშავების თეორიიდან და პრაქტიკიდან ცნობილია,

რომ [3,4] ინსტრუმენტში გამოყენებული ალმასკომპოზიციური მასალის მუშა უნარის ეფექტურობაზე პირდაპირ ან ირიბ გავლენას ახდენენ მისი ლითონური მატრიცის ისეთი მახასიათებლები, როგორც არის სისალე, სიმტკიცე ღუნვაზე, დარტყმითი სიბლანტე, იუნგის მოდული და სხვ. ჩამოთვლილი თვისებების კომპლექსის გავლენის გარკვეული კანონზომიერებების დასადგენად მთლიანად ალმასკომპოზიტის მუშა უნარიანობაზე შეირჩა სხვადასხვა შემადგენლობის და შესაბამისად განსხვავებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე ალმასკომპოზიტები კონკრეტულ ოპერაციებზე გამოსაცდელად. დაიგეგმა ჩვენს მიერ შერჩეული და შესწავლილი Co, Co-Sn და Co-Sn-Ni სისტემის შემკვრელების გამოყენება ლითონურ შემკვრელებად ალმასურ ინსტრუმენტში გამოსაყენებლად. შერჩეული სისტემის კომპოზიციები ხასიათდებიან მიღების მაღალი ტექნოლოგიურობით (პრესვალობა, შეცხობის ტემპერატურა) და პროცენტული შემადგენლობის ვარიანტების მეშვეობით ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების (HRB, σ_b , KCU) ფართო დიაპაზონით.

შერჩეული სისტემების ზოგიერთი ლითონშემკვრელის მიღების პირობები და მათი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, საეტალონო (Ni) და საბაზო (M16-01) ნიმუშის მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილში. საბაზო ნიმუში წარმოადგენს Fe-Cu-Sn-Ni შემადგენლობის ცნობილ სტანდარტულ შემაკავშირებელს, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ბეტონის დამუშავებისას.

შემდგომში ისინი გამოყენებულ იქნენ ალმასური ინსტრუმენტის დასამზადებლად მჭრელ ელემენტებში (სეგმენტებში) ლითონშემკვრელებად. მათ ბაზაზე დამზადებული სხვადასხვა ალმასურ ინსტრუმენტების ექსპლუატაციური მახასიათებლების დადგენა განხორციელდა ბურღვის ოპერაციაზე.

ზოგიერთი ლითონშემკვრელის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები

ნიმუშის შემადგენლობა	შეცხობის ტემპერატურა, T ⁰ C	სისალე HRB	სიმტკიცე ღუნვაზე, $\sigma_{კვ}$ /სმ ²	დარტყმითი სიბლანტე KCU კჯ/სმ ²
Ni	900	56	210	11,2
Co	850	102	176	5,9
M16-01; Fe-Cu-Sn-Ni	790	96	101	5,8
Co-Sn	840	109 - 110	64	3,2
Co-Sn-Ni	840	112	83	4,8



სურ.1. რკინა-ბეტონისა ფილების დამზადების ოპერაცია

ბურღვის ოპერაციაზე ინსტრუმენტის გამოცდა ხორციელდებოდა არმირებული ბეტონის ფილებში გამჭოლი ნახვრეტების გაკეთებით. ფილების სისქე 50მმ; ბეტონის მარკა M 400, არმირების კონცენტრაცია 6%. ბეტონი არმირებული იყო Φ 16მმ დიამეტრის არმატურით. არმირების კონცენტრაცია და არმატურის წყობა ბეტონში ისე იყო განხორციელებული, რომ ბეტონის ფილის ნებისმიერ ადგილას ბურღვისას ალმასურ ინსტრუმენტს აუცილებლად უწევდა ლითონური არმატურის

გადაჭრა. ფილაში ყოველი 20 ნახვრეტის შესრულება ნიშნავდა ალმასური ინსტრუმენტის მიერ (20X50მმ=1000 მმ) ჯამურად 1 მ არმირებული ბეტონის გაბურღვას. ფიქსირდებოდა 1 - 1,5 მ-ის გაფლის შემდეგ ალმასური ინსტრუმენტის მჭრელი ნაწილის (სეგმენტის) ცვეთის სიდიდე. ამ მონაცემების მეშვეობით დგინდებოდა ყოველი კონკრეტული შემადგენლობის ალმასკომპოზიციით აღჭურვილი ინსტრუმენტის საერთო მედეგობა L მეტრებში და ხვედრითი რესურსი Rs მ/მმ. ჭრის რეჟიმების კონკრეტული მნიშვნელობებისათვის.

მედეგობის ცდები ჩატარებული იყო მილისებრი სეგმენტური ალმასური ბურღით. მილისებრი ალმასური ბურღის დიამეტრი შეადგენდა Φ 60 მმ. ბურღის თავი აღჭურვილი იყო 6 ალმასური სეგმენტით, ზომით 21X6X3 მმ. ბურღის ოპერაცია ტარდებოდა ვერტიკალურ საბურღ ჩარხზე, მოდელი – 2M 125. შპინდელის (ბურღის) ბრუნვის სიჩქარე შერჩეული იყო 1000 ბრ/წთ. მიწოდება ხორციელდებოდა მუდმივი დაწნევის პირობებში ($P \sim 9 - 10$ კგ/სმ²). ფიქსირდებოდა ბურღის სიჩქარე $V_{ბურღ}$ სმ/წთ ანუ წარმადობა. გაციება წყლით, საშუალო ინტენსივობით 0,8 - 1,2 ლ/წთ. წყლის მიწოდება ხორციელდებოდა ბურღის კორპუსში გაკეთებული სპეციალური მიმღებებიდან.

სურ. 2-ზე მოყვანილია სეგმენტებიანი ალმასური ბურღის კონსტრუქცია და მისი მჭრელი ელემენტები, ხოლო სურ. 3-ზე მოცემულია სტენდი და მასზე მიმდინარე ბურღვის ტექ. ოპერაცია.



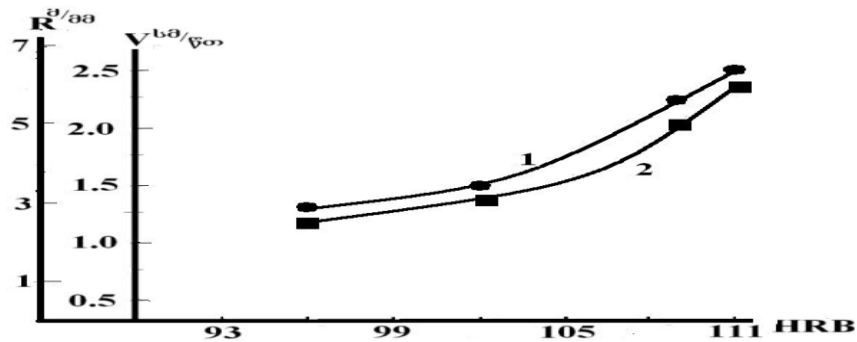
სურ. 2. სეგმენტებიანი ალმასური ბურღის კონსტრუქცია და მისი მჭრელი ელემენტები

სხვადასხვა შემადგენლობის ალმასკომპოზიციებით აღჭურვილი ინსტრუმენტის ექსპლოატაციური პარამეტრების დადგენა (V სმ/წთ; R მ/მმ) ხორციელდებოდა არა ნაკლებ $I=5$ მ ჯამური სიგრძის ნახვრეტის გაკეთების შემდეგ. ინსტრუმენტის ჯამური მედეგობა $L_a = R_s \times h$; სადაც h მმ მჭრელი სეგმენტის საერთო სიმაღლეა.



სურ. 3. გამოსაცდელი სტენდი და მასზე მიმდინარე ბურღვის ტექ. ოპერაცია

სურ. 4-ზე წარმოდგენილია ექსპერიმენტალური მონაცემები სხვადასხვა შემადგენლობის ალმასკომპოზიტით აღჭურვილი ალმასური ინსტრუმენტების წარმადობის და მედეგობის დამოკიდებულებისა ლითონშემკვრელის სისაღებზე. მიღებული შედეგები უპირველეს ყოვლისა, ცხადყოფენ, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული Co-Sn-Ni სისტემის ლითონშემკვრელის გამოყენება ალმასურ ინსტრუმენტში მკვეთრად ამაღლებს მის ექსპლუატაციურ მაჩვენებლებს სტანდარტულ შემკვრელებთან შედარებით (M16-01, Co).



სურ. 4. ალმასური ბურღების წარმადობის V_{ch}/v_{min} (1) და მედეგობის R_m/mm^2 (2) დამოკიდებულება ინსტრუმენტის მჭრელი ნაწილის სისაღებზე

მიღებული შედეგების ღრმა ანალიზი მოითხოვს შემდგომი კვლევების გაგრძელებას, რათა დადგინდეს გარკვეული კანონზომიერება კომპოზიციური მასალის ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებს და მათ შრომისუნარიანობას შორის თვისებების სრული კომპლექსის გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. N. Loladze, M.Tserodze et. al. The effect of thermodynamic parametres of the process of hot molding on the properties of sintered metallic composition. // Georgian Engineering News 2006, No.1, pp.108-112
2. Н. Т. Лоладзе, М.П. Церодзе, Ю.Г. Дзидзишвили. Физико-химические основы получения и применение алмазкомпозиционных материалов для обработки неметаллов. -Тбилиси, Технический Университет, 2009, 226 с.
3. Коновалов В.А., Ткач В.Н., Шатохин В.В. Разрушение металлической связки при высокоскоростном циклическом нагружении алмазного зерна. /XII Межд. конф. Породоразрушающий металлообрабатывающий инструмент – техника, технология его изготовления и применения, Крым, 17- 22 сент., 2009. Сб. научн. трудов, Киев, 2009, сс. 504-508.
4. Пегловский В.В., Сидорко В.И., Ляхов В.Н., Поталько Е.М. Исследование производительности и трудоемкости шлифования природных камней алмазным инструментом. /XII Межд. конф. Породоразрушающий металлообрабатывающий инструмент – техника, технология его изготовления и применения, Крым, 17 - 22 сент., 2010. Сб. научн. трудов, Киев, 2009, сс. 500-604.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF SOME PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DIAMOND COMPOSITE MATERIALS ON THE EFFICIENCY OF DIAMOND PROCESSING

Avalishvili Z.A., Tserodze Sh.P., Tserodze M.P., Dzidzishvili I.G. and Loladze N.T.

Georgian Technical University

The paper presents the experimental data showing the dependence of metal bonding materials properties on the performance and tool life of diamond tools during reinforced concrete drilling. A direct dependence of the hardness of bonding materials on the tools workability is revealed.

Keywords: diamond composite materials, diamond processing, hardness, efficiency.

სათბურის ბაზუმის ემისიის შემცირების პოლიტიკა და ბასატარმეული ღონისძიებები

არაბიძე გ.ო., ფხალაძე ი.ე.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველომ უნდა დააფიქსიროს ემისიების ის რაოდენობა, რომლის შემცირებასაც ის დაიწყებს 2020 წლიდან, ქვეყანაში ამ მიმართულებით ორი უმნიშვნელოვანესი პროცესი მიმდინარეობს: საქართველოს მთავრობა ამზადებს დაბალემისიებიან განვითარების სტრატეგიას (დეგს - LEDS) და 2010 წლიდან ქვეყნის დიდმა ქალაქებმა დაიწყეს ჩართვა მერების შეთანხმების (COM) განხორციელებაში. ამჟამად ამ შეთანხმებას, სხვადასხვა ეტაპზე, საქართველოს ცამეტი ქალაქია მიერთებული და, შესაბამისად, მათთვის მიმდინარეობს ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების სამოქმედო გეგმების (SEAP) შემუშავება. ამ სამუშაოთა შესრულებას და შემარბილებელი ღონისძიებების განხორციელებას დახმარებას უწევს სხვადასხვა დონორები, მათ შორის ევროკავშირი და USAID. ახლო მომავალში დაგეგმილია აგრეთვე ეროვნულ დონეზე განსახდებელი სავარაუდო წვლილის დოკუმენტის (INDC) შემუშავება და ორწლიანი განახლებადი ანგარიშის (BUR) მომზადება [1,2].

მესამე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში ჩატარებულმა სათბურის გაზების მესამე ინვენტარიზაციამ, რომელმაც 2006-2011 წლები მოიცვა, აჩვენა, რომ საქართველოში სათბურის გაზების (სგ) ემისიებში წამყვან სექტორს ენერგეტიკის სექტორი (ტრანსპორტის ქვესექტორის ჩათვლით) წარმოადგენს. ამიტომ ემისიების შემცირების ღონისძიებათა დაგეგმვისას ძირითადი აქცენტი ამ სექტორზე გაკეთდა. ენერგეტიკის სექტორის ანალიზს საფუძვლად დაედო ეროვნული MARKAL-ის ინტეგრირებული ენერგოსისტემის მოდელი MARKAL-Georgia. ანალიზი მიზნად ისახავს 2030 წლისათვის ემისიების შემცირების გავლენის შეფასებას მომავალში ენერგიაზე მოთხოვნების დაკმაყოფილების პროცესზე, რათა მოხდეს მდგრადი ეკონომიკური ზრდის ხელშეწყობა დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგიის მიზნების გათვალისწინებით.

მოდელის საშალებით გაანალიზებული იქნა როგორც საბაზისო (BAU) სცენარი, ასევე მასთან შედარებით 15, 20 და 25%-ით ემისიების შემცირების სტრატეგიები. დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგიის ფარგლებში აგრეთვე მიმდინარეობს BAU სცენარის შემუშავება, თუმცა იგი ჯერჯერობით არ არის ქვეყნის მიერ საბოლოოდ დადასტურებული [3,4].

ეკონომიკისა და მოსახლეობის ზრდის ოფიციალურ საპროგნოზო მონაცემებზე დაყრდნობით ბიზნესის ტრადიციული გზით განვითარების (BAU) სცენარის თანახმად, საბოლოო ენერჯის მოხმარების კუთხით, 2030 წლისთვის მოსალოდნელია ენერჯის მოხმარების მნიშვნელოვანი ზრდა 76,6%-ით. მოთხოვნილების ზრდა, თურქეთის ბაზარზე ელექტროენერჯის ექსპორტის შესაძლებლობათა გამოყენებასთან ერთად, საჭიროს გახდის ელექტროენერჯის გენერირების სისტემის სიმძლავრის გაზრდას 3 260 მგვტ-დან 5 731 მგვტ-მდე. შესაბამისად, საქართველოს ენერგეტიკის სექტორში საწვავის წვის კატეგორიიდან ნახშირორჟანგის ემისია 72,3%-ით გაიზრდება და 2030 წლისთვის სავარაუდოდ 11 179 ათას ტონას მიაღწევს [4].

ენერგეტიკის სექტორის ამჟამინდელი მდგომარეობის მიხედვით ბუნებრივი გაზის დიდი ნაწილის მოხმარება წარმოებს საყოფაცხოვრებო, კომერციულ და სამრეწველო სექტორებში, და 2024 წლის შემდეგ მისი მოხმარება მნიშვნელოვნად მცირდება ამ დროისათვის გაზზე მომუშავე 2 დიდი თბოსადგურის ექსპლუატაციის ვადის გასვლის გამო და ჰიდროელექტროენერჯის გენერირების გაზრდის ხარჯზე. მიუხედავად ამისა, საყოფაცხოვრებო და სატრანსპორტო ქვესექტორებში გაზის მოხმარების არსებითი ზრდის შედეგად მისი იმპორტი 2030 წლისთვის 2012 წელთან შედარებით 57%-ით გაიზრდება. საბოლოო მოხმარების სექტორში გაზის მოხმარების მაღალი დონე ნათლად მიუთითებს გარეშე ფაქტორების მიმართ ქვეყნის ეკონომიკუ-

რი და სოციალური განვითარების მოწყვლადობაზე და ენერგორესურსების დივერსიფიცირების კრიტიკულ აუცილებლობაზე.

ელექტროენერჯის მწარმოებელი ახალი სიმძლავრეების მატებაში ჰიდროელექტროსადგურების სიმძლავრის ზრდა ყველაზე თვალსაჩინო ტენდენციაა, რომლის შედეგადაც 2030 წლისთვის მიიღება 2 601 მგვტ დამატებითი სიმძლავრე. ქვანახშირის, ბუნებრივი გაზისა და ქარის დამატებითი ელექტროსადგურების აშენების შემდეგ საბაზისო სცენარით 2030 წლისთვის საქართველოში ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე 5 731 მგვტ-ს მიაღწევს. ამის უზრუნველსაყოფად 2030 წლამდე საჭირო იქნება ყოველწლიურად საშუალოდ 290 მლნ. ევროს დახარჯვა. ამავდროულად, საჭირო იქნება ყოველწლიურად 4 000 მლნ ევროზე მეტი, თანამედროვე ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული შედარებით მაღალი ხარჯების დასაფარავად.

BAU სცენარით 2030 წლისთვის CO₂-ის ემისიების მნიშვნელოვანი (72%-ზე მეტი) ზრდა დღის წესრიგში აყენებს დაბალემისიებიან განვითარების სტრატეგიის განხორციელების საჭიროებას. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ ემისიების მხოლოდ 15%-ით შემცირება 2030 წლისთვის ენერჯიაშემცველთა იმპორტის 13%-ზე მეტით შემცირებას გამოიწვევს, რაც გაამყარებს ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებას. ემისიების 20%-ით შემცირების შემთხვევაში იმპორტი 18%-ით შემცირდება, ხოლო 25%-ით შემცირებისას - 23%-ით. პროცესის ხელშეწყობა შესაბამისი ენერგოეფექტურობის სტრატეგიის საშუალებით უნდა განხორციელდეს. რაც შეეხება, განახლებად ენერჯიებს, ელექტროენერჯიაში მათი წილი (ჰიდრო და ქარი) 2030 წლის საბაზისო სცენარის 90%-დან 93-94%-მდე უნდა ავიდეს.

არაენერგეტიკული ქვესექტორებიდან სათბურის გაზების ემისიის შემცირების საკმაო პოტენციალი მყარი ნარჩენებისა და ჩამდინარე/ნახშირი წყლების ქვესექტორს გააჩნია. მერების შეთანხმებასთან დაკავშირებული მდგრადი ენერგეტიკის სამოქმედო გეგმების შესრულების ფარგლებში საქართველოს 4 ხელმომწერი ქალაქისთვის (თბილისი, ბათუმი, ქუთაისი და ზუგდიდი) ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ მყარი ნარჩენების ნაგავსაყრელებიდან გამოყოფილი გაზის მოგროვებისა და დაწვის შედეგად 2030 წლისთვის შესაძლებელი იქნება დაახლოებით 292 ათასი ტონა მეთანის დაზოგვა CO₂-ის ეკვივალენტში.

ნახშირორქანგის შთანთქმის შედარებით ნაკლები პოტენციალი გააჩნია ზემოთ ჩამოთვლილ 4 ქალაქში არსებულ გამწვანების ზონებს, რომელთა მიერ ყოველწლიურად შთანთქმული CO₂-ის რაოდენობამ მიახლოებით 17 300 ტონა შეადგინა.

2014 წლის 27 ივნისს საქართველომ, უკრაინასა და მოლდოვას რესპუბლიკასთან ერთად, ხელი მოაწერა ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულებას. ევროკავშირთან თანამშრომლობის პროცესში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს მდგრადი განვითარებისა და მწვანე ეკონომიკის პრინციპების ინტეგრირებას ქვეყნის განვითარების სტრატეგიაში. კერძოდ, ასოცირების ხელშეკრულების კარი 6-ის თავი 4 განსაზღვრავს კლიმატთან დაკავშირებულ ქმედებებს, რაც საქართველოს ერთ-ერთი ვალდებულებაა. ხელშეკრულება ხაზს უსვამს კლიმატის ცვლილების საკითხებზე თანამშრომლობის აუცილებლობას თანასწორობისა და ორმხრივი სარგებლიანობის საფუძველზე შემდეგ სფეროებში: კლიმატის ცვლილების შერბილება, კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია, ნახშირბადით ვაჭრობა, კლიმატის ცვლილების საკითხების დარგობრივ პოლიტიკაში ინტეგრაცია და სუფთა ტექნოლოგიების განვითარება. თანამშრომლობის ფარგლებში სხვა საკითხებთან ერთად, უნდა მომზადდეს და განხორციელდეს: ა) „კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის ეროვნული სამოქმედო გეგმა“ (NAPA); ბ) „დაბალემისიებიანი განვითარების სტრატეგია“ (LEDS), „ეროვნულ დონეზე მისაღები შემარბილებელი ზომების“ (NAMA) ჩათვლით; გ) ტექნოლოგიების საჭიროების შეფასების საფუძველზე, ტექნოლოგიების გადაცემის ხელშემწყობი ღონისძიებები; დ) ოზონის შრის დამწვლელი ნივთიერებებისა და ფტორ-შემცველ სათბურის გაზებთან დაკავშირებული ღონისძიებები.

ასოცირების ხელშეკრულებით განსაზღვრული ეტაპების ეფექტურად განსახორციელებლად ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას წარმოადგენს პროცესების დეცენტრალიზაცია და ამ მიმართულებებით, ადგილებზე (მუნიციპალიტეტების დონეზე) ექსპერტული, ტექნიკური და ფინანსური პოტენციალის გაზრდა. კლიმატის ცვლილების

მიმართულებით დეცენტრალიზაციის პროცესი ჯერ კიდევ მეორე ეროვნული შეტყობინების მომზადების პროცესში დაიწყო და მნიშვნელოვნად გააქტიურდა 2010 წლის შემდეგ, როდესაც საქართველოს დედაქალაქი თბილისი, პირველი, მიუერთდა ევროკავშირის ინიციატივას მერების შეთანხმების შესახებ, რაც გულისხმობს ქალაქის ან მუნიციპალიტეტის მიერ ნებაყოფლობითი ვალდებულების აღებას იმის შესახებ, რომ 2020 წლისათვის თავისი ტერიტორიიდან 20%-ით შეამციროს სათბურის გაზების ემისიები.

ასოცირების ხელშეკრულებაში ჩამოთვლილი საკითხების მოსამზადებლად და პრაქტიკაში დასანერგად ეროვნულ დონეზე უკვე მიმდინარეობს რამდენიმე ინიციატივა: დაბალემისიებიანი სტრატეგიის მომზადება (LEDS); ორწლიური განახლებადი ანგარიში (BUR); ეროვნულ დონეზე მისაღები შემარბილებელი ღონისძიებები (NAMA), რომლის მაგალითებია - შენობების სექტორში ენერგოეფექტურობის გაზრდა, ტყეების მდგრადი მართვის პრაქტიკა და მზის ენერჯით წყლის გამაცხელებლების მასიური გავრცელება; ეროვნულ დონეზე განსახდერული სავარაუდო წვლილი (INDC). ამ პროგრამებისა და სტრატეგიების მომზადებას ფინანსურად მხარს უჭერენ ევროკავშირი, გერმანიის და აშშ-ს მთავრობები.

ქვეყნის სტრატეგიის განხორციელების პროცესში ყურადღება უნდა გამახვილდეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვან პროექტებსა და პროცესებზე როგორცაა: ადგილობრივი პოტენციალის გაძლიერება; სათბურის გაზების ინვენტარიზაცია; მოწყვლადობა/ადაპტაცია; სათბურის გაზების ემისიების შემცირება; განათლება, კადრების მომზადება და ცნობიერების ამაღლება; გრძელვადიანი სტრატეგიის განხორციელება, რომელიც 2009 წლის სტრატეგიის მიხედვით განიხილებოდა 2020 წლამდე და ძირითადად გულისხმობდა საქართველოს ეკონომიკის გადაყვანას მდგრადი განვითარების პრინციპებზე.

ლიტერატურა

1. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება, თბილისი 2015.
2. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო და გაეროს განვითარების პროგრამა, თბილისი, 2014.
3. ქალაქების თბილისი, ქუთაისი, ბათუმი და ზუგდიდი „მდგრადი ენერგეტიკული განვითარების სამოქმედო გეგმები“, თბილისი 2014.
4. მდგრადი განვითარების ცენტრი რემისია, Winrock International Inc. 2014.

SUMMARY

GREENHOUSE GASES EMISSION REDUCTION POLICY AND THE MITIGATION MEASURES FOR IMPLEMENTATION

Arabidze G.O. and Pkhaladze I.E.

Georgian Technical University

The Greenhouse Gases (GHG) inventory conducted in the framework of the Third National Communication Plan revealed the Energy Sector (including the transport sub-sector) as a leading GHG emitter sector in Georgia. Therefore the main emphasis in planning the GHG emissions reduction activities was made on the Energy Sector. Markal-Georgia is an integrated energy system model of the national Markal model which was used for the Energy Sector analysis. The baseline scenario (BAU) was developed and analyzed using the Markal Georgia model. The 15, 20 and 25% GHG reduction strategies were elaborated against the BAU scenario. By 2030 an increase in energy consumption by 76.6% is expected, which ultimately will result in the increase in CO₂ emissions by 72.3%. The emissions will reach 11 179 th. tones. The expected increase in GHG emissions revealed the importance of development of a low emissions strategy. Calculations showed that the reduction of the emissions just by 15% by 2030 would result in the reduction of energy carrier import by 13% and more, which ultimately will strengthen the energy security of the country. In case of the 20% emission reduction, the import will be reduced by 18% and, in case of the 25% reduction, the import will be reduced by 23%. The development of the National Low Emissions Strategy should concentrate on the projects and processes like local capacity development, development of a local GHG inventory; adaptation issues, GHG reduction, training of specialists, intense PR company etc.

Keywords: greenhouse gases, emission, reduction, energy, stable development.

ბეოთერმული წყლები ენერგოდაზოგი პოლიტიკის ბატარების ზრდაში

ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ.ო., ფანცხავა ე.გ., ჯიხვაძე მ.ჯ., მჭედლიძე ქ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოში ენერგოდაზოგი სისტემების ენერგო-ეკოლოგიური ეფექტურობის გაზრდის გამოკვლევის საფუძველი გახდა ევროკავშირის მიერ მიღებული „მწვანე დოკუმენტი“, რომელშიც ყურადღება გამახვილებულია ენერგოდაზოგის პრობლემებზე. ამ დოკუმენტში დასახულია ენერგოეფექტურობის სტრატეგიული მიზნები და დებულებები შესაბამისი დირექტივების შესამუშავებლად. დოკუმენტში წარმოდგენილია სამი პრობლემა: ევროპის ქვეყნების ეკონომიკის კონკურენტუნარიანობის ამაღლება პროდუქციის თვითღირებულებების შემცირებით, კოტოს ოქმის ვალდებულებების შესრულება გარემოს დაცვის საქმეში, ენერგოუსაფრთხოების ამაღლება. „მწვანე დოკუმენტი“ პრიორიტეტებს შორის გამოყოფს ენერგოეფექტურობას საერთაშორისო დონეზე, განსაკუთრებით ევროკავშირის გეოპოლიტიკური ინტერესების სფეროში შემავალი ქვეყნებისათვის. ამას ადასტურებს საქართველოს ევროპის სამეზობლო პოლიტიკაში ჩართვა. ენერგოეფექტურობის სტრატეგიული მიზნები უნდა დაუკავშირდეს სამრეწველო, სოციალურ, ფინანსურ და სხვა პოლიტიკას, რომელიც გავლენას ახდენს ენერჯის გამოყენებაზე. ენერგოეფექტურობის ამაღლება უნდა გახდეს ქვეყნის ენერგეტიკული პოლიტიკის განმსაზღვრელი ფაქტორი.

იმისათვის, რომ დაჩქარდეს ენერჯის ეფექტურად გამოყენება საჭიროა სათანადო ეკონომიკური გარემო, ეკონომიკური სტიმულები და მოტივაცია, რომ ბაზრის მონაწილეებმა შეამცირონ ყოველწრიული წარმოების ხარჯები ენერგოეფექტურობაში კაპიტალდაბანდებების გზით. ენერჯის ფასების რეფორმა და პრივატიზაციის პროცესი წარმოადგენს ამგვარ მოტივაციას. ენერგოეფექტურობის ამაღლებით მცირდება ყოველწრიული საწარმოო ხარჯები და შესაბამისად იქმნება ეკონომიკური ზრდის საფუძველი. ამ პრობლემის გადაჭრა უზრუნველყოფს ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების სისტემების ფართოდ დანერგვას. ახალი საბაზრო ურთიერთობების პირობებში აუცილებელია ენერგორესურსების მოხმარების მკვეთრად შემცირება და მისი გამოყენების ეფექტურობის ამაღლება, რაც მოითხოვს სტრატეგიულ ღონისძიებათა შემუშავებას და დანერგვას, როგორც ენერგორესურსების წარმოების, ასევე მიწოდების და მოხმარების ყველა სფეროში.

განვიხილოთ გეოთერმული წყლების ენერჯის გამოყენების ასპექტები სწორედ ენერგოდაზოგი პოლიტიკის გატარების ჭრილში.

ჩვენი ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის ახლანდელი დაძაბული მდგომარეობის პირობებში გეოთერმული წყლების სითბოს გამოყენება საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მიზნებისათვის, სოფლის მეურნეობაში სათბურების მოსაწყობად, სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესის სითბოთი და სიცივით მომარაგებისათვის, დიდად შეუწყობს ხელს საქართველოს ცალკეული რეგიონების ენერგომომარაგების გაუმჯობესებას.

საქართველოში გეოთერმული წყლები ცნობილია უძველესი დროიდან და საუკუნეების მანძილზე მათი გამოყენება ხდებოდა აბანოებსა და სამკურნალო-ბალნეოლოგიურ დაწესებულებებში. თანამედროვე ეტაპზე ჰიდროლოგიური გამოკვლევების საფუძველზე საქართველოს გეოთერმული რესურსების 50-100°C ტემპერატურით შეფასებულია 220-260 მლნ მ³ წელიწადში, რაც პოტენციურად შეესაბამება 1,8 - 2,3 მლრდ ტპს-ს. ძირითადი თერმული წყლების შემცველი ჰორიზონტები, რომლებიც რესპუბლიკის მეურნეობის ობიექტების გეოთერმული თბომომარაგების სარესურსო ბაზას წარმოადგენს, განლაგებულია ქვედა ცარცის (დასავლეთ საქართველოში) და ეოცენ-პალეოცენის ნალექებში (აღმოსავლეთ საქართველოში) [1].

შპს „საქბურდგეოთერმის“ მიერ წინა წლებში ჩატარებული საძიებო ბურღვითი სამუშაოების შედეგად გამოვლენილი გეოთერმული წყლების საბადოები განლაგებულია: თბილისში, სადაც 7 ჭაბურღილის საერთო დებიტი შეადგენს 3760 მ³/დღ-ს,

ტემპერატურა - 56-70°C-ს. საბადოს ექსპლუატაცია მიმდინარეობს 1973 წლიდან. ამჟამად საბადოს ექსპლუატაცია გრძელდება, გეოთერმული წყლები მიეწოდება მოსახლეობას და აბანოებს ცხელ-წყალ მომარაგების მიზნით, რის შედეგადაც ყოველწლიურად იზოგება 14,2 ათასი ტპს და 1,5 მლნ მ³ სასმელი წყალი;

ზუგდიდ-ცაიშის გეოთერმული წყლების საბადოზე 18 ჭაბურღილია. მათი საერთო დებიტია 36800 მ³/დღ, ტემპერატურა - 82-90 °C გეოთერმული წყალი მიეწოდება ქ. ზუგდიდის კომუნალურ მეურნეობას ცხელ-წყალ მომარაგებისათვის, სასოფლო-სამეურნეო ობიექტებს, ცაიშის ბალნეოლოგიურ კურორტს.

არსებული საბადოების ჯამური დებიტი შეადგენს 82500 მ³/დღ-ს ან 30 მლნ მ³ /წ-ს, რაც ამ რესურსების ეფექტიანი გამოყენების შემთხვევაში შეესაბამება წელიწადში 240 ათას ტპს-ის დაზოგვას. საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსში გეოთერმული ენერჯის ხვედრითი წილი 1990 წლისათვის 0,5 % იყო, მაგრამ ზემოთ აღნიშნული გეოთერმული წყლების კომპლექსურად გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია ეს მაჩვენებელი გაიზარდოს: 2015 წლისათვის 1,7 %-ით, 2020 წლისათვის 2,3%-ით და 2025 წლისათვის კი 3,5% -ით [2,3]. საილუსტრაციოტ განვიხილოთ ზუგდიდ-ცაიშის გეოთერმული საბადოს ექსპლუატაციის ოპტიმიზაციის საკითხები.

ამ რეგიონში არსებული ჭაბურღილების მდებარეობისა და მათი პროდუქტიულობის ანალიზის საფუძველზე საბადოს მთელი ტერიტორია პირობითად გაიყო „ზუგდიდისა“ და „ცაიშის“ უბნებად, რაც თითოეულ უბანზე გეოთერმული თბომომარაგების სრულყოფილი სისტემის შექმნის საშუალებას იძლევა. ზუგდიდის თბომომარაგების შემოთავაზებული გეოთერმული სისტემა შედგება მოემსახუროს საცხოვრებელ, მუნიციპალურ კომერციულ და სამრეწველო შენობებს; დაახლოებით 15000 მაცხოვრებელი უზრუნველყოს ცხელი წყლით; 200 ტ ტევადობის წყალი მიაწოდოს ბოსტნეულის შესანახ მაცივარს და მეფრინველეობის ფაბრიკას, რომლის მწარმოებლურობაა წელიწადში 200 ტ ქათმის ხორცი.

ცაიშის აგროკომპლექსში რეკომენდებულია თბომომარაგების შემდეგი მომხმარებლები:

1. მეფრინველების ფაბრიკა (მწარმოებლურობა - 600 ტ ქათმის ხორცი წელიწადში);
2. სათბური (მწარმოებლურობა - 1800 ტ ბოსტნეული წელიწადში);
3. სათევზე მეურნეობა (მწარმოებლურობა - 320 ტ თევზი წელიწადში);
4. ღია სათევზე გუბურა (მწარმოებლურობა - 2000 ტ თევზი წელიწადში);
5. ბოსტნეულის საცავი-მაცივარი (ტევადობა - 2000 ტ კვების პროდუქტი);
6. ჩაის ფოთლისა და ხილის საშრობი (მწარმოებლურობა - 1500 ტ წელიწადში);
7. სოკოს მწარმოებელი ფერმა (მწარმოებლურობა - 1500 ტ შამპინიონი წელიწადში);
8. ბოსტნეულის ფერმა (მწარმოებლურობა - 1500 ტ ბოსტნეული წელიწადში).

ასეთი საწარმოებით დაკომპლექტებული ცაიშის აგროკომპლექსის ფორმირება საშუალებას მოგვცემს მივადწიოთ გეოთერმული წყლის სითბოს სრულ გამოყენებას და შეძლებისდაგვარად გავათანაბროთ სითბოს მოხმარების სეზონური უთანაბრობა.

ეკონომიკური ანალიზი ჩატარდა როგორც ზუგდიდის, ისე ცაიშის გეოთერმული თბომომარაგების სისტემებისათვის. ზუგდიდისა და ცაიშის გეოთერმული თბომომარაგების სისტემების ეკონომიკური ანალიზის ძირითად მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 1 და 2.

ცხრილი 1. ზუგდიდის გეოთერმული თბომომარაგების საწყისი ინვესტიციები

№	დასახელება	გეოთერმული თბომომარაგების სისტემა	ბუნებრივი აირის საქვებები
1	კაპიტალური ხარჯები	8,3 მლნ. აშშ დოლ.	6,8 მლნ. აშშ დოლ.
2	30 წელზე გადასწავლილი ხარჯები	15,3 აშშ დოლ./გკალ	18,2 აშშ დოლ./გკალ
3	წმინდა დისკონტირებული ღირებულება	9,8 მლნ აშშ დოლ	10,8 მლნ აშშ დოლ

ცხრილი 2. ცაიშის გეოთერმული თბომომარაგების საწყისი ინვესტიციები

№	დასახელება	გეოთერმული თბომომარაგების სისტემა	ბუნებრივი აირის საქვებები
1	კაპიტალური ხარჯები	14,5 მლნ.აშშ დოლ.	12,8 მლნ.აშშ დოლ.
2	30 წელზე გადანაწილებული ხარჯები	18,2 აშშ დოლ./გკალ	21,3 აშშ დოლ./გკალ
3	წმინდა დისკონტირებული ღირებულება	17,1 მლნ აშშ დოლ	19,2 მლნ აშშ დოლ

ეკონომიკური ანალიზიდან გამომდინარე, როგორც ზუგდიდის, ისე ცაიშის გეოთერმული თბომომარაგების პროექტები ეკონომიკურად მისაღებია. შემდეგი ეტაპია ის, რომ უნდა მომზადდეს სათანადო ბიზნესგეგმები, რომლებიც შეესაბამება პოტენციური ინვესტორების, საერთაშორისო ბანკებისა და თანადამფინანსებელთა მოთხოვნებს. ამასთან, საქართველოს მთავრობამ აქტიურად უნდა დაუჭიროს მხარი საწარმოთა ხელახალ ჩამოყალიბებას და პრივატიზაციას ზუგდიდსა და ცაიშში. ეს პროექტები ხელს შეუწყობენ რეგიონების ეკონომიკურ აღორძინებას, მოსახლეობის დასაქმებას, შეამცირებენ მეფრინველეობის ნაწარმისა და ჩაის იმპორტს და გაზრდიან ბოსტნეულის, თევზისა და ხილის წარმოებას.

ამრიგად, ამ პროექტების განხორციელება წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება საქართველოს ეროვნული მეურნეობის შემდგომი აღმავლობის, ეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესებისა და ენერგოდამზოგავი პოლიტიკის გატარებისათვის.

ლიტერატურა

1. G. Buachidze, O. Vardigoreli, N.Tsertsvadze. Thermal waters of Georgia. -Tbilisi, Metsniereba, 1998, 300 p.
2. О. Вардигорели, Н. Церцвадзе. Опыт использования вод Грузии. –Тбилиси, Мецниереба, 1987, 125 с.
3. К. Везиришвили. Энергосберегающие системы комплексного использования геотермальных вод для теплохладоснабжения отраслей Грузии. Сб. трудов «Энергетика и окружающая среда», Тбилиси, Грузининти, 2002, сс.25-32.

SUMMARY

GEOTHERMAL WATERS WITH REGARD OF ENERGY EFFICIENCY POLICY

Vezirishvili-Nozadze K.O., Pantskhava E.V., Jikhvadze M.J. and Mchedlidze K.G.

Georgian Technical University

The results of the efficient complex use of geothermal waters are discussed. Analytical dependences for designing of complex geothermal systems were obtained. The advisability of using the geothermal sources for complex heat-cool supply of agriculture, giving a considerable economy of fuel and improvement of ecological conditions of the environment, is substantiated.

Keywords: energy-ecological efficiency, energy saving, municipal economy, agrarian complex, heat supply.

მდ. ყვირილასა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის მძიმე ლითონებით დაბინძურების მონიტორინგის შედეგები 2010-2015 წწ.

ბაქრაძე ე.მ., კუჭავა გ.პ., არაბიძე მ.ა.

გარემოს ეროვნული სააგენტო (გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო)

შესავალი

კაცობრიობის განვითარების პარალელურად განვითარდა წიაღისეულის მოპოვების ტექნოლოგიები, შესაბამისად გაიზარდა წიაღისეულის მოპოვების მასშტაბები. თანამედროვე მსოფლიოში ბუნებრივი რესურსები, მათ შორის, მინერალური რესურსები, ჩვეულებრივ ეკონომიკურ კეთილდღეობასთან ასოცირდება. თუმცა, ხშირად განსაკუთრებით განვითარებად ქვეყნებში, მოპოვებითი მრეწველობის განვითარება ნაკლებად აისახება სიღარიბის დონის მაჩვენებელზე.

წიაღისეულის მოპოვება მრავალ წინააღმდეგობრივ საკითხს უკავშირდება. ერთის მხრივ, ის შემოსავლის და ახალი სამუშაო ადგილების შექმნის წყაროა, თუმცა, ამავდროულად შეიძლება გრძელვადიანი ზიანი მოუტანოს ადგილობრივ მოსახლეობასა და გარემოს. წიაღისეულის მოპოვებას უდიდესი გავლენა აქვს გარემოზე.

მდინარე ყვირილას მდებარეობს დასავლეთ საქართველოში, იგი რიონის მარცხენა შენაკადია. სათავეს იღებს რაჭის ქედზე, ძირულას შესართავამდე მიედინება ხეობაში, შემდეგ კი დაბლობზე. მდინარის სიგრძე 140 კმ-ია, აუზის ფართობი 3630 კმ², წყლის საშუალო ხარჯი - 61 მ³/წმ ზესტაფონთან, 90 მ³/წმ - შესართავთან. ძირითადად საზრდოობს წვიმის წყლებით. მდ. ყვირილას აუზში მდებარეობს ჭიათურის მანგანუმის საბადოები. მის ნაპირზე გაშენებულია ქალაქები - საჩხერე, ჭიათურა, ზესტაფონი. მდინარის ძირითადი ჰიდროლოგიური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. მდინარე ყვირილას ძირითადი ჰიდროლოგიური მახასიათებლები

მახასიათებელი	ყვირილა
მდინარის სიგრძე, კმ	140
აუზის ფართობი, კმ ²	3630
საშუალო მრავალწლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	61

ძირითადი ნაწილი

ჭიათურის მანგანუმის მადნის საბადო მდებარეობს მდ. ყვირილას შუა დინების აუზში და ვრცელდება მდინარეების - ყვირილასა და ძირულას შეერთების ადგილიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით 25-30 კმ-ზე. განსახილველი ტერიტორია ჩრდილოეთიდან და ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან ისაზღვრება რაჭის ქედის სამხრეთი ფერდობების მთისწინებით, დანარჩენი საზღვარი პირობითია და მიუყვება მდ. ყვირილას მცირე შენაკადების წყალგამყოფებს.

გარემოს დაჭუჭყიანების თვალსაზრისით, ძალზე მნიშვნელოვანია სამთომომპოვებელი მრეწველობის უარყოფითი გავლენა, განსაკუთრებით ღია კარიერული წესით საბადოს დამუშავებისას. ეს უკანასკნელი ბუნებრივია, ბევრად რენტაბელურია მადნის მიწისქვეშა დამუშავებასთან შედარებით. ამ დროს 3-5-ჯერ იზრდება შრომის ნაყოფიერება და თითქმის ამდენჯერვე მცირდება პროდუქციის თვითღირებულება. ამასთან ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ კარიერების ადგილზე ნადგურდება საუკუნეების მანძილზე შექმნილი და ჩამოყალიბებული ნიადაგი, ბუნებრივი და კულტურული მცენარეულობა, კარიერების მიდამოები ხშირად გადაქცეულია ეროზიული და მეწყრული მოვლენების, ჩამდინარე და სასმელი წყლების, აგრეთვე ატმოსფეროს დაჭუჭყიანების კერებად, რაც აძნელებს ამ ტერიტორიის სასოფლო-სამეურნეო

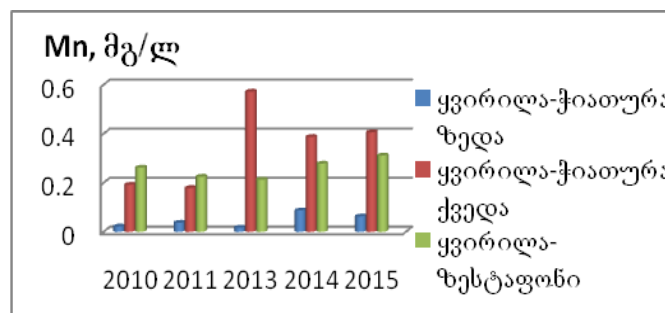
სავარგულებად გამოყენებას, ამცირებს მოსავლიანობას და აუარესებს მოსახლეობის საყოფაცხოვრებო პირობებს.



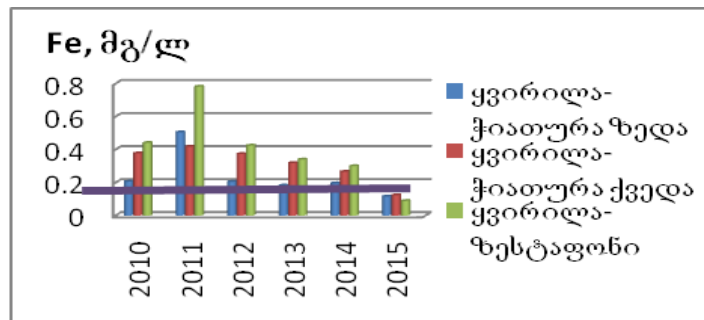
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ანთროპოგენული ფაქტორის უარყოფითი გავლენა ვრცელდება საბადოს ექსპლოატაციის ფარგლებს გარეთაც, დაახლოებით ორჯერ მეტ ფართობზე და იწვევს გრუნტის წყლის რეჟიმისა და ქიმიურ ელემენტთა მიგრაციის ცვალებადობას, ეროზიული პროცესების გააქტიურებას, სავარგულების პროდუქტულობის დაცემას და სხვ.

გარემოს ეროვნული სააგენტოს გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის დეპარტამენტის კომპენტენციის ფარგლებში შედის აწარმოოს ყოველთვიური მონიტორინგი მდ. ყვირილსა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების ფონურ მდგომარეობაზე დაკვირვების თვალსაზრისით. მძიმე ლითონების განსაზღვრის ანალიზები ტარდება ატმოსფერული ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის ლაბორატორიაში აქსიალური ინდუქციური პლაზმის (ICP-OES) სპექტრომეტრის საშუალებით, ISO -11885:2007 მეთოდების შესაბამისად.

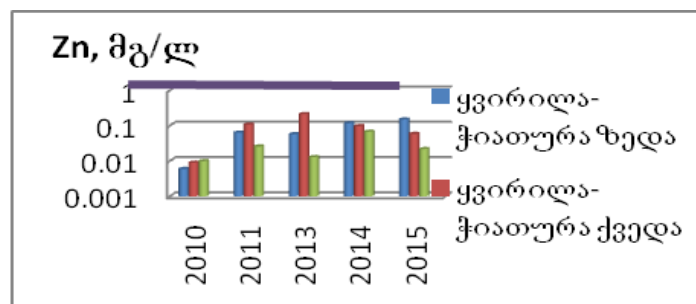
ნაშრომში ნაჩვენებია 2010-2015 წლების პერიოდში მდ. ყვირილსა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის მძიმე ლითონებით დაბინძურების სურათი, რომელიც ცვალებადი ხასიათისაა. კერძოდ, თუთიისა და სპილენძის შემცველობები განხილული პერიოდის განმავლობაში არ აღემატება მათ შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზდკ - 1,0 მგ/ლ), რკინის შემცველობა 2010-2014 წლებისათვის ყვირილა-ჭიათურა ქვედა და ყვირილა-ზესტაფონის დაკვირვების წერტილებში ძირითადად აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას ან ძალიან მიახლოებულია მასთან (ზდკ - 0,3 მგ/ლ); რაც შეეხება მანგანუმის საშუალო წლიურ შემცველობას ამ ორი წერტილისათვის იგი ყველგან აღემატება ზდკ-ს (ზდკ - 0,1მგ/ლ), რაც ჩვენი აზრით მიუთითებს 2010-2015 წლებში მანგანუმის მომპოვებელი საწარმოების ინტენსიურ მუშაობაზე და შესაბამისად მდ. ყვირილსა და წყლის მანგანუმის იონებით დაბინძურებაზე (ნახ. 1-4) [1,2].



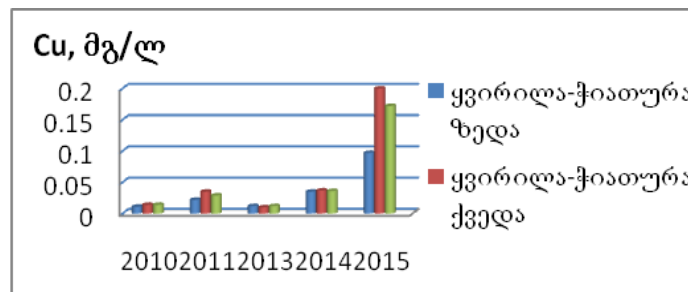
ნახ. 1. მანგანუმის იონის კონცენტრაციის ცვალებადობის დინამიკა მდ.ყვირილსა 3 კვეთში 2010-2015 წწ.



ნახ. 2. რკინის იონის კონცენტრაციის ცვალებადობის დინამიკა მდ.ყვირილას 3 კვეთში 2010-2015 წწ.



ნახ. 3. თუთიის იონის კონცენტრაციის ცვალებადობის დინამიკა მდ.ყვირილას 3 კვეთში 2010-2015 წწ.



ნახ. 4. სპილენძის იონის კონცენტრაციის ცვალებადობის დინამიკა მდ.ყვირილას 3 კვეთში 2010-2015 წწ.

2014 წლის მონაცემების მიხედვით სპილენძის შემცველობა ჭიათურის სამრეწველო ზონის ნიადაგებში მერყეობდა 17,33 მგ/კგ – 71,87 მგ/კგ-ის ფარგლებში, მისი ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია 24 ზღკ დაფიქსირდა სამრეწველო ზონის მიმდებარე ტერიტორიაზე (X 0359837 Y 4683684). თუთიის კონცენტრაციები იცვლებოდა 64,36მ გ/კგ-დან 1446,10 მგ/კგ-მდე. მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა 62,9 ზღკ აღინიშნა ასევე სამრეწველო ზონის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ტყვიის კონცენტრაცია იცვლებოდა 2,00 მგ/კგ-75,61 მგ/კგ-ის ფარგლებში, მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა 12,6 ზღკ აღინიშნა სოფ. დარკვეთში. მანგანუმის კონცენტრაცია მერყეობდა 830,82 მგ/კგ-დან 33968,94 მგ/კგ-მდე. მისი ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია 48,5 ზღკ დაფიქსირდა სამრეწველო ზონის მიმდებარე ტერიტორიაზე (X 0359680, Y 4683553). რკინის კონცენტრაცია იცვლებოდა 0,63%-დან 2,16 %-მდე. მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა დაფიქსირდა სოფ. ზოდში (X 0361429, 4688288) (ცხრ. 2) [3].

ცხრილი 2. ჭიათურის სამრეწველო ზონის ნიადაგებში მძიმე ლითონების შემცველობა, 30.09.2014

№	პუნქტი	გრძელი	განედი	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	Pb, მგ/კგ	Mn მგ/კგ	Fe, %	pH
1	ჭიათურა 1, სამრეწველო ზონა შემცველობა	X 0358143	Y 4682948	28,51	146,10	10,68	10755,36	0,90	7,50
2	ჭიათურა 2, სამრეწველო ზონა შემცველობა	X 0359680	Y 4683553	30,56	118,24	13,77	33968,94	0,63	7,29
3	ჭიათურა 3, სამრეწველო ზონა შემცველობა	X 0359837	Y 4683684	71,87	126,66	17,09	23078,01	1,50	7,76
4	ჭიათურა 4, სამრეწველო ზონა შემცველობა	X 0360399	Y 4684031	48,61	87,69	2,51	17010,42	1,03	7,78
5	ჭიათურა 5, ზოდი	X 0361429	Y 4688288	55,22	160,14	12,55	830,82	2,16	7,70
6	ჭიათურა 6, ზოდი	X 0361559	Y 4687650	33,19	64,36	9,05	836,18	1,64	6,87
7	ჭიათურა 7, ზოდი	X 0361498	Y 4687909	33,59	71,69	13,54	1511,43	0,79	7,20
8	ჭიათურა 8, დარკვეთი	X 0362414	Y 4687168	17,33	144,03	2,00	1103,10	0,75	7,60
9	ჭიათურა 9, დარკვეთი	X 0362737	Y 4687033	18,77	211,92	75,61	1677,52	0,75	7,50
10	ჭიათურა 10, დარკვეთი	X 0363307	Y 4686904	30,54	82,37	24,94	20295,53	0,76	8,10

დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული კვლევებისა და მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ გარემოს დატუჭყიანების თვალსაზრისით, ძალზე მნიშვნელოვანია სამთო-მომპოვებელი მრეწველობის უარყოფითი გავლენა, მდ. ყვირილას წყლისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის მძიმე ლითონებით დაბინძურებაზე; რომ კარიერების აღვილზე ნადგურდება საუკუნეების მანძილზე შექმნილი და ჩამოყალიბებული ნიადაგი, ბუნებრივი და კულტურული მცენარეულობა, კარიერების მიდამოები ხშირად გადაქცეულია ეროზიული და მეწყრული მოვლენების, ჩამდინარე და სასმელი წყლების, აგრეთვე ატმოსფეროს დატუჭყიანების კერებად, რაც აძნელებს ამ ტერიტორიის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებად გამოყენებას, ამცირებს მოსავლიანობას და აუარესებს მოსახლეობის საყოფაცხოვრებო პირობებს.

აუცილებელია მუდმივი მონიტორინგი და კვლევა მდინარეების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი პარამეტრების შეფასების მიზნით, რათა თავიდან აცილებული იქნას ყველა იმ ტიპის საფრთხე, რომელიც შეიძლება აღმოცენდეს ამ კონკრეტულ სიტუაციაში; ჩატარდეს გარკვეული ღონისძიებები საწარმოთა მხრიდან, რათა კიდევ უფრო შემცირდეს დაბინძურების შესაძლებლობები, როგორც სასოფლო-სამეურნეო და სატყეო მეურნეობის მოთხოვნილების, ასევე გარემოს დაცვის ინტერესების გათვალისწინების მიზნით.

ლიტერატურა

1. Супаташвили Г.Д. Гидрохимия Грузии (Пресные воды). -Тбилиси, Издательство Тбилисского Государственного Университета, 2003, 399 с.
2. Фомин Г.С. Вода: Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. -М., Протектор, 2010.
3. Фомин Г.С. Фомин А.Г. Почва, контроль качества и экологические безопасности по международным стандартам. – Москва, ВНИИ стандарт, 2001, 300 с.

SUMMARY

THE RESULTS OF MONITORING OF POLLUTION OF THE RIVER KVIRILA AND HIS VICINITIES WITH HEAVY METALS 2010-2015 THE PERIOD

Bakradze E.M., Kuchava G.P. and Arabidze M.A.

Ministry of Environment and Natural Resources

LEPL National Environmental Agency

This research deals with the degree of pollution of the Kvirila River and the adjacent territory with heavy metals, especially in the cities of Chiatura and Zestaponi. The concentration measured in reference areas and at anthropogenic influence points describes the dynamics of changes in the concentration of heavy metals in 2010-2015.

Keywords: anthropogenic influence, heavy metals, degree of pollution.

დიაფრაგმულ საღებ მანქანაზე მანბანუმის მაღნის გამდიდრებისას სხვადასხვა მიმკვრივების მინერალების განშრევის ეფექტურობაზე მმართველი სიდიდეების გავლენის დადგენა

გამცემლიძე მ.ნ., ჯავახიშვილი გ.გ., არაბიძე ზ.დ., რუხაძე თ.ა.,
თუბურბიძე მ.ლ., თევაძე დ.მ.

სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი
საქართველო ტექნიკური უნივერსიტეტი

მანბანუმის მაღნების წვრილი კლასის გამდიდრება გრავიტაციული მეთოდებთან წარმატებით ხორციელდება დალექვის პროცესით, დიაფრაგმულ საღებ მანქანებზე, რომელიც სხვა ტიპის საღებ მანქანებთან შედარებით გამოირჩევა სიმარტივით მომსახურების თვალსაზრისიდან გამომდინარე (არ საჭიროებს ჰაერის მეურნეობას).

დიაფრაგმული საღები მანქანებისათვის სხვადასხვა სიმკვრივის მინერალების განშრევის ეფექტურობის ასამაღლებლად ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა ამძრავი მოწყობილობა, რომელიც საშუალებას იძლევა უწყვეტად, მანქანის გაუჩერებლად (რომელიც დღემდე არ ხორციელდება) ვცვალოთ წყლის ძირითადი რხევის ამპლიტუდა და, მასთან ერთად, მივიღოთ წყლის დაბალ ამპლიტუდიანი დამატებითი რხევები [1,2]. ეს უკანასკნელი ხელს შეუწყობს საღების განსაშრეველი მასალის მაღალი სიხშირით გაფხვიერებადობას, რაც საბოლოოდ უზრუნველყოფს სხვადასხვა სიმკვრივის მინერალების ადვილად გადაადგილებას. ამძრავი მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ჩარჩო, რომელშიც ჩადგმულია კონუსი, და დაკავშირებულია საღებ განყოფილებასთან დიაფრაგმით, ხრახნიანი მექანიზმით გადაადგილება სხვადასხვა მანძილით. ჩარჩოსთან თავისუფალ შეხებაშია ექსცენტრულ ბუდეში ჩადგმული ღერძი. ამ უკანასკნელის ბრუნვით ხორციელდება წყლის რხევები. რხევის ამპლიტუდის სიდიდის ცვლილებას კი განაპირობებს აღნიშნული ღერძიდან სხვადასხვა მანძილით გადაადგილებული ჩარჩო, ხოლო ხრახნული მექანიზმის და ჩარჩოს დარტყმით წარმოქმნილი ძალა გვაძლევს წყლის დაბალ ამპლიტუდიან დამატებით რხევებს.

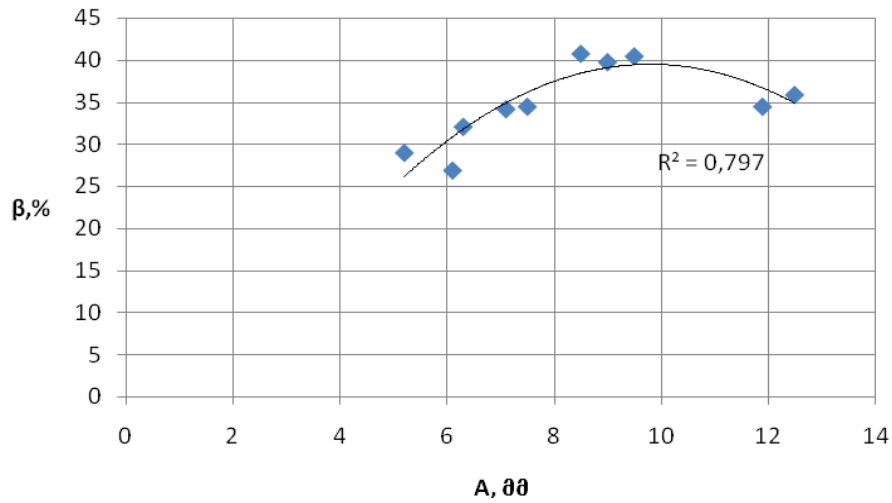
კონდიციურ კონცენტრატში მანბანუმის შემცველობაზე აღნიშნული სიდიდეების გავლენის დასადგენად გამოყენებული იქნა კორელაციური მეთოდი. წყვილებს შორის ფორმისა და კავშირის დასადგენად ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები, რომლის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1. მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებულია გრაფიკები (ნახ. 1,2,3).

ცხრილი 1. ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემები, წყვილებს შორის კავშირის დასადგენად

β , %	A, მმ	β , %	\mathcal{K} , ლ/წმ	β , %	F, გ
29	5,2	25,1	1,2	23,5	35
32,1	6,3	23,8	1	25,7	35,2
34,2	7,1	33,1	1,7	29,1	36,1
40,5	9,5	38	2	33,8	40,5
34,5	7,5	31,1	1,5	24	30,5
40,8	8,5	37	1,8	33,5	41,5
26,9	6,1	38,6	2,5	32,2	50,1
39,8	9	39,2	2,6	34,1	45
34,5	11,9	33,1	3	32,5	55
35,9	12,5	32,9	3,5	32,1	60

a	1,2269
k	2,7515
c	0,2874

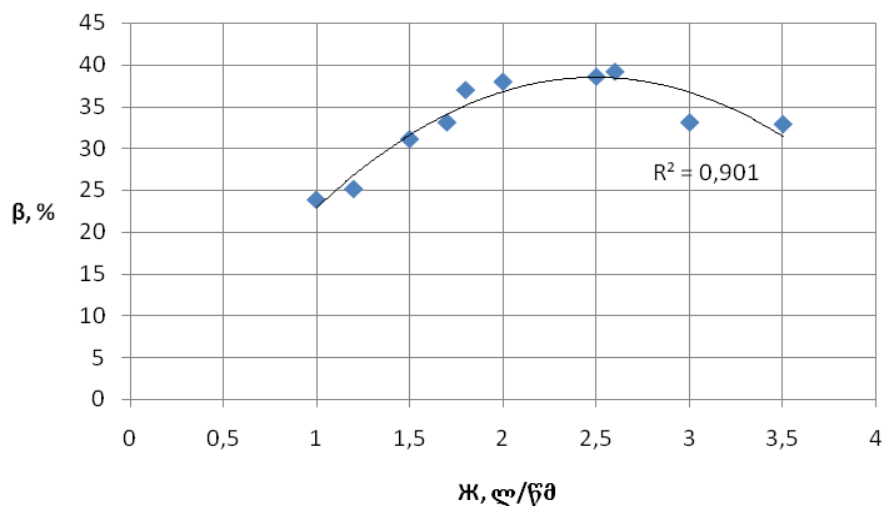
$$\beta(A) = aA^k e^{-cA} = 1.2269A^{2.7515} e^{(-0.2874A)}$$



ნახ. 1. დამოკიდებულება წყლის რხევის ამპლიტუდასა და შემცველობას შორის

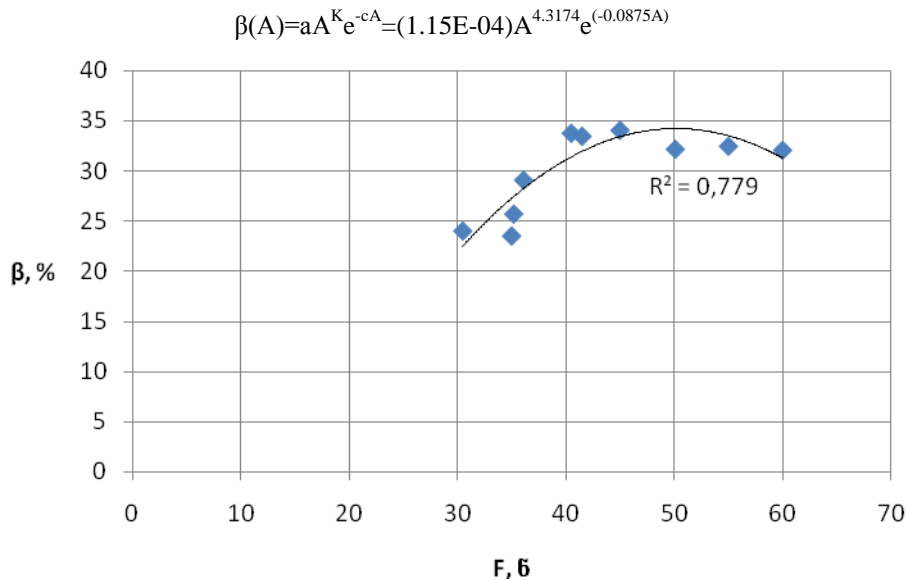
a	50,0493
k	1,9403
c	0,8216

$$\beta(A) = aA^k e^{-cA} = 50.0493A^{1.9403} e^{(-0.8216A)}$$



ნახ. 2. დამოკიდებულება წყლის ხარჯსა და შემცველობას შორის

a	1,25E-04
k	4,3174
c	0,0875



ნახ. 3. დამოკიდებულება დარტემის ძალასა და შემცველობას შორის

გრაფიკების ანალიზიდან ჩანს, რომ მმართველ სიდიდეებსა და გამდიდრების მაჩვენებლებს შორის არის ექსტრემალური დამოკიდებულება. ამ დამოკიდებულებიდან მიღებული მმართველი სიდიდეების ოპტიმალური მნიშვნელობებია, კერძოდ, $A = 9,5$ მმ (ნახ. 1), $K = 2,5$ ლ/წმ (ნახ. 2), $F = 45,5$ ნ (ნახ. 3). ეს მნიშვნელობები არის ის საწყისი ბაზა, რომელიც საჭიროა მოცემული პროცესის მართვის მოდელის მისაღებად.

დამოკიდებულებიდან ნათლად ჩანს, რომ დალექვის პროცესში გასამდიდრებელი მანგანუმის მადნის ეფექტურ განშრევაზე (კონდიციურ კონცენტრატში მანგანუმის მადნის შემცველობის ცვლილებაზე) ძირითად გავლენას ახდენს წყლის რხევის ამპლიტუდა და წყლის ხარჯი, აგრეთვე წყლის დაბალ ამპლიტუდიანი დამატებითი რხევები.

ზემოთ ჩამოთვლილი სიდიდეები ითვლებიან ძირითად ფაქტორებად, რომლებიც მუდმივად მოქმედებენ ცდის განმავლობაში. აღნიშნულის ცვლილებაზე გავლენას ახდენს, აგრეთვე, შემთხვევითი ფაქტორები, რომელთა მოქმედება ცდიდან ცდამდე იცვლება.

ცხრილი 2. ძირითადი ფაქტორების ზემოქმედებით განსაზღვრული მანგანუმის მადნის შემცველობები

№	ფაქტორები	მანგანუმის შემცველობა, β , %	მნიშვნელობათა ჯამი, Σ	a_r საშუალო მნიშვნელობები
1	ფაქტორი A	40,5; 40,5; 39,2; 38,5; 30,9.	189,6	37,9
2	ფაქტორი K	37,5; 37,1; 34,5; 35,4; 31,5.	176,0	35,2
3	ფაქტორი F	31,5; 32,5; 30,5; 29,9; 26,5.	150,9	30,2
			516,5	34,4

დისპერსიული ანალიზის მეთოდით შესაძლებელია განვსაზღვროთ კონცენტრატში მანგანუმის მადნის შემცველობის ცვლილებაზე რამდენად არსებითია ძირითადი ფაქტორების ზემოქმედება შემთხვევით ფაქტორებთან შედარებით. ცხრ. 2-ში მოცემულია ძირითადი ფაქტორების მოქმედებით მიღებული მანგანუმის მადნის შემცველობების მნიშვნელობები [3]. ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ერთი და იგივე ცდა განმეორებულია 5-ჯერ, ცდათა ჩასატარებლად გამოყენებულია სამი ძირითადი სიდიდე (ფაქტორი) [4,5].

მანგანუმის შემცველობაზე სიდიდეების მოქმედების შესაფასებლად ანგარიშს ვაწარმოებთ შემდეგი თანმიმდევრობით.

გამოვთვალოთ S , S_f და S_e გადახრათა კვადრატების ჯამი. ცნობილია, რომ საშუალო კვადრატული გადახრა იანგარიშება ფორმულით

$$S = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i)^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2,$$

ჩვენი მონაცემებისათვის, სადაც $i = 3$ და $j = 5$, ვიღებთ

$$S = 40,5^2 + 40,5^2 + \dots + 26,5^2 - \frac{1}{15} (516,5)^2 = 262,73,$$

ფაქტორების საშუალო კვადრატულ გადახრას ვანგარიშობთ შემდეგნაირად:

$$S_f = j \left[\sum_{r=1}^i a_r^2 - \frac{1}{i} (\sum_{r=1}^i a_r)^2 \right],$$

სადაც a_r შემცველობების საშუალო მნიშვნელობებია და ცხრილშია მოყვანილი. ჩვენი შემთხვევისათვის ვიღებთ

$$S_f = 5 * [37,9^2 + 35,2^2 + 30,2^2 - \frac{1}{3} (37,9 + 35,2 + 30,2)^2] = 152,7,$$

$$S_e = S - S_f = 262,73 - 152,7 = 110,03,$$

$$s_f^2 = \frac{S_f}{i-1} = \frac{152,7}{2} = 76,35, \quad s_e^2 = \frac{S_e}{i*(j-1)} = \frac{110,03}{12} = 9,17.$$

მიღებულ დისპერსიათა შედარება გვაძლევს, რომ $s_f^2 > s_e^2$. დისპერსიათა შეფარდებით გამოითვლება დაკვირვების T_1 , რომელიც ტოლია:

$$T_1 = \frac{s_f^2}{s_e^2} = \frac{76,35}{9,17} = 8,33.$$

მოცემული კვლევებისთვის: $K_1 = i - 1 = 2$, ხოლო $K_2 = i(j - 1) = 12$. შესაბამისი ცხრილიდან, 0,05 ალბათობისათვის, $T_{\text{მაფ}} = 3,49$. ვინაიდან, დაკვირვების T_1 მეტია ცხრილიდან აღებულ $T_{\text{მაფ}}$ მნიშვნელობაზე, ანუ, $T_1 = 8,33 > 3,49$, ეს იმის მანიჭებელია, რომ ზემოთ აღნიშნული ფაქტორების მოქმედებას კონცენტრატში მანგანუმის შემცველობაზე მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს.

აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება №FR/342/3-180/13) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ლიტერატურა

1. Степанов А.В., Гамцелидзе М. Н., Буцхрикидзе Г. Д., Джапарашвили Н. А. Авторское свидетельство №716593, Привод диафрагмовой отсадочной машины. опубл. 25.02.80, бюлл. №7.
2. Степанов А. В., Буцхрикидзе Г.Д., Гамцелидзе М.Н., и др. Привод механической отсадочной машины с дополнительными вибрациями. //Горная электромеханика и рудничная аэрология, Мецниереба, 1982, с. 58-60.
3. მანია გ. ალბათობის თეორია და მათემატიკური სტატისტიკა. –თბილისი, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1976 წ., გვ. 292-320.
4. Барский Л.А., Козин В.З. Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. -М., Недра, 1978, сс. 120-179.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. -М., Наука, 1964, 576 с.

SUMMARY

DETERMINATION OF THE EFFECT OF CONTROLLING VARIABLES ON THE EFFICIENCY OF SEPARATION OF MINERALS OF DIFFERENT DENSITY WITH A DIAPHRAGM JIGGING MACHINE IN THE PROCESS OF ENRICHMENT OF MANGANESE ORE

Gamtse lidze M.N., Javakhishvili G.V., Arabidze Z.D., Rukhadze T.A., Tutberidze M.L. and Tevzadze D.M.

LEPL G.Tsulukidze Mining Institute

Georgian Technical University

The paper deals with the investigation of the gravity concentration of the fine fraction of manganese ore by jiggling, in particular with a diaphragm jiggling machine. For effective separation of different-density minerals, a driver source was developed. It allows changing continuously the amplitude of fundamental vibrations of water as well as obtaining the low-amplitude vibrations. The dependence of controlling variables (water vibration amplitude, water consumption and impact force) participating in the process on the manganese content in the concentrate on the basis of correlation analysis is given. By the dispersion method, a significant impact of mentioned controlling variables on the manganese content in the concentrate was determined.

Keywords: water vibration amplitude, water consumption, impact force, dispersion ratio.

INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL CHANGES IN POLYPHENYLENE OXIDE IN THE PROCESS OF ITS PROCESSING AND FRICTION

Gurgenishvili M.B., Papava G.Sh., Sherozia V.A., Chitrekashvili I.A., Papava Sh.R. and Tabukashvili Z.Sh.

P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

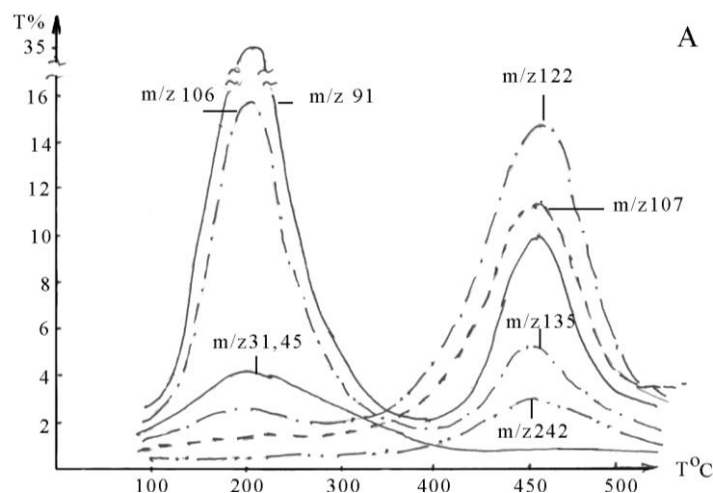
Abstract. Structural changes in polyphenylene oxide in the process of its thermal processing and friction were studied by mass-spectrometry. It is shown that, during thermal processing at 300°C, destructive-structuring processes proceed in the polymer. At the same time, the Fries rearrangement resulting in the brunching of macromolecules and formation of a gel fraction takes place. When studying the tribochemical processes with friction, it was revealed that the character of tribochemical processes in the polymer was determined by a complex structure of molded samples containing a brunched cross-linked polymer and a low-molecular fraction. The complex structure was formed at the interface of rubbing surfaces as a result of friction.

Keywords: polyphenylene oxide, Fries rearrangement, tribodestruction, coefficient of friction.

Of known heterochain polymers, aromatic ether - polyphenylene oxide (PPO) is of interest as a binder of antifriction plastics. The structure of an elemental ring of polyphenylene oxide, representing a combination of aromatic phenyl nuclei with hinged oxygen bridges, determines a low value of the coefficient of friction, quite high heat resistance and the capability of being melt-processed in blends with other polymers [1].

We chose commercial PPO having molecular weight 56,000 and characteristic viscosity 0.47 dl/g as a subject of investigation. Polyphenylene oxide is synthesized by dehydrocondensation of 2,6-xyleneol. The polymer readily dissolves in chloroform. The polymer was processed by compression molding at 300°C and unit pressure 500 kg/cm². Under such conditions [2], the initiation of polymer destruction is probable, which could be followed by changes in the structure and properties of PPO. Hence it was of interest to study first the thermal properties of PPO.

The heat resistance of initial and molded polyphenylene oxide was studied by mass-spectrometry. The spectra were recorded over the temperature range from 25°C to 500°C at the 50°C intervals. The energy of ionizing electrons was equal to 70 eV. The outcomes presented in Fig. 1 show that the thermodestruction of initial polyphenylene oxide occurred as if in two steps reaching the maximum of product release at 200°C and 450°C. At 200°C the release of xylene (m/z 106) and toluene (m/z 91) occurred. Toluene is used as a solvent during the synthesis of polyphenylene oxide and is preserved in small proportion in the finished product, while xylene is present in toluene as an impurity. The basic destruction of polyphenylene oxide is observed at 450°C, which is followed by release of the products with m/z equal to 122, 107, 91, 135 and 242.



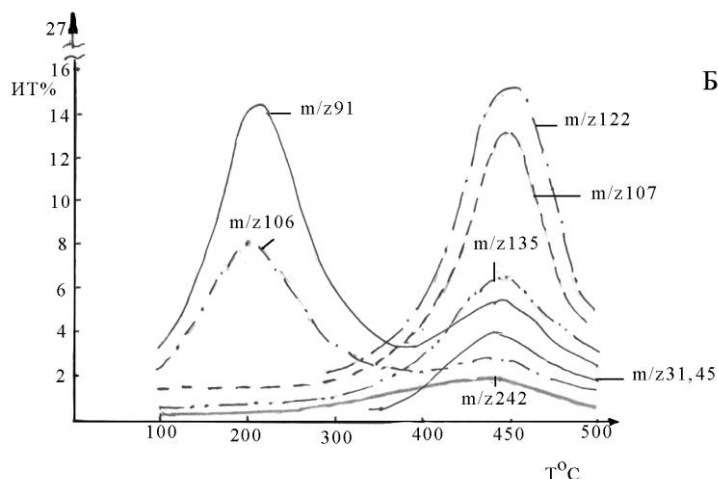
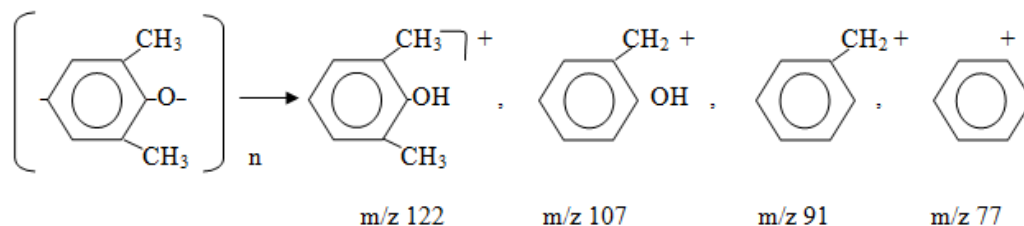
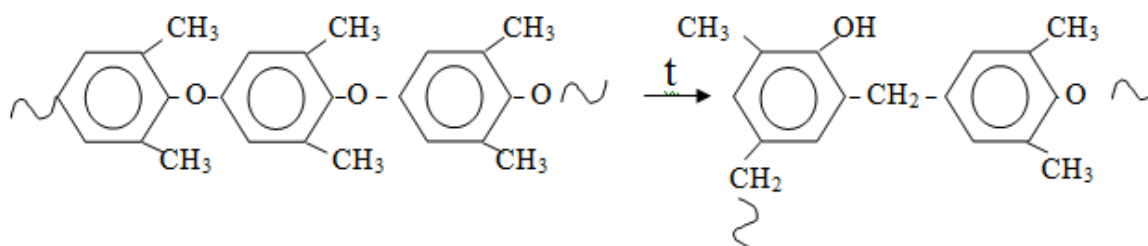


Fig. 1. Temperature dependence of the composition of the products of destruction of initial polyphenylene oxide (A) and polyphenylene oxide molded at 300°C (B)

A comparison between the obtained results and the destruction of model compounds (dimethylbenzene, 2,6- and 3,5-dimethylphenol, diphenylmethane and diphenyl ether) shows that, under these conditions, there occurs the destruction of the main chain of the polymer with formation of [3].

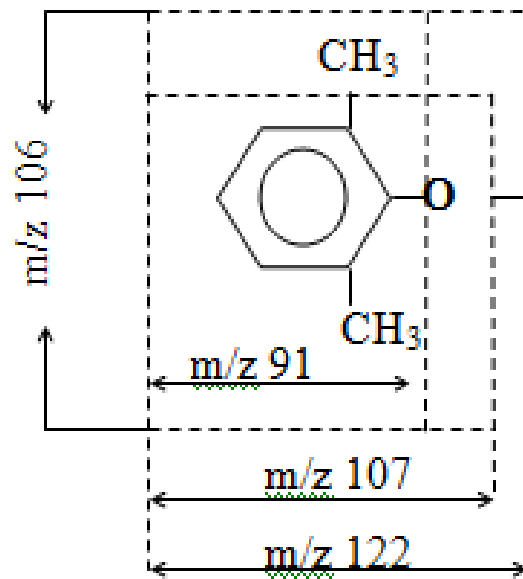


The emergence of the product with m/z 135 in the spectrum can be referred to the Fries rearrangement occurring at high temperature (450-500°C) by the following scheme [4]



At the same time, there was not observed the m/z 135 ion in the mass-spectrum with thermodestruction of pure PPO, which is a testimony to the high heat resistance of the polymer.

Hence the results of investigation of the commercial specimen of PPO showed that, under thermal processing (450°C), the destruction of the polymer occurred by the main chain (phenyl-o-phenyl bond broke).



Besides, under these conditions, the Fries rearrangement is possible (release of m/z 135). The presence of low-molecular impurities like toluene, xylene, and small proportions of dimers and trimers decreases the heat resistance of PPO to 200°C and could cause changes in the structure of the polymer during its processing.

The investigation of molecular-mass characteristics of industrial PPO after its processing by molding at 300°C showed that, in this case, a decrease in the characteristic viscosity from 0.47 to 0.45 dl/g and an increase in the molecular weight from 56,000 to 65,000 took place. The latter can be referred to the formation of a branched structure of the polymer. After molding, the formation of a gel-fraction in the amount of 4% in the polymer was observed [4].

The formation of cross-linked structures in PPO during its processing may be due to the oxidation of a side methyl group as well as to the recombination of free macroradicals formed in the process of thermodestruction.

Therefore, the outcomes of the investigation of the behavior of commercial PPO during its processing testify that, under the conditions of molding at 300°C , there proceed two competing reactions, destructive-structuring processes and the Fries rearrangement, causing branching and cross-linking of macromolecules with formation of the gel-fraction.

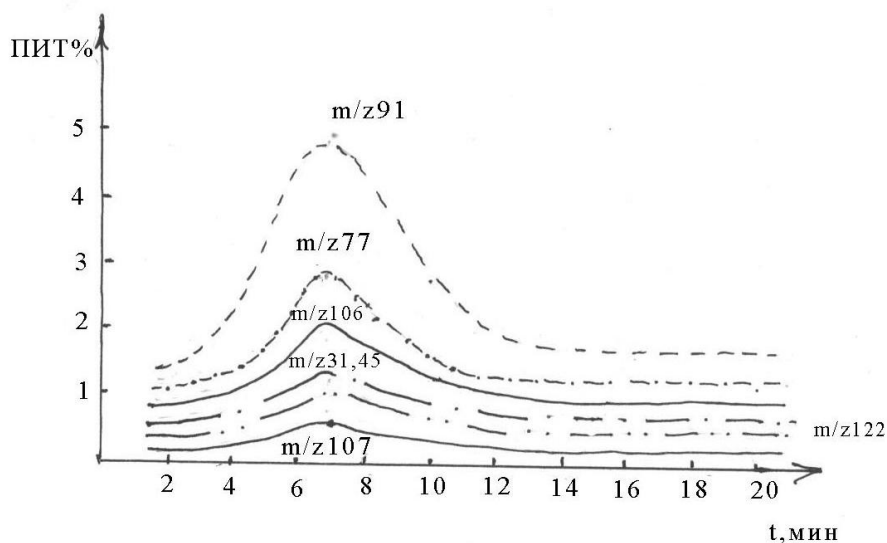


Fig. 2. The impact of the friction duration on the release of basic products of tribodestruction of the sample of commercial polyphenylene oxide (PPO)

When designing new wear-resistant materials, one of the basic problems is the investigation of physicochemical processes proceeding on rubbing surfaces and the elucidation of the role of the polymer binder. This is important, because high temperature of the environment as well as the increasing temperature on the surface with friction lead to significant changes not only in the physicochemical properties of materials, but also in the chemical structure of the polymer [5].

The tribochemical processes in PPO samples were studied by using a unit placed in the mass-spectrometer chamber in the immediate vicinity of the ionization zone [6] at the rotation rate of the cylinder $V=1\text{m/s}$ and pressure $P=0.1\text{ MPa}$ (Fig. 2).

The investigation showed that the maximum release of volatile products occurred in the process of run-in for the first 5-10 min. As the time of friction increased, the amount of released products decreased. The basic products of tribodestruction are the following: benzyl radical ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2$, $m/z 91$), phenyl radical (C_6H_5 , $m/z 77$), xylene ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, $m/z 106$), small amounts of xylenol ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2\text{OH}$, $m/z 122$), and the products with mass numbers $m/z 31(\text{CH}_2\text{OH})$ and $m/z 45(\text{COOH})$, which are likely to emerge in the result of oxidation of side methyl groups.

Comparing the tribodestruction of PPO with its thermodestruction [7], we can see that, during friction, basically the products characterizing the low-temperature destruction of initial PPO ($m/z 106$ and 91) occurring at 200°C , as was mentioned above, are released. It is believed that less heat-resistant products of the low-molecular fraction undergo the tribodestruction first and are released as volatile products. At the same time, during friction of PPO, in the mass-spectrum appear small amounts of ions with $m/z 122$, $m/z 107$, $m/z 45$ and $m/z 31$, which indicates that, along with the tribodestruction of the low-molecular fraction, during friction there may take place the break-away of side methyl ($-\text{CH}_3$) groups and the destruction in the main chain of the polymer [8].

When studying the process of friction of PPO purified by reprecipitation from the solution in chloroform with acetone (Fig. 3), it was revealed that, in this case, the run-in period prolonged from 6-7 min to 12-13 min.

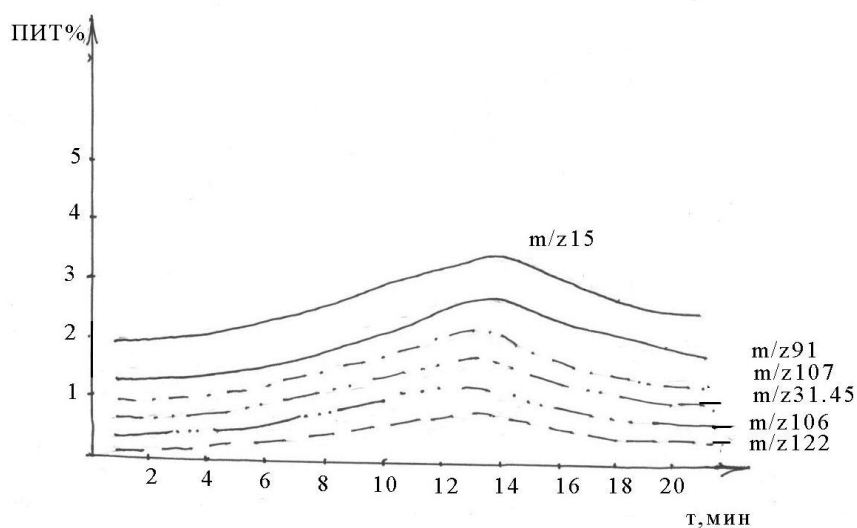


Fig. 3. The impact of the friction duration on the release of basic products of tribodestruction of the reprecipitated PPO sample

Unlike the thermodestruction, the basic products of the tribodestruction (Fig. 3) are the following: $m/z 15$ (CH_3 -group), $m/z 91$ (benzyl radical), $m/z 107$ (cresol) and small amounts of the products with $m/z 106$ and $m/z 122$. There is no phenyl radical in the spectrum. The obtained results show that the process of friction of pure PPO is accompanied basically by the break-away of methyl groups. In this case, the main chain destructs to a lesser degree as compared to the commercial polymer.

The tribodestruction of pure PPO differs from the thermodestruction of this polymer in that, in the process of friction, a cresol radical is formed at the expense of removal of the methyl group ($m/z 15$) and the benzyl radical is released in substantial amounts, while the basic product of thermodestruction is the xylenol radical ($m/z 122$). This is likely to be caused by the formation of the

secondary heat-resistant structure in PPO on the friction surface due to the recombination of free radicals formed in the result of thermal and mechanical action. The absence of the low-molecular fraction, which readily participates in tribochemical reactions, retards the process of tribodestruction of PPO, which eventually decreases the wear.

Based on the obtained data, we can assume that the character of tribochemical processes in commercial polyphenylene oxide is determined by the complex structure of molded samples containing the branched cross-linked polymer and the low-molecular fraction. As compared to other polyheteroarylenes [9], this structure of commercial PPO has a lower coefficient of friction, which makes it suitable for using as a binder of antifriction plastics.

This work is supported by Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF) under Grant Agreement (FR/237/3-121/13).

REFERENCES

1. Korshak V.V., Gribova I.A., Krasnov A.P. et al. Chemical Structure of the Ring of Polyheteroarylenes and Their Wear Resistance. //Trans. Acad. Sci. USSR, 1985, 282, No. 8, pp. 654-659.
2. Conley R.J. Studies of the Stability of Condensation Polymers in Oxygen-Containing Atmospheres. //Macromolecules, 1967, A1, No. 1, pp. 81-106.
3. Eliashberg M.E. Expert Systems for Determination of the Structure of Organic Molecules by Spectral Methods. //UspekhiChimii, 1999, 68, p. 579.
4. Iachoweiz J., Krjszewsk, Kowalski P. Thermal Degradation of Poly-(2,6-Dimethyl-1,4-Phenylene Oxide). //J. Appl. Polymer Sci., 1978, No. 10, pp. 2891-2901.
5. Kelleher P.G., Jassie L.B., Gesner B.D. Thermal Oxidation and Photooxidation of Poly-(2,6-Dimethyl-1,4-Phenylene Oxide).//J. Appl. Polymer Sci., 1967, No.1, pp. 137-144.
6. Krasnov A.P., Fedorova A.S., Gribova I.A, Afinicheva O.V. Tribochemical Processes in the Coatings Based on the Blends of Cross-Linked Polymers.//Trenie I Iznos, 1997, vol. 18, No. 5, pp. 663-669,
7. Nekrasov Y.S., Zhokhov V.E., Aderikha V.N. A Unit for Investigation of Tribochemical Processes and Hard-Chained Polymers by Mass-Spectrometry.//Trenie I Iznos, 1983, vol. 4, No. 1, pp. 33-43.
8. Gurgenišvili M.B. Designing and Investigation of Antifriction Plastics Based on Polyphenylene Oxide. Candidate's Thesis. – Moscow, 1988, pp. 33-43.
9. Popov V.A., Kolubaev A.V. Analysis of the Mechanisms of Formation of Surface layers with Friction. //Trenie I Iznos, 1997, vol. 18, No. 6, pp. 818-827.

РЕЗЮМЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЛИФЕНИЛЕНОКСИДЕ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ И ТРЕНИЯ

Гургенишвили М.Б., Папава Г.Ш., Шерозия В.А., Читрекашвили И.А., Папава Ш.Р., Табукашвили З.Ш.

Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили Тбилисского государственного университета им. Ив. Джавахишвили

Методом масс-спектрометрии изучены структурные изменения в полифениленоксиде в процессе термической переработки и трения. Показано, что в условиях переработки при 300°C в полимере протекают деструктивно-структурирующие процессы. Вместе с этим, имеет место перегруппировка Фрисса, приводящая к ветвлению макромолекул и образованию гель-фракции. При изучении трибохимических процессов при трении показано, что характер трибохимических процессов в полимере обусловлен образовавшейся в результате трения на границе трущихся поверхностей сложной структурой прессованных образцов, содержащих ветвильный, сшитый полимер и низкомолекулярную фракцию.

Ключевые слова: полифениленоксид, перегруппировка Фрисса, трибораспад.

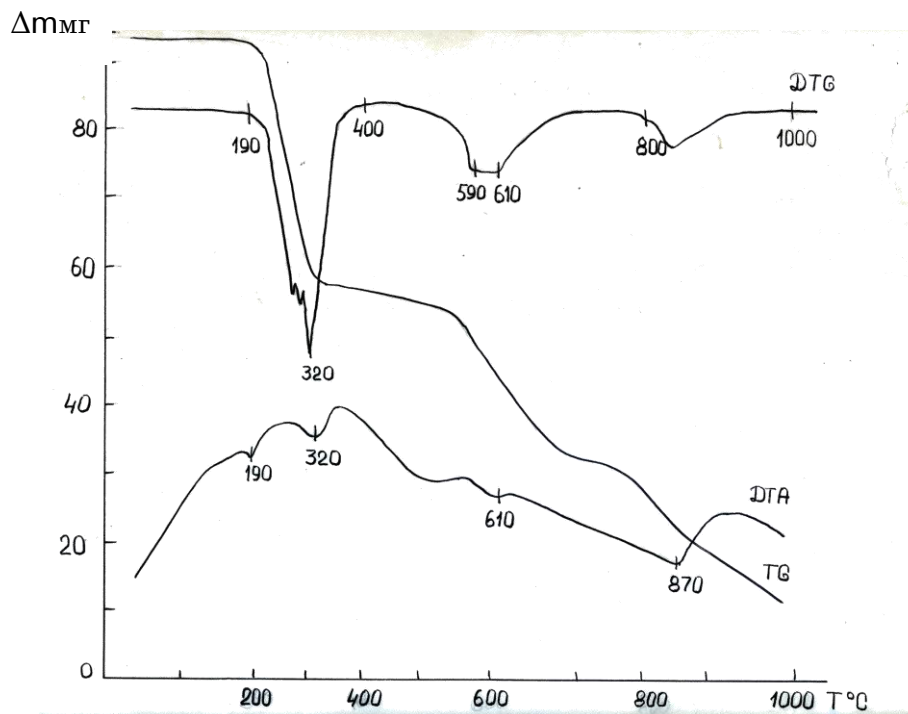
ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕТРАБРОМКУПРАТА (II) ТРИФЕНИЛ-МЕТИЛАРСОНИЯ

Кикалишвили М.И.

Государственный университет им. А. Церетели, Кутаиси

Комплексное соединение тетрабромкупрата (II) трифенил-метиларсония представляет интерес не только из-за характерных химических свойств, но и из-за проявляемой физиологической активности. Условия его синтеза, а также некоторые физико-химические свойства хорошо изучены; однако не существует практических данных относительно термических свойств данного соединения [1-3].

В последнее время значительно возрос интерес учёных в связи с твёрдофазными преобразованиями комплексных соединений. Новый этап в изучении термических превращений комплексных соединений наступил с началом использования дифференциального термического анализа (ДТА). Для получения полной картины превращений и химических реакций при термическом анализе необходимо вместе с Т и ДТА кривыми получить и кривую изменения массы ТГ. Все эти операции позволяет сделать прибор, использованный нами для исследования синтезированных образцов – дериватограф Q-1500D системы Паулик-Паулик-Ердей [4,5]. Этот дериватограф даёт возможность при изучении одного взятого образца записать одновременно четыре кривые – изменения температуры (Т), изменения массы (ТГ), а также соответствующие дифференциальные кривые ДТА и ДТГ. Детальное описание и принцип действия прибора приведены в [4,5]. Термогравиметрическое исследование проводилось при температуре до 1000°C и скорости нагревания 10°C/мин. Чувствительность весов – 100 мкг / 250 мм, чувствительность ДТА гальванометра – 250 мкВ, ДТГ – 500 мкВ, эталонное вещество – α -Al₂O₃, тигель – платиновый, масса исследуемого образца \approx 100 мг.



Дериватограма. $[(C_6H_5)_3AsCH_3]_2[CuBr_4]$

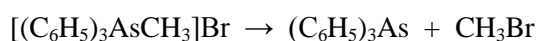
Термический анализ представляет собой один из ведущих методов физико-химического исследования соединений. При термическом анализе, в основном, применяют дифференциальные кривые нагревания, которые получают с использованием дифференциальных термопар. Дифференциальная кривая нагревания называется ДТА кривой, а сам метод – методом дифференциального термического анализа. Дифференциальная термопара состоит из двух простых термопар. Одна из термопар помещается в исследуемое вещество, а вторая термопара – в эталонное вещество. Эталон представляет собой инертное вещество, и при нагревании в заданном температурном интервале в нём не протекают термические преобразования. Теплопроводность эталонного и исследуемого веществ идентична.

При нагревании в исследуемом веществе протекает химическая реакция или физическое преобразование, связанное с выделением или поглощением тепла. Температуры термопар эталона и исследуемого вещества будут различаться, и в это время гальванометр зафиксирует значение ЭДС в цепи.

Дифференциальные кривые нагревания отмечены по системе координат: абсцисса – время или температура нагревания; ордината – разница температур между эталоном и исследуемым веществом.

На ДТА кривой отчётливо представлены термоэффекты, а с помощью температурной кривой, независимо от того, что печь нагревается строго равномерно, отмечаем начальную, максимальную и конечную температуру термического эффекта исследуемого образца.

Исследовано поведение тетрабромкупрата (II) трифенил-метиларсония при нагревании. Представлена дериватограмма продуктов взаимодействия ацетата трифенил-метиларсония и тетрабромкупрата (II) калия (рисунок). Как следует из данной дериватограммы, процесс термического распада соединения протекает многоступенчато. Первый эндоэффект, сопровождаемый уменьшением массы, отмечается в температурном интервале 190-400°C. Потеря массы составляет 41,0% (теоретически – 39,1%), что соответствует массе бромида трифенил-метиларсония $[(C_6H_5)_3AsCH_3]Br$. Основанием для этого предположения служит тот факт, что как известно, соли арсония не являются термически стойкими соединениями [6]. Вместе с этим следует учитывать, что энергия связи $As-C_{алиф}$ меньше энергии связи $As-C_{аром}$. Можно предположить, что в данном температурном интервале происходит отделение не соли арсония, а продуктов его распада:

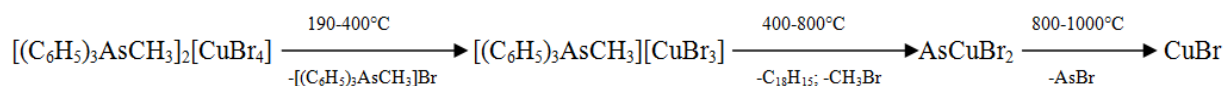


В пользу такого предположения свидетельствует и то, что первый большой эндоэффект в температурном интервале 190-400°C состоит из двух малых эндоэффектов (рисунок), которые нельзя отнести на счёт отделения от бромида трифенил-метиларсония какого-либо определённого составляющего фрагмента.

Второй эндоэффект наблюдается в температурном интервале 800-1000°C. На данной ступени потеря массы составляет 16,6%. Сублимация мышьяка начинается при температуре 612°C, а при температуре свыше 800°C процесс испарения протекает настолько интенсивно, что его можно наблюдать визуально [1]. С другой стороны, в данном температурном интервале протекает распад бромида меди (II):



Можно заключить, что на данном этапе происходит частичное отделение брома и полное отделение мышьяка. Процесс термического разложения тетрабромкупрата (II) трифенил-метиларсония можно представить следующим образом:



ЛИТЕРАТУРА

1. Брауэр Г. Руководство по неорганическому синтезу. -М., Мир, 1985, т. 4, сс. 65-66; 1065-1066; 1086-1088.
2. Malik W. U., Tyagi J. S. Nature of complex ion in solid and solution phases: Cu(I) halides – lithium halides – water and Cu(I) halides – lithium halides – methanol. //Indian J. Chem., Sect. A20, No.12, pp. 1208-1209
3. М. Кикалишвили, Р. Гигаური, Н. Гургенидзе, С. Мольдонато. Синтез и некоторые свойства тетрабромocupратов (II) четвертичных арсониев. /Известия Академии Наук Грузии, 1996, т. 22, №1-4, сс. 14-22.
4. Paulik F., Paulik J., Erdey L. // Talanta Review, 1966, 13, pp. 1405-1406
5. Топор Н. Д., Огородова А. П., Мельчакова Л. В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. -М. МГУ, 1987
6. Фрейдлина Р. Х. Синтетические методы в области металлорганических соединений мышьяка. -М.–Л. Изд. АН СССР, 1945, 180 с.

SUMMARY

THERMOGRAVIMETRIC STUDY OF TRIPHENYLMETHYLARSONIUM TETRABROMO-COPPER (II)

Kikalishvili M.I.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The process of decomposition of arsenic-containing compound $[(C_6H_5)_3AsCH_3]_2[CuBr_4]$ was studied by thermogravimetric analysis. It was revealed that first an organic part separated. The final product of the thermolysis was copper bromide.

Keywords: triphenylmethylarsonium, tetrabromo-copper, thermogravimetric analysis.

**POLYCONDENSATION OF PHENOL AND CARD-TYPE BISPHENOLS WITH
PARAFORM IN THE MELT**

Molodinashvili Z.F.

**Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State
University**

Abstract. A new continuous method of production of novolac-type oligomers by interaction of phenol and Card-Type bisphenols with paraform in the melt in the presence of an acid catalyst was developed. To enhance the heat resistance of the polymers, complex polymers with statistical arrangement of monomers in the macromolecule were synthesized by simultaneous condensation of phenol and Card-Type bisphenols. The softening temperature of co-oligomers increased from 70 °C to 90-180°C.

Keywords: copolymers, polycondensation, phenol, Card-Type bisphenols, paraform.

Since the beginning of the XX century, among thermoreactive polymers, phenolic resins have found wide application in almost all fields of national economy due to their valuable properties. They were produced synthetically by polycondensation though the reaction of phenol with formaldehyde. Alongside with phenol, cresols, xylenols, multiatomic phenols, alcyphenols, multinuclear compounds, e.g. bisphenols, etc. were used as phenolic raw materials [1].

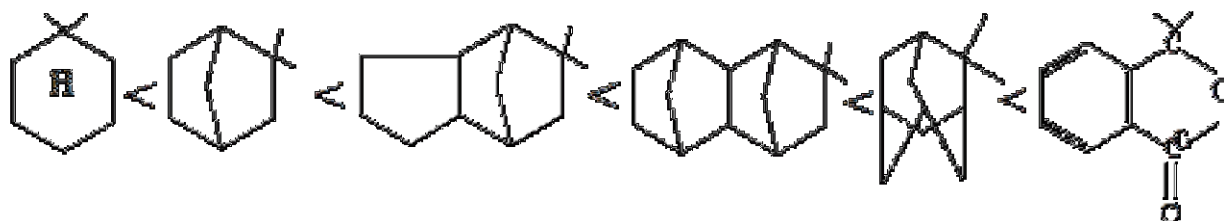
Properties of the complex oligomers based on Card-Type bisphenols, phenol and formaldehyde, and the conditions of their synthesis in the melt in the presence of an acid catalyst

N	Output monomers	Molar ratio of output monomers	Reaction temperature, °C	Duration of the reaction, min	Output, %	Solubility in ethanol	Melting temperature
1	Phenolphthalein:phenol: formaldehyde	0.1 : 0.9 : 1	100	30	81	soluble	160-180
2	1.1-bis(4-β-oxiphenyl) cyclohexane:phenol:formaldehyde	0.1 : 0.9 : 0.9	80	10	88.78	soluble	90-100
3	2.2-bis(4-β-oxiphenyl) norbornylidene:phenol:formaldehyde	0.1 : 0.9 : 0.9	80	10	88.85	soluble	105-110
4	5.5-bis(4-β-oxiphenyl) hexahydro-4,7-methyleneindane-5ylidene:phenol:formaldehyde	0.1 : 0.9 : 0.9	80	10	93.56	soluble	115-120
5	2.2-bis(4-β-oxiphenyl) decahydro-1,4,5,8-dimethylenenaphthylidene:phenol:formaldehyde	0.1 : 0.9 : 0.9	80	10	87.28	soluble	120-125
6	2.2-bis(4-β-oxiphenyl) adamantane:phenol:formaldehyde	0.1 : 0.9 : 0.9	80	10	75.46	insoluble	130-135

Catalyst – 15% HCl in relation to phenol

To enhance the heat resistance of phenol-formaldehyde polymers, we synthesized complex copolymers by simultaneous polycondensation of phenol and Card-Type bisphenols, which contained phthalide, cyclohexane, norbornane, indane, naphthene and adamant Card-Type groups. The conditions of synthesis are given in the Table [2-5].

The introduction of Card-Type bisphenols into the composition of phenol-formaldehyde oligomers increased the softening temperature of co-oligomers from 70 °C to 90-180°C. The oligomers containing phthalate Card-Type groups had the highest softening temperature. If we compare the contributions of the groups with the Card-Type structure to the increase in the softening temperature, we can arrange them in the following row.



The obtained oligomers dissolve in acetone, cyclohexane, dimethylformamide, tricresol, etc. They partially dissolve in ethanol, except the oligomers containing cyclohexane and norbornane cyclic groups, which are characterized by very good solubility in spirit.

Under the action of hexamethylenetetraamide, at 180-200°C the oligomers undergo hardening and transform into spatially-structured resite.

REFERENCES

1. Петров Г.С., Рутовский Б.Н., Лосев И.П. Технология синтетических смол и пластических масс. -М.-Л., Госхимиздат,1946, сс.52-54.
2. Megson N.J.I. Phenolic Resin Chemistry. -New York, Academic Press,1958, pp.40-45.
3. Технология пластических масс (под. ред. В.В.Коршака). -Москва, Химия, 1985, 251 с.
4. А.М. Торопцева, К.В. Белгородская, В.М. Бондаренко. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений . -Ленинград, Химия, 1972, 218 с.
5. Obtaining of phenol-formaldehyde oligomers and polymeric compositions in alloys, plastic materials on their basis, obtaining and properties. Candidate's Thesis, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2006, pp.44-56..

РЕЗЮМЕ

ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ ФЕНОЛА И БИСФЕНОЛОВ КАРДОВОГО ТИПА С ПАРАФОРМОМ В РАСПЛАВЕ

Молодинашвили З.Ф.

Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили, Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

Разработан новый непрерывный метод получения олигомеров типа новолака путем взаимодействия фенола, бисфенолов кардового типа и параформа в расплаве в присутствии кислотного катализатора. Для повышения термостойкости полимеров совместной конденсацией фенола и бисфенолов кардового типа были синтезированы смешанные полимеры со статистическим расположением мономеров в макромолекуле. Температура размягчения со-олигомеров повысилась с 70 °C до 90-180°C.

Ключевые слова: сополимер, поликонденсация, фенол, бисфенолы кардового типа, параформ.

DEVELOPMENT OF A NEW CONTINUOUS METHOD OF PRODUCTION OF THE NOVOLAC OLIGOMER AND THE STUDY ON ITS KINETICS

Molodinashvili Z.F.

Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

Abstract. A new continuous method of production of novolac-type oligomers by interaction of phenol with paraform in the melt in the presence of an acid catalyst was developed. To establish the optimal conditions of the reaction, some kinetic regularities of the process were investigated. It is shown that the reaction is of the second order. The optimal conditions for formation of the oligomer are the following: temperature – 100-120°C; duration of the reaction – 10 min; phenolic component: formaldehyde molar ratio – 1.15:10; amount of the catalyst – 1 % in relation to the phenolic component.

Keywords: novolac, oligomer, phenol, paraform.

Since the beginning of the XX century, among thermoreactive polymers, phenolic resins have gained primary importance and wide application in almost all fields of national economy due to their valuable properties. They were produced synthetically by the reaction of polycondensation. Their formation was based on the interaction between phenol and aldehydes, mainly formaldehyde. Alongside with phenol, cresols, xylenols multiatomic phenols, alcyphenols, multinuclear compounds e.g. bisphenols, etc. were used as phenolic raw materials [1].

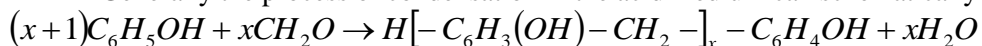
Novolac is usually produced by the reaction between phenol and formaldehyde in water solution, in an acid medium. The process is periodical. Hence it was of interest to develop a continuous method of production of novolac, because, in this case, we could use novolac immediately, without performing additional procedures. Besides, we would eliminate the necessity in the treatment of rinsing water, containing the phenol and formaldehyde that did not enter into the reaction, and polluting the environment. The treatment of rinsing water for removal of phenol, formaldehyde and the acid from it is a serious problem at all operating plants. Another serious problem is the removal of water from obtained novolac, its drying, which is associated with power costs as well [2,3].

For development of the continuous method, we used paraform instead of the water solution of formaldehyde. The reaction proceeded in the melt, with heating up of the paraform-phenol mixture, in the presence of an acid catalyst. The phenol:formaldehyde molar ratio was 1.15:1.0; hydrochloric acid was used as a catalyst (1% in relation to phenol) [4,5].

Under heating paraform undergoes depolymerization, and formed formaldehyde immediately reacts with phenol. The reaction of dipolymerization of paraform can be presented in the following form:



Generally the process of condensation in the acid medium can schematically be depicted as



where $x=4-8$.

As there was no information about the character of the course of the reaction between phenol and paraform in the melt in the literature, as well as for the establishment of optimal conditions of the synthesis of the novolac-type oligomer in the melt, we studied some kinetic regularities of oligomer formation.

For production of the novolac oligomer, the reaction in the melt proceeded over the temperature range from 40 to 120 °C. The phenol:formaldehyde molar ratio was 1.15:1.0. Hydrochloric acid was used as a catalyst (1% of the phenolic component).

The course of the reaction was controlled by changes in the amount of formaldehyde in the reaction mixture. Table 1 gives the changes in the amount of formaldehyde in the reaction area with interaction with phenol at different temperature. When the temperature increased from 40 to 120 °C, after 10 seconds the amount of free formaldehyde in the reaction area decreased as follows: 95.40>92.76>84.05>76.30>70.23; after 1 min: 75.85>58.99>45.00>34.27>28.38; after 10 min: 55.85>27.70>21.24>15.45>11.69. When the process was prolonged at 40°C, after 10 s, 1 min and 10 min, the amount of formaldehyde decreased as follows: 95.40>75.85>55.85; at 60°C:

92.76>58.99>27,70; at 80°C: 84.05>45.00>21.24; at 100°C: 76.30>34.27>15.45; at 120°C: 70.23>28.38>11,69%.

Table 1. Changes in the order of formaldehyde transformation with the reaction between phenol and paraform in the melt with the reaction proceeding over the temperature range from 40 to 120 °C*

Duration of the reaction, s	Amount of formaldehyde that did not enter into the reaction, %				
	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
10	95.40	92.76	84.05	76.30	70.23
20	90.55	81.35	70.96	61.41	54.22
30	86.30	74.16	62.14	51.30	44.11
45	80.90	66.30	53.32	41.02	34.56
60	75.85	58.99	45.00	34.27	28.38
90	67.98	48.88	35.17	25.85	20.79
120	61.24	41.80	29.39	20.79	16.41
240	57.31	35.51	26.07	18.54	16.13
600	55.85	27.70	21.24	15.45	11.69

*Phenol:formaldehyde molar ratio is 1.15:1.0

The order of polymerization of the novolac oligomer formed in the melt is 7-8. As is seen, the amount of formaldehyde that did not enter into the reaction decreases with the increasing duration of the process, though the intensity of decreasing is higher at the initial stage. For instance, when the reaction proceeded at 40 °C, after 10 s the amount of formaldehyde that did not enter into the reaction was 95.40%, after 1 min – 75.85%; after 2 min – 61.24%; after 10 min – 55.85%. At 60°C the amount of free formaldehyde decreased as follows: 92.7>58.99>41.80>27.70, respectively; at 80°C – 84.05>45.00>29.39>21.24, respectively; at 100°C – 76.30>34.27>20.79>15.45, respectively; at 120°C – 70.23>28.38>16.41>11,69%, respectively.

The IR spectroscopic analyses showed that, at the first stage of the reaction, phenolic alcohols were formed, and then they transformed into dioxidiphenylmethane and oligomers.

To control the reaction, we took samples in certain intervals and measured the amount of formaldehyde that did not enter into the reaction. Figure 1 shows the kinetics curves of the reaction of phenol with formaldehyde at different temperature. The investigation showed that, over the temperature range from 40 to 120 °C, the rate constants of the reaction retain their values calculated by the second-order equation. These data are given in Table 2.

Table 2. Some kinetic parameters of the reaction of phenol with formaldehyde over the temperature range from 40 to 120 °C; phenol:formaldehyde molar ratio is 1.15:1.0

Duration of the reaction, s	Reaction rate constant K, 10 ⁻³ l·mol ⁻¹ ·s ⁻¹				
	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
10	0.27	0.43	0.94	1.74	2.38
20	0.29	0.65	1.14	1.76	2.37
30	0.29	0.65	1.14	1.77	2.37
45	0.29	0.65	1.09	1.79	2.36
60	0.29	0.65	1.14	1.79	2.36
90	0.29	0.65	1.15	1.79	2.37
120	0.29	0.65	1.12	1.78	2.38
240	0.17	0.42	0.66	1.02	1.16
600	0.07	0.24	0.34	0.51	0.70
1800	-	0.15	0.18	0.20	0.43

Activation energy E=11.4 kcal/mol

Probability factor, A=1.064 l/mol·s

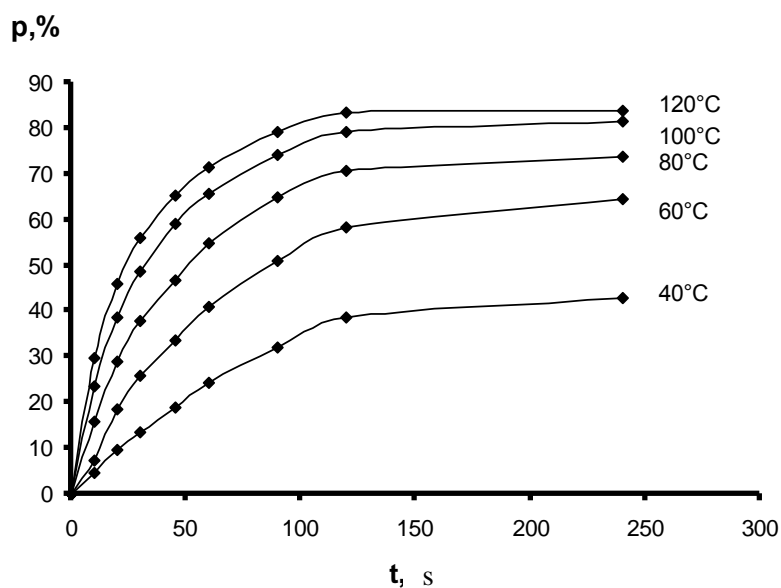


Fig. 1. Kinetic curves of the reaction of phenol with formaldehyde in the presence of a catalyst* at different temperature.

P – transformation order; t – duration of the reaction; *catalyst – 1% HCl in relation to phenol.

The linear dependence of the logarithm of the reaction on the reverse absolute temperature and that of $1/a-x$ on the reaction duration also point to the second order of the reaction. The activation energy of the reaction was equal to 11.4kcal/mol (Figs. 2 and 3).

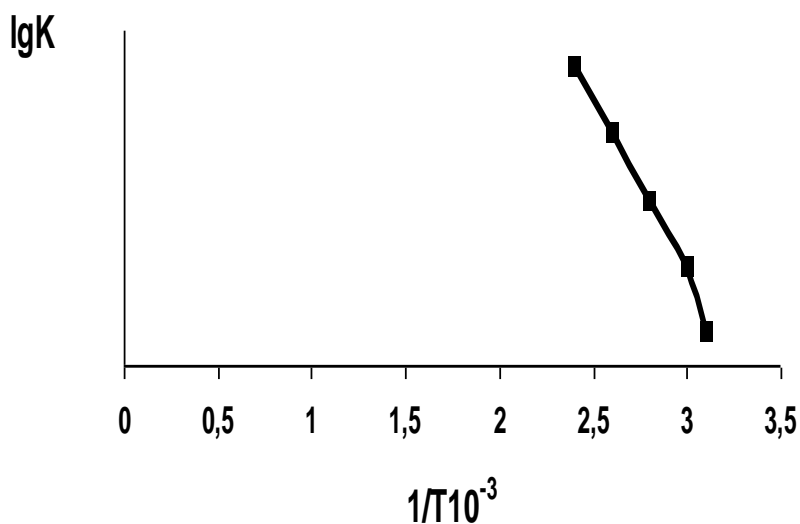


Fig.2. The dependence of $\lg K$ on the reverse absolute temperature during polycondensation of phenol with paraform at 40-120 °C in the presence of a catalyst (1% HCl in relation to phenol)

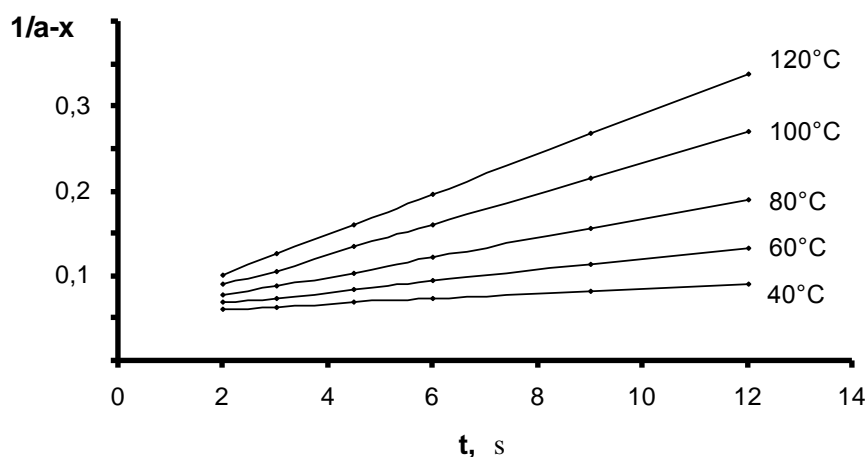


Fig.3. The dependence of $1/a-x$ on the duration of polycondensation of phenol with paraform at different temperature in the presence of a catalyst (1% HCl in relation to phenol)
 a – initial amount of formaldehyde; x – transformation order of formaldehyde

From the kinetic curves of the reaction of phenol with paraform and the data of Table 1, it is obvious that both the temperature and the reaction duration have an impact on the course of the reaction.

From the data given in Table 3, it is seen that the reaction rate increases with the increasing temperature, though it decreases significantly with the increasing reaction duration. When the duration of the reaction increased from 10 to 600 seconds at constant temperature, e.g. 40 °C, the reaction rate decreased from 0.46 to 0.07 g/s, while at 120 °C the transformation order reached a high value after 120 s (Table 1).

When the temperature increased from 40 to 120 °C, the reaction rate constant increased from 0.29 to $2.38 \cdot 10^{-31} \cdot \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$. When the reaction proceeds at higher temperature, a major portion of paraform leaves the reaction area. Hence the maximum temperature of the reaction must not be higher than 120°C.

Table 3. Changes in the reaction rate depending on the temperature and the reaction duration

Duration of the reaction, s	Reaction rate, g/s				
	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
10	0.46	0.72	1.59	2.37	2.97
20	0.47	0.93	1.45	1.92	2.28
30	0.456	0.86	1.26	1.62	1.66
45	0.424	0.74	1.03	1.31	1.45
60	0.40	0.68	0.91	1.09	1.19
90	3.33	0.56	0.72	0.82	0.88
120	0.32	0.48	0.58	0.66	0.69
240	0.17	0.26	0.30	0.33	0.34
600	0.07	0.12	0.13	0.14	0.14
1800	-	0.04	0.04	0.05	0.05

Therefore, the temperature range from 40 to 120°C is optimal for the reaction in the melt. At higher temperature, intense depolymerization of paraform takes place, the released formaldehyde has no chance to react with phenol and gets lost. The optimal duration of the reaction is 10 minutes.

REFERENCES

1. Петров Г.С., Рутовский Б.Н., Лосев И.П. Технология синтетических смол и пластических масс. -М.-Л., Госхимиздат, 1946, сс.52-54.
2. Megson N.J.I. Phenolic Resin Chemistry. -New York, Academic Press, 1958, pp.40-45.
3. Небель Б. Наука об окружающей среде. -М., Мир, Т. 1, 1993, сс. 87-97.
4. А.М. Торопцева, К.В. Белгородская, В.М. Бондаренко. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. -Ленинград, Химия, 1972, 218 с.
5. Obtaining of phenol-formaldehyde oligomers and polymeric compositions in alloys, plastic materials on their basis, obtaining and properties. Candidate's Thesis, Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, 2006, pp.44-56.

РЕЗЮМЕ

РАЗРАБОТКА НЕПРЕРЫВНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ОЛИГОМЕРА НОВОЛАЧНОГО ТИПА, ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ

Молодинашвили З.Ф.

Институт физической и органической химии им. П. Меликишвили, Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

Разработан новый непрерывный метод получения олигомеров новолачного типа взаимодействием фенола и параформа в расплаве в присутствии кислотного катализатора. Для установления оптимальных условий реакции были изучены некоторые кинетические закономерности. Установлено, что реакция второго порядка. Оптимальные условия формирования олигомеров: температура - 40 – 120⁰С; длительность реакции – 10 мин; молярное соотношение фенол:формальдегид составляет 1,15:1,0. Соответственно, количество катализатора – 1% соляной кислоты в отношении к фенольному компоненту.

Ключевые слова: новолак, олигомер, фенол, параформ.

ქვეყნის ღვინის ფიზიკურ-ქიმიურ პარამეტრებზე

მესხიძე მ.ზ., ჩხარტიშვილი ნ.ნ., ჯაყელი კ.თ., ანდრიაძე გ.ტ., ხომასურაძე მ.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტი

ქვეყრებში ღვინის დაყენების წესი (ტექნოლოგია) საქართველოს სხვადასხვა კუთხეში, რიგი მიზეზების გამო სხვადასხვაგვარია. ძველად არსებობდა ქვეყრებში ღვინის დაყენების კახური, ქართლური, იმერული და მესხური წესები. ყველა ის წესი, რომლებსაც სხვადასხვა კუთხეში იცავდნენ რიგი ფაქტორებით იყო გამოწვეული. გათვალისწინებული იყო ადგილობრივი ნიადაგების ტიპები, ადამ-წესები, თავად ყურძნის მოსავლის წელი და მისი ქიმიური შედგენილობა [1,2].

ღვინის დაყენების კახური წესი გულისხმობს ყურძნის, ყურძნის დურდოს მოთავსებას ჭაჭიანად, კლერტის ჩათვლით. დუღილის დასრულების შემდგომ, როცა ქვეყრის თავზე მომდგარი ჭაჭა ჩაიძირება, ქვეყრს პირამდე შეავსებენ, თიხამიწით გოზავენ და სარქველით ხურავენ [3].

იმერული წესის მიხედვით თეთრყურძნიანი ჯიშების შემთხვევაში საწნახელიდან ჩაწურულ ტკბილს ემატება არა ჭაჭის მთლიანი რაოდენობა (კახური წესისაგან განსხვავებით), არამედ მაქსიმუმ ერთი მესამედი ნაწილი. ქართლსა და მესხეთ-ჯავახეთში, ისევე როგორც კახეთსა და იმერეთში ქვეყრებში მიმდინარეობდა არა მხოლოდ ყურძნის ტკბილის, არამედ ჭაჭის ერთ ნაწილთან ერთად მისი დუღილი და ჭაჭაზე მისი დავარგება გარკვეული დროით. უნდა აღინიშნოს რომ ღვინის „უდღოდ“, ანუ უჭაჭოდ ეგრეთწოდებული „ვეროპული წესით“ დაყენება უცხო იყო საქართველოში. საქართველოს ზოგიერთ კუთხეში ასევე ცოდნით რამდენიმე ჯიშის ყურძნის ტკბილისა და ჭაჭის გარკვეული დოზებით შერევა და მათი ქვეყრებში ერთიანად დადუღება [3]. მაგალითად, სოფელ ხიდისთავში იცოდნენ ჩინურის, თავკვერისა და გორული მწვანის შერევა და აღმოსავლეთ საქართველოში განთქმული ღვინის ხიდისთავურის დაყენება. ალექსანდროულისა და მუჯურეთულის შერევით დგებოდა ღვინო „ხვანჭკარა“. ქვეყრის ღვინოდ ითვლებოდა ის ღვინო, რომელიც ჭაჭით თუ უჭაჭოდ, არა მხოლოდ დადუღდა ქვეყრში, არამედ გარკვეული დროით ქვეყრებშივე დავარგდა. შესაძლოა ღვინო ჭაჭაზევე არ დავარგდეს, იგი ჭაჭიდან განცალკევდეს ალკოჰოლური დუღილის დასრულების შემდეგ ან დასრულებამდე. ჭაჭიდან მოხსნილი ღვინო თუ ქვეყრის ღვინოდ მზადდება, ქვეყრსავე უნდა დაუბრუნდეს და არა სხვა ჭურჭელში. ხალხში გავრცელებული აზრით და შესაბამისი ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით ქვეყრი ღვინის დადუღებიდან 6 თვის შემდეგ უნდა გაიხსნას [3,4].

დღეს, ქვეყრის ღვინო კახეთის რეგიონთან და რქაწითელის, კახური მწვანისა და საფერავის ჯიშის ყურძნითან ასოცირდება, არადა, ძველ დროში მევენახეობა და ქვეყრში ღვინის დაყენება საქართველოს ყველა რეგიონში იყო გავრცელებული. როდის უნდა მოშორდეს ღვინოს ჭაჭა, პერსპექტიულია თუ არა დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ენდემური ჯიშების გამოყენება თანამედროვე ბაზრისათვის შესაბამისი მაღალი ხარისხის ქვეყრის ღვინის დასამზადებლად(?) სწორედ ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად, დასავლეთ საქართველოსათვის ტრადიციული ვაზის ჯიშებიდან: ჩხავერი, ოჯალეში, ოცხანური საფერე და ალადასტური დამზადდა ქვეყრის ღვინოები.

ექსპერიმენტის მიზნებიდან გამომდინარე, დასავლეთ საქართველოში შესყიდული ყურძნის სხვადასხვა ჯიშებისაგან ჩვენს მიერ დამზადებული იქნა ქვეყრის ღვინოები „კავკასიის საერთაშორისო უნივერსიტეტის“ კუთვნილ საცდელ/სასწავლო მარანში. ყურძენი დაიწურა და მოთავსდა ქვეყრებში, ჭაჭიანად. საკონტროლოდ აღებულ იქნა იგივე ჯიშის ყურძნის ნიმუშები, რომლებიც, ასევე დაიწურა და ქვეყრებში მოთავსდა ჭაჭიანად. 5 დღის შემდეგ, საკონტროლო ნიმუშები მოიხსნა ჭაჭიდან და ალკოჰოლური დუღილი გააგრძელა ჭაჭის გარეშე. ორივე შემთხვევაში

დუღილი წარიმართა საშუალოდ 20-22°C-ზე. ჭაჭის თანაობისას დუღილი საშუალოდ ერთ კვირაში დასრულდა, ჭაჭის გარეშე დადუღებული ნიმუშების შემთხვევაში, 10 დღეში. ჭაჭაზე ფერმენტირებული ღვინო დაყოფნებული იქნა ჭაჭაზე დუღილის დასრულების შემდეგ. ალკოჰოლური დუღილის შემდეგ, ქვევრები გადაივსო და დაილუქა, ქვევრში ღვინის დაყენების ტრადიციული ტექნოლოგიის თანახმად [3]. ქვევრის გახსნისას ეგალიზირებული იქნა ღვინის ორი ფრაქცია დაწმედილი ღვინო და ჭაჭის გამონაწერი (პრესირების გარეშე). ცალკე იქნა ლოკალიზირებული ჭაჭა რომელიც მაგარი სასმელების დასამზადებლად გამოვიყენეთ. ენოლოგიურ პრაქტიკაში, ხარისხოვანი ღვინოების დასამზადებლად გამოიყენება თვითნადენი და პრესის პირველი ფრაქცია, შესაბამისად დასახული მიზნის მისაღწევად კვლევისათვის გამოყენებული იქნა ეგალიზირებული ორი ფრაქცია - ამოღებული დაწმედილი ღვინო და ჭაჭის გამონაწერი.

ქვევრის ღვინის ფიზიკურ-ქიმიურ პარამეტრებზე ფერმენტაციისას ჭაჭაზე დაყოფნების ხანგძლივობის ხეგავლენის შესწავლის მიზნით, ნიმუშებში ქვევრის დახურვიდან 5 კვირის შემდგომ, ვახისა და ღვინის საერთაშორისო ორგანიზაციის მიერ დადგენილი, ვალიდირებული მეთოდებით განგსაზღვრეთ ამ ტექნოლოგიური ეტაპისათვის მიზანშეწონილად მიჩნეული ხარისხის მაჩვენებელი პარამეტრები. ნიმუშების ლაბორატორიული კვლევა განხორციელდა შპს „ღვინის ლაბორატორიაში“. კვლევის მეთოდები და დარგის მარგულირებელი დოკუმენტებით, ღვინის ძირითადი პარამეტრებისადმი წაყენებული მოთხოვნები წარმოდგენილია ცხრილი 1-ში [5].

ცხრილი 1. ქვევრის ღვინოების ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები

პარამეტრი	ჭაჭაზე ფერმენტირებული ღვინო			ჭაჭაზე 120 საათით ფერმენტირებული ღვინო		
	ალკოჰოლი	ოჯკი	მცხვარი	ალკოჰოლი	ოჯკი	მცხვარი
საერთო ფენოლების მას. კონც., მგ/ლ	1175	2082	2008	1135	1820	1786
დაყვანილი ექსტრაქტის მას. კონც., გ/ლ	36	25,3	29,8	33,2	23	25,1
ღვინოებში ეთანოლის მოც. წილი %.	9,2	10	10,5	9,2	9,9	10,5
დელუცირებული შაქრების მას. კონც. გ/ლ	3,9	1,8	2	3,9	1,9	2,5
ტიტრული მუავების მას. კონც., გ/ლ	6,5	6	5,8	6,5	6,1	6
აქროლადი მუავების მას. კონც., გ/ლ	0,8	0,68	0,6	0,82	0,7	0,6
თავისუფალი SO ₂ ; მგ/ლ	3	5	3	5	5	3
საერთო SO ₂ ; მგ/ლ	37	38	33	40	33	35
რკინა, გ/ლ	2,0	1,0	1,6	2,0	1,0	1,5

ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას, ქართული ყურძნის ჯიშის – ჩხავერისაგან, ქვევრის ღვინის დამზადების მიზანშეწონილობის დადგენის მიზნით, დამზადებული იქნა ღვინო. ჩხავერის ჯიშის ყურძნის ალკოჰოლური დუღილი სრულად განხორციელდა ჭაჭის მონაწილეობით. ქვევრში ჭაჭაზე ფერმენტირებული და 5 კვირის განმავლობაში ჭაჭაზე დაყოფნებული ჩხავერის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები წარმოდგენილია ცხრილი 2-ში.

ცხრილი 2. ჩხავერის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები ჭაჭაზე 5 დღიანი ფერმენტაციის შემდეგ

1	ეთანოლის მოც.წ. %	9,2
2	რედუცირებული შაქრების მასის კონცენტრაცია გ/ლ	3,9
3	ტიტრული მჟავების მ/კ (ღვ. მჟ-ზე გადაანგარიშებით) გ/ლ	6,5
4	აქროლადი მჟავების მ/კ (მმ.მჟ-ზე გადაანგ) გ/ლ	0,82
5	თავისუფალი SO ₂ მ/კ მგ/ლ	5
6	საერთო SO ₂ მ/კ მგ/ლ	40
7	აყვანილი ექსტრაქტის მასის კონცენტრაცია გ/ლ	33,2
8	რკინა მასის კონცენტრაცია გ/ლ	2,0

მიღებული ღვინის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები სრულად შეესაბამება დარგის მარეგულირებელი დოკუმენტი დადგენილ მოთხოვნებს [5]. ორგანოლექტიკური შეფასებით კი მიღებული ღვინო ხასიათდებოდა გამოკვეთილი ჯიშური არომატით, ხილის ტონებითა და ხალისიანი მჟავიანობით.

ამრიგად, შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გაკეთება

ა) ქვევრში ღვინის დამზადებისას, ფერმენტაციის დროს ყურძნის მაგარი ნაწილების მონაწილეობა ამცირებს ალკოჰოლური დუღილის მიმდინარეობის დროის ხანგრძლივობას.

ბ) ქართული ენდემური ყურძნის ჯიშებიდან: „ჩხავერი“, „ოცხანური საფერე“ „ოჯალეში“ და „ალადასტური“ - მიზანშეწონილია ქვევრის ღვინის დამზადება. კონდიციური ყურძნიდან დამზადებული ღვინო შეესაბამება დარგის მარეგულირებელი დოკუმენტით დადგენილ მოთხოვნებს.

გ) ქვევრში ღვინის დადუღებისას ყურძნის მყარი ნაწილების თანაობის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვან ზეგავლენას არ ახდენს ღვინოში ეთანოლის მოცულობით წილზე, რედუცირებული შაქრების მასის კონცენტრაციაზე, ასევე აქროლადი მჟავებისა და ტიტრული მჟავების შემცველობაზე.

დ) ქვევრში ფერმენტაციისას და პოსტ პერფენტიციულ პერიოდში, სითხის ყურძნის მაგარ ნაწილებთან გახანგრძლივებული კონტაქტით ღვინოებში იზრდება საერთო ფენოლების შემცველობა და დაყვანილი ექსტრაქტის მასის კონცენტრაცია.

ე) ქვევრში დაყენებულ ღვინოში დადგენილი რკინის მასის კონცენტრაცია დარგის მარეგულირებელი დოკუმენტით დაგენილ ნორმაზე ბევრად დაბალია.

ლიტერატურა

1. რამიშვილი რ. ქართული ვაზისა და ღვინის ისტორია. –თბილისი, 2001, 240 გვ. http://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/101419/1/Qartuli_Vazisa_Da_Gvinis_Istoria.pdf
2. Grassi. F., Labra M., Imazio S., Spada A., Sgorbati S., Scienza A., Sala F. Evidence of a SecondaryGrapevine Domestication Centre Detected by sssr Analysis. //Theor. Appl.Gen., 2003, vol. 107, pp.1315-1320.
3. ბარისაშვილი გ. ღვინის დაყენება ქვევრში, ქვევრის სიკეთე. -თბილისი, ელკანა, 2012, გვ. 13-25.
4. Fehér J., Lengyel G. Lugasi A. The Cultural History of Wine: Theoretical Background to WineTherapy. //Central European Journal of Medicine, 2007, vol. 2, No. 4, pp. 379-391.
5. საქართველოს 2005 წლის 5 ივნისის კანონი ვაზისა და ღვინის შესახებ №4869 -სსმ I, №21, <http://www.moa.gov.ge/contentimage/kan/3.pdf>

SUMMARY

THE EFFECT OF THE DURATION OF FERMENTATION ON POMACE ON THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE WINE KEPT IN THE KVEVRI
Meskhidze M.Z., Chkhartishvili N.N., Jakeli K.T., Andriadze G.T. and Khomasuridze M.B.
Georgian Technical University
Caucasus International University

The paper deals with the effect of the duration of keeping the pomace in the wine matured in the kvevri. The wine was produced from Georgian grape cultivars Aladasturi, Otskhanuri Sapere and Odzhaleshi by the Kakhetian technology.

Keywords: wine, pomace, fermentation, physicochemical characteristics.

შილდელაშვილი ი.ი., მათიაშვილი შ.ი., ბუიშვილი გ.თ.

იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი

უკვე რამოდენიმე ასწლეულია, რაც ადამიანები ცდილობენ თავი დაიცვან მავნებელი და უხარისხო სასურსათო პროდუქციის მოხმარებისგან. ამ თემაზე საუბრობდნენ თავიანთ ნაწარმოებებში მედიცინის კლასიკოსები - ჰიპოკრატე, ავიცენა, პანენი და სხვა.

სურსათის უვნებლობა ადამიანის სიცოცხლისა და ჯამრთელობის, სურსათით გამოწვეული რისკებისგან დაცვას გულისხმობს, ხოლო სასურსათო უსაფრთხოება საზოგადოების, მოსახლეობის, ცალკეული ჯგუფებისა და ინდივიდების აუცილებელი მატერიალური პირობაა, რომელიც უზრუნველყოფს დემოგრაფიული, ეკონომიკური, პოლიტიკური, კულტურული, ინტელექტუალური განვითარების ფუნქციებსა და შესაძლებლობებს. ამიტომ მოსახლეობის უვნებელი სურსათით სტაბილური უზრუნველყოფა ერთ-ერთ მნიშვნელოვან სახელმწიფოებრივ ამოცანას წარმოადგენს, რომელზედაც დამოკიდებულია ერის ჯამრთელობა. ყურძნის გადამუშავების შედეგად მიიღება ნარჩენის სახით: თეთრი, ვარდისფერი და წითელი ჭაჭა, რომლის გადამუშავება ხდება სპირტის, ღვინომჟავის, წიპწის მისაღებად. ახალი ჭაჭა ისინჯება ორგანოლექტიურად ფერზე, სუნზე, ტენიანობაზე, შაქრიანობასა და სპირტის შემცველობაზე, აგრეთვე ღვინის მჟავის აქროლადი მჟავების რაოდენობაზე, იმისათვის, რომ მივიღოთ მიღებული ჭაჭიდან მაღალხარისხოვანი პროდუქცია საჭიროა მაშინვე მოხდეს ჭაჭის გამოხდა, შემდეგ წიპწის გამოყოფა და ღვინომჟავა მარილების მიღება, ვინაიდან მოკლე დროითაც კი ნაწინების არახელსაყრელი შენახვისას მასში მიმდინარეობს ბიოლოგიური პროცესი, რომლის დროსაც ნაწინებს აქვს ობის, ძმრის სუნი, რაც ნიშანია ძმარმჟავა შემჟავების, სპირტიანობის შემცირების, რომლის ხარისხი დაბალია მასში მეთილის სპირტის დაგროვების გამო, რაც გამოწვეულია პექტინოვანი ნივთიერებების დაშლით, ხოლო ასეთი ნარჩენი პროდუქტის გამოხდის დროს ამ ნივთიერებების კონცენტრაცია ადამიანისთვის საშიშია.

ჩვენს მიზანს შეადგენდა გვენახა რამდენად უვნებელი პროდუქტი იყიდება ბაზარზე. ამისათვის თელავის საკოლმეურნეო ბაზარზე შექმნილი იქნა 1 ლიტრი ჭაჭის არაყი და გავაკეთეთ მისი ანალიზი. ჭაჭიდან სპირტის მისაღებად წვრილ წარმოებებში გამოვიყენეთ მარტივი ზარფუმიანი აპარატები. აპარატის მუშაობა წარმოებს შემდეგნაირად: ჭაჭას ჩატვირთავენ აპარატში, ქვაბს შეუწებენ ცეცხლს, ჭაჭა მალე ცხელდება და იწყება აქროლადი ნივთიერებების: ეთილის სპირტის, მეთილის სპირტის, მქროლავი მჟავიანობის და სხვა აქროლადი კომპონენტების გამოყოფა, ყველა ეს კომპონენტები გაივლის მაცივარში, სითხედ იქცევა და საკონტროლო ფარანით მიემართება შემკრებ ჭურჭელში. მიღებული ჭაჭის ნედლი სპირტი სიმაგრით 50% მოცულობით, ჩაისხმევა პატარა ქვევრში ან თუთისგან, აკაციისგან და მუხისგან დამზადებულ კასრებში და მაშინვე იწყება ბაზარზე მისი გაყიდვა. მოსახლეობა ეტანება დასაღვეად უფრო ჭაჭის არაყს მისი სიაფითა და განსაკუთრებული დათრობის მეტი ეფექტით. ჭაჭის არყის მათრობელა თვისებები განპირობებულია მასში დიდი რაოდენობით უმაღლესი სპირტების არსებობით, რომელიც თიშავს ზურგის ტვინის ნერვიულ სისტემას და ადამიანისთვის დიდი ზიანი მოაქვს. აღნიშნული ჭაჭის არასწორი შენახვის დროს აღვილი აქვს პექტინოვანი ნივთიერებების ჰიდროლიზს, რასაც მოსდევს მეთილის სპირტის დიდი რაოდენობით წარმოქმნა რაც ძლიერი საწამლაია, ადამიანის სისხლში მოხვედრილი მეთილის სპირტი იჟანგება ფორმალდეჰიდამდე, ეს უკანასკნელი კი ჭიანჭველის მჟავამდე და შეუძლია 12 -ის დაზოგიერთი სხვა ჯგუფის ვიტამინების ინაქტივაცია, იგი ორგანიზმში ნელა იშლება - მიღებული დოზის 1/3 კი 4,48 საათის შემდეგაც დაუშლელი რჩება.

ჭაჭის არაყის ანალიზის შედეგად მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრილში.

ჭაჭის არაყის ანალიზის შედეგები

№	პარამეტრის დასახელება	პარამეტრების ფაქტიური მაჩვენებელი	თესტირების მეთოდი / აპარატურა
1	ფაქტ. ალკოჰოლი	48,00% (V/V)	OIV- MA-AS312-01A
2	საერთო შაქარი	0,00 გ/ლ	OIV-AS311-01A
3	მეთანოლი მოც. პროცენტში	1,05%	OIV- MA-AS312-03A
4	ეთილაცეტატი	844,0 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
5	n-პროპანოლი	0,00 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
6	იზო-ბუტანოლი	25,8 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
7	n-ბუტანოლი	0,00 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
8	იზო-ამილი	133,0 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
9	n-ამილი	0,00 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
10	უმადლესი სპირტები (გადაანგარიშებული უწყლო სპირტზე)	1002,8 მგ/ლ	(OIV) MA-E-AS312-03-METHAN
11	აღდგობიანი (უწყლო სპირტში)	37,00 g/hl	გოსტ 30536-97
12	ეთერები (ეთილაცეტატზე გადაანგარიშებით)	244,0 g/hl	გოსტ 30536-97

ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს:

1. მეთილის სპირტის რაოდენობა არის 1,05 %. რაც მიგვანიშნებს იმაზე, რომ აღვლილი აქვს პექტინოვანი ნივთიერებების დაშლას და მეთილის სპირტის ზედმეტი რაოდენობით წარმოქმნას.
2. ეთილაცეტატის რაოდენობა 844 მგ/ლ. რაც გულისხმობს ძმარმჟავა აღდგობის დიდი რაოდენობით დაგროვებას.
3. იზობუტანოლი 25,3 მგ/ლ.
4. იზოამილის სპირტი 133 მგ/ლ.
5. უმადლესი სპირტები 1002,8 მგ/ლ. (ნორმა 0,003%).
6. ეთერები (ეთილაცეტატზე გადაანგარიშებით) 244,0 მგ/ლ.

მიღებული მონაცემების შედარებიდან ჩანს, რომ კახური წესით დაყენებული ღვინის ნარჩენი ჭაჭის გამოხდისას 4-ჯერ იზრდება ყველა სახის კომპონენტი რაც ღვინოშია, აგრეთვე დაუდევრად შენახვისთვის ნარჩენ ჭაჭაში მონაცემები შესაბამისად იზრდება, რაც ადამიანის ორგანიზმზე უარყოფითად მოქმედებს.

ჩვენი კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ:

1. ჭაჭა ღვინიდან განთავისუფლებისთანავე უნდა გამოიხადოს, გამოხდის დროს მოიხსნას თავნახადი და ბოლო ნახადი და გამოყენებული იქნეს შუა ნახადი მისი კასრებში შენახვით.
2. თეთრი ყურძნის გადამუშავების შედეგად მიღებული ტკბილი ჭაჭის ალკოჰოლური დუღილი წარიმართოს 15-18 °C-ზე.
3. იმისათვის, რომ ეთილაცეტატის მეტი რაოდენობა არ აღმოჩნდეს ჭაჭის არაყში, იგი უნდა დავიცვათ ძმარმჟავა ბაქტერიებისაგან და გამოხდის პროცესი წარიმართოს ნორმალურ პირობებში.

ლიტერატურა

1. ქ. ლაფერაშვილი. სურსათის უვნებლობის მეცნიერული საფუძვლები თანამედროვე პრინციპები და სამართლებრივი რეგულირების ზოგადი დებულებები. 2014წ. თბილისი 90 გვ.
2. Энциклопедия виноградарства. Редакция Молдавской Советской Энциклопедии. – Кишинев, 1987, 501с.
3. ნ. მათიაშვილი, შ. მათიაშვილი. ღვინის ხარისხის კონტროლი. –თელავი, 2015, 236 გვ.

SUMMARY

STUDY ON THE SAFETY OF DRINKS BY THE EXAMPLE OF CHACHA VODKA

Shilelashvili I.I., Matiashvili Sh.I. and Buishvili G.T

Jakob Gogebashvili Telavi State University

Stable supply of safe food is one of important governmental objectives which the health of the nation depends on. Hence in this work we aimed to analyze the quality of Chacha vodka sold on the agricultural market by farmers. Chacha vodka is distilled from grain pomace. Based on the results of the analysis we worked out some recommendations on the technology of Chacha vodka:

1. Chaha should be distilled immediately after removal from wine. During the distillation, the first and the last distilled Chacha should be removed, and the middle distilled Chacha should be kept in barrels.
2. The alcoholic fermentation of sweet Chacha obtained in the result of processing of white grapes should proceed at 15-18 °C
3. In order to avoid undersired amount of ethyl acetate in Chacha vodka, we must protect it against acetic acid bacteria and guarantee that the process will proceed under normal conditions.

Keywords: Chacha, vodka, pectin substances, raw alcohol, formaldehyde, deinactivation.

სიცოცხლის მთავარი მოლეკულა რნმ

ჯინჯოლია შ.რ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

სიცოცხლის საყოველთაო განმარტება არ არსებობს. ნობელის პრემიის ლაურეატის გენეტიკოს გ.დ. მელლერის აზრით ყველაზე მეტად მისაღებია NASA-ს (აერონავტიკის და კოსმოსური სივრცის კვლევის ეროვნული სამმართველო ა.შ.შ.) მიერ მოცემული განმარტება „სიცოცხლე თვით შენარჩუნებადი ქიმიური სისტემაა, რომელიც ემორჩილება დარვინისტულ შერჩევას“. სიცოცხლისათვის დამახასიათებელი თვისებებიდან განვიხილოთ ორი მათგანი პირველი მემკვიდრული ინფორმაციის არსებობა. მეორე აქტიურად განხორციელება „მუშაობისა“ რომელიც მიმართულია თვითდაცვისაკენ, ზრდა გამრავლებისაკენ, ენერჯის მიღებაზე.

ყველა ცოცხალი ორგანიზმი ჩამოთვლილ ამოცანებს ახორციელებს სამი კლასის რთული ორგანული ნაერთების დნმ (დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავა) რნმ (რიბონუკლეინის მჟავა) და ცილის დახმარებით. დნმ ახორციელებს მემკვიდრული ინფორმაციის შენახვის ამოცანას. ცილები პასუხისმგებელია მეორე ამოცანის ყველასახის აქტიური „მუშაობის“ შესრულებაზე. ნაერთებს შორის შრომის განაწილება მკაცრად განსაზღვრულია. ცილები არ ინახავენ მემკვიდრულ ინფორმაციას, დნმ არ ახორციელებს აქტიურ სამუშაოს, რნმ უზრუნველყოფს მემკვიდრული ინფორმაციის წაკითხვას. მისი დახმარებით ხორციელდება ცილის სინთეზი, დნმ მოლეკულაში ჩაწერილი „ინსტრუქციის“ შესაბამისად.

ამ სამი რთული მოლეკულიდან რომელი გაჩნდა პირველად დავის საგანია, მეცნიერთა ნაწილის აზრით პირველად გაჩნდა ცილები, ვინაიდან ისინი ასრულებენ ყველა სამუშაოს ცოცხალ უჯრედში, მათ გარეშე სიცოცხლე შეუძლებელია. მაგრამ ცილებს არ შეუძლიათ შეინახონ მემკვიდრული ინფორმაცია. ე.ი. პირველად წარმოიშვა მემკვიდრული ინფორმაციის მატარებელი დნმ. საკითხი გადაუწყვეტელი რჩება, ვინაიდან ცალცალკე არსებობა დნმ-სა ცილის გარეშე და ცილების დნმ-ს გარეშე შეუძლებელია, გამოდის რომ ისინი ერთდროულად წარმოიშვნენ. ეს კი ძნელად წარმოსადგენია. ამ კამათში რნმ აღმოჩნდა „ხედმეტი“ თითქმის დავიწყებული. როგორც ადრე ფიქრობდნენ რნმ-ს არ შეუძლია დახმარების გარეშე ინფორმაციის შენახვა და სამუშაოს შესრულება. აღმოჩნდა რომ მრავალ ვირუსში მემკვიდრული ინფორმაცია შენახულია რნმ სახით, მაგრამ იგი ჩაითვადა კუროსად, გამონაკლისად.

1980 წლის დასაწყისში ტ. ჩეკის და ს. ოლტმანის ლაბორატორიაში (ა.შ.შ.) აღმოჩენილი იქნა რნმ მოლეკულების კატალიზური თვისება. ფერმენტების (ინგ. enzyme) ანალოგიურად რნმ კატალიზატორებს უწოდეს რიბოზიმები (მათი აღმოჩენის გამო ტ. ჩეკს 1989 წელს მიეკუთვნა ნობელის პრემია ქიმიისში). უფრო მეტიც აღმოჩნდა რომ რიბოსომების აქტიური ცენტრები შეიცავენ დიდი რაოდენობით რ-რნმ. ასევე რნმ-ს შეუძლია წარმოშვას ორმაგი ჯაჭვი და მოახდინოს თვითრეპლიცირება [1].

აღმოჩნდა, რომ რნმ-ს შეუძლია შეასრულოს ორივე მთავარი სასიცოცხლო ამოცანა – ინფორმაციის შენახვა და აქტიური მუშაობა. ცხადი გახდა, რომ შესაძლებელია არსებობდა ცოცხალი ორგანიზმი, რომლებსაც არ ჰქონდათ არც ცილა და არც დნმ და ყველა ფუნქციას ასრულებდა რნმ. რნმ შემცველმა ორგანიზმებმა შესაძლებელია მოგვიანებით შეიძინეს ცილები და დნმ, დასაწყისში კი მათ გარეშე არსებობდნენ. ასე წარმოიშვა „რნმ სამყაროს“ თეორია, რომლის საბოლოო ფორმულირება ეკუთვნის უ. გილბერტს (1986წ). რნმ სამყარო ჰიპოთეტური ეტაპია სიცოცხლის გაჩენა დედამიწაზე. სადაც გენეტიკური ინფორმაციის შენახვას და ქიმიური რეაქციების კატალიზს ასრულებენ რნმ ანსამბლები. შემდგომში მათი ასოციაციისაგან წარმოიშვა თანამედროვე გარე არედან მემბრანებით განცალკევებული დნმ-რნმ – ცილოვანი სიცოცხლე.

მეცნიერთა დიდი ნაწილი თეორიას „რნმ სამყარო“ მიიხნევს ბიოლოგიაში თეორიული აზროვნების უკანასკნელი 30 წლის მიღწევად.

თავდაპირველი განჭვრეტითი „რნმ სამყარო“ თეორია სწრაფად ივსება ექსპერიმენტალური მონაცემებით. მეცნიერებმა შეძლეს მიეღოთ რიბოზიმები თითქმის ყველა სასურველი მახასიათებლებით.

თეორიის თანახმად სიცოცხლის დასაწყისში ალბად არსებობდა რიბოზიმები, რომლებიც ახორციელებდნენ რნმ მოლეკულის მატრიცულ სინთეზს (გამრავლებას). ბუნებაში დღეისათვის ასეთი რიბოზიმები არ არის აღმოჩენილი, ხოლო ხელოვნურად შექმნილები მუშაობენ ძალიან ცუდად. სხვადასხვა მეთოდების „ევოლუცია სინჯარაში“ და „გონიერი დიზაინის“ შერწყმით ამერიკელმა მეცნიერებმა დაამზადეს რნმ – პოლიმერაზული აქტიობის რიბოზიმი, რომელსაც შეეძლო 95 ნუკლეოტიდის სიგრძის რნმ მოლეკულის კოპირება. ახალი რიბოზიმის დახმარებით პირველად შესძლეს სხვა რიბოზიმით რნმ ფუნქციური მოლეკულის გამრავლება ცილა ფერმენტის მონაწილეობის გარეშე [2].

ცალკეული ნუკლეოტიდებიდან რნმ მოლეკულების სინთეზირება მეცნიერებმა მოახერხეს, მაგრამ ნუკლეოტიდების მიღება ვერ შეძლეს. ბრიტანელმა მეცნიერებმა შეძლეს ლაბორატორიულ პირობებში მიეღოთ რიბონუკლეოტიდები – ცალკეული სამშენებლო ერთეულები, რომლისგანაც შედგება რნმ მოლეკულა [3]. მეცნიერთა ეს ნაშრომი წარმოადგენდა ძლიერ არგუმენტს „რნმ სამყარო“ თეორიის დასახასიათებლად, რომლის მომხრეებიც თვლიდნენ რომ მოლეკულებმა რომლებმაც მიიყვანა სიცოცხლე წარმოშობამდე სწორედ რნმ იყო.

ბიოლოგები და ქიმიკოსები რომლებიც ცდილობენ ახსნან სიცოცხლის წარმოშობის საიდუმლოება პარალელურად ამუშავებდნენ რამდენიმე შესაძლო სცენარს. ერთ-ერთი შესაძლო სცენარი სიცოცხლის წარმოშობისა არის სავარაუდოდ წარსულში ლიპიდური გარსით შემოსაზღვრული „პროტოუჯრედების“ არსებობა, რომელშიც მიდიოდა რნმ-ის არაფერმენტული მატრიცული სინთეზი (რეპლიკაცია). მაგრამ პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ მაგნიუმის იონები, რომლებიც აკატალიზებენ რნმ-ს რეპლიკაციას შლიან ლიპიდურ მემბრანებს და ხელს უწყობენ ერთჯაჭვიანი რნმ მოლეკულის დაშლას. დ. შესტაკმა და კ. ადამალმა გადალახეს ეს წინააღმდეგობა. არეს დაუმატეს მახელატივებელი აგენტი – ციტრატი. აღმოჩნდა რომ მაგნიუმის იონები ციტრატთან კომპლექსში აკატალიზებს რნმ-ს რეპლიკაციას. მაგრამ არ აზიანებს მემბრანებს. ამ აღმოჩენამ მეცნიერებს საშუალება მისცა შეექმნათ ხელოვნური „პროტოუჯრედები“, რომლის შიგნითაც რნმ სინთეზი მიმდინარეობს ცილოვანი ფერმენტების და რიბოზიმების გარეშე [4].

„რნმ – სამყარო“ თეორიის მრავალ ვერსიაში ვარაუდობენ რომ ევოლუციის განსაზღვრულ ეტაპზე, არსებობდნენ რიბოზიმები რნმ – პოლიმერაზული აქტივობით ე.ი. არსებობდნენ რნმ მოლეკულები, რომლებსაც შეეძლოთ რნმ სხვა მოლეკულების რეპლიკაციის (გამრავლების) კატალიზირება, მსგავსად იმისა, როგორც ამას აკეთებენ ცილა ფერმენტები-პოლიმერაზები. თანამედროვე ცოცხალ ორგანიზმებში, რიბოზიმები რნმ პოლიმერაზული აქტივობით არ გვხვდება. ეს გასაკვირიც არ არის, ისინი ალბათ შეიცვალა უფრო ეფექტური ცილა პოლიმერაზებით. ამიტომ მეცნიერები ცდილობენ მიიღონ ისინი ხელოვნურად სხვადასხვა მეთოდების „ხელოვნური ევოლუციის“ და „გონიერი დიზაინის“ (მიზანმიმართული პროექტირების) მეთოდების შერწყმით. ყველა შესაძლო მოლეკულისათვის უკვე ნაპოვნია რიბოზიმები, რომლებსაც რნმ მატრიცული სინთეზის კატალიზირება შეუძლია (მართალია დაბალი აქტივობით). მატრიცის როლს ასრულებს რნმ ერთმაგი ძაფი, რომელზედაც გააქტიურებული ნუკლეოტიდებით თანდათანობით სინთეზირდება რიბოზიმ-პოლიმერაზებით მიღებული კომპლემენტარული ძაფი. რომელთა შორის უკეთეს შეუძლია 206 ნუკლეოტიდური სიგრძის მატრიცის რეპლიცირება [5].

ცნობილ რიბოზიმ – პოლიმერაზების ნაკლს წარმოადგენს მათი ეფექტურობის ძლიერი დამოკიდებულება მატრიცაზე. ცილოვანი პოლიმერაზებისაგან განსხვავებით მათთვის სულ ერთი არ არის რომელი ნუკლეოტიდი და რა თანმიმდევრობით დგას კოპირებად მატრიციაზე. ამიტომ ყველა მატრიციას არ შეუძლია რეპლიცირებული იყოს მოცემული რიბოზიმით. ამერიკელმა მეცნიერებმა დ. შერპანსკიმ და ჯ. ჯოისმა (ელენ სკრიპსის სახელობის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი) გამოთქვეს მოსაზრება, რომ სიცოცხლის დასაწყისში რნმ მოლეკულების თვითგამრავლებად

კომპლექსებში ასიმეტრიას ადგილი არ ქონდა. რნმ-ის მარჯვენა და მარცხენა მოლეკულებს შეეძლოთ კოპერირება რომ გაემრავლებინათ ერთმანეთი [6].

მეცნიერებმა გამოაცხადეს რომ სიცოცხლე დედამიწაზე შეიძლება. წარმოშობილიყო რამდენიმე მარტივი ნაერთიდან, რომლებმაც შექმნეს ბიომოლეკულების სამი ძირითადი კლასი. ნუკლეინის მუკავები (რნმ და დნმ) ამინომუკავები და ლიპიდები ბრიტანელმა ქიმიკოსებმა დ. საზერლენდმა და მისმა კოლეგებმა ჯერ კიდევ 2009 წელს წარმოადგინეს ძლიერი არგუმენტი „რნმ სამყაროს“ თეორიის სასარგებლოდ, რომ პირველი ბიომოლეკულა იყო რნმ, რომელიც არა მარტო ინახავდა გენეტიკურ ინფორმაციას, არამედ ასრულებდა კატალიზატორის როლს სხვა საჭირო რეაქციებისათვის, საზერლენდის აზრით რნმ-ის ოთხი ნუკლეოტიდიდან ორი შეიძლება წარმოიშვას დამოუკიდებლად იმ რეაქციების შედეგად რომელშიც მონაწილეობდნენ აცეტილენი და ფორმალდეჰიდი [7].

საზერლენდმა აჩვენა, რომ რნმ-ისაკენ გზა შეიძლება გავლილიყო უფრო მარტივი ნივთიერებებით. მეცნიერებმა შეძლეს ციანწყალბადის (NCN), გოგირდწყალბადის (N₂S), ულტრაიისფერი გამოსხივებით დამუშავების საფუძველზე შეექმნათ ნუკლეინის მუკავების პრეკურსორები (ნივთიერებები რომლებიც მონაწილეობენ რეაქციებში რომლებსაც მივყავართ მიზნობრივი ნივთიერება „გორდონის“ წარმოშობამდე). ასევე გაირკვა, რომ ნედლეული ბუნებრივი ამინომუკავებისათვის და ლიპიდებისათვის წარმოიშობა მსგავს პირობებში, ასე ამგვარად ქიმიური რეაქციების ერთდაიგივე ჯგუფმა შეიძლება წარმოიშვას ერთდროულად სიცოცხლისათვის საჭირო ყველა ძირითადი სტრუქტურული ელემენტი [8].

ა.შ.შ. ნიუ-იორკის შტატის კორნელის უნივერსიტეტის მეცნიერებმა შეძლეს ახალი ტიპის სიცოცხლის ფორმის შექმნა, რომლის სიცოცხლის უნარი დაფუძნებული არის არა თხევად წყალზე და ჟანგბადზე, არამედ მეთანზე. რომლებსაც ამ გზით შეუძლიათ ნივთიერებათა მიმოცვლა და თვითწარმოშობა. აღნიშნული მოდელი შეიძლება საფუძველი გახდეს სიცოცხლის რთული ფორმებისათვის [9].

ლიტერატურა

1. Чек Томас Р. РНК-Фермент. // В мире науки 1987, №1.
2. A.Wochner. J.Attwater.A.Coulson.P.Holliker. Ribozyme-Catalyzed Transcriptin of an Active Ribozyme. //Science, 2011, v.332, pp. 209-212.
3. W. Powner.B.Gerland J.Sutherland. Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible conditions: Abstract. //Nature, 2009.
4. K. Adamala J.Szosstak. Nonenzymatic Template-Directed RNA Synthesis Inside Model Protocells. //Science, 2013, v.342, pp.1098-1100.
5. J. Attwated et al. In-ice evolution of RNA polymerase ribozyme activity. //Nature Chemistry, 2013.
6. J.T.Sczepanski. G.F.Joyce. A crose-chiral RNA polymerase ribozyme. //Nature, published online, 29 October, 2014.
7. M. Powner. B.Gerland. J.Sutherland. Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible condition. // Nature, 2009, v.459, pp.239-242.
8. B. Patel .C.Rerciville J. Sutherland et al. Common origins of RNA protein and lipid precursors ina cyanosulfidic protometabolism. //Nature Chemistry, 2015.
9. WWW news. Cornell. Edu .2015.Life not as we know it possible on Saturn’s moon Titan.

SUMMARY

THE MAIN MOLECULE OF LIFE – RNA

Jinjolia Sh. R.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper dwells on the “RNA world”, a hypothetical stage of the origin of life on the Earth, where the genetic information is stored and the catalysis of chemical reactions is performed by the RNA ensembles. There are considered the experimental data and assumptions on the role of the main molecule of life – RNA in the origin of life, which have been obtained by researchers over the period of the last fifteen years.

Keywords: RNA, main molecule of life, origin of life.

რიბოსომების ევოლუცია

ჯინჯოლია შ.რ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

ცოცხალმა ორგანიზმებმა ევოლუციის გარკვეულ ეტაპზე შეიძინეს რამდენიმე მნიშვნელოვანი თვისება. მათ შორის ერთერთი მთავარი არის ამინომჟავური პოლიმერების – დასაწყისისათვის მოკლე პეპტიდების, შემდეგ გრძელი ცილების სინთეზირება. ცილის სინთეზირების საკითხში გარკვევისათვის, ახლოს უნდა გავეცნოთ რიბოსომებს – რთულ მოლეკულურ სტრუქტურებს, რომლის დახმარებითაც სინთეზირდება ცილები თანამედროვე ცოცხალ უჯრედებში.

რიბოსომები – რთული მოლეკულური კომპლექსებია, რომლებიც შედგება რიბოსომული რიბონუკლეინის მჟავებისაგან (რ-რნმ) და ცილებისაგან. რიბოსომები თამაშობენ საკვანძო როლს ტრანსლიაციაში – ცილის სინთეზში, მატრაციული რნმ (მ-რნმ) მოლეკულაში, გენეტიკური კოდის დახმარებით ჩაწერილი ინსტრუქციის მიხედვით.

რიბოსომები ცოცხალ სისტემებში დაწყებული ბაქტერიებიდან ადამიანის ჩათვლით მსგავსი აგებულებისაა. ალბათ ეს ნიშნავს რომ რიბოსომები არსებობდნენ სიცოცხლის ყველა თანამედროვე ფორმების საერთო წინაპრებში.

რიბოსომები შედგება ორი დიდი (მთავარი) და პატარა (დამხმარე) სუბერთეულისაგან. ორივე სუბერთეულის საფუძველს წარმოადგენს რიბოსომული რნმ (რ-რნმ) მოლეკულები, რომელსაც გარედან აკრავს რიბოსომული ცილების მოლეკულები.

დღეისათვის აღიარებული „რნმ სამყარო“ თეორიის თანახმად სიცოცხლის განვითარების ადრეულ ეტაპზე ყველა ძირითად ფუნქციას რომელსაც დღეისათვის ასრულებს ცილები ხორციელდებოდა რნმ მოლეკულების მიერ. ცილის სისტემის წარმოშობა საკვანძო მოვლენა გახდა „რნმ სამყარო“-დან ჩვენთვის ნაცნობ „ცილის სამყარო“-ზე გადასვლისას, ვინაიდან რიბოსომები წარმოადგენენ ამ სისტემის ცენტრალური კომპონენტს, მათი წარმოშობის საკითხის გარკვევა აუცილებელია რომ გავიგოთ თუ როგორ გარდაიქმნა რნმ შემცველი სისტემები პირველ პროკარიოტულ უჯრედად.

დღემდე მრავალ მეცნიერს მიაჩნდა რომ რიბოსომების წარმოშობის საფუძველების ახსნა შეუძლებელია, ვინაიდან ბუნებაში არ დარჩა „გარდამავალი რგოლი“ უფრო მარტივი მოლეკულური კომპლექსებისა, რომლებიც შეიძლება ჩათვლილიყო რიბოსომების „წინაპრებად“, მაგრამ კანადელმა ბიოქიმიკოსებმა მონრეალის უნივერსიტეტის ბიოქიმიის დეპარტამენტიდან მონახეს ამ საიდუმლოების გასაღები, თანამედროვე ორგანიზმების რიბოსომების სტრუქტურაში.

მათ ყურადღება მიაქციეს თანამედროვე ბაქტერიის (*Escherichia coli*) რიბოსომის მთავარ ნაწილს – 23 S რნმ მოლეკულას რომელიც საფუძველია რიბოსომის დიდი სუბერთეულისა. ეს მოლეკულა საკმაოდ დიდია. იგი შედგება თითქმის 3000 ნუკლეოტიდისაგან, იგი დახვეულია გორგლად, ამ გორგლის მარყუქები გამოშვებული და სტრუქტურის სხვა ელემენტები უზრუნველყოფენ სხვადასხვა ფუნქციის შესრულებას: რიბოსომულ ცილებთან კავშირს, მცირე სუბერთეულთან დაკავშირებას საჭირო პოზიციაში, ტრანსპორტული რნმ (ტ-რნმ) მიერთებას და დაკავებას, რომლებსაც თავის „კუდებზე“ (ცვა-3' დაბოლოებაზე) მიმაგრებული აქვთ ცილის სინთეზისათვის საჭირო ამინომჟავები.

ცნობილია, რომ რიბოსომული ცილები ასრულებენ დამხმარე როლს. ისინი რიბოსომებს ანიჭებენ სტაბილურობას. ამადლებს მათ ეფექტურ მუშაობას. ყველა მთავარ მოქმედებას ცილის სინთეზში ასრულებს რიბოსომულ რნმ. ეს ნიშნავს რომ თავდაპირველად რიბოსომები შედგებოდა მხოლოდ რ-რნმ-ისაგან, ცილები დაემატა მოგვიანებით. ყველაზე მთავარი ეტაპი ტრანსლიაციის – ამინომჟავების მიმატება სინთეზირებად ცილის მოლეკულებთან (ტრანსპეპტიდაციის რეაქცია) – ხორციელდება 23S რ-რნმ მოლეკულებით, ამიტომ ლოგიკურია ვივარაუდოდ რომ ყველაფერი დაიწყო სწორედ ამ მოლეკულებიდან. 23S რ-რნმ მოლეკულა საკმაოდ დიდი და

რთულია. იგი ალბათ წარმოიშვა უფრო მარტივი წინამორბედი მოლეკულებისაგან თანდათანობითი ევოლუციის შედეგად. ე.ი. ახალი ფრაგმენტების თანდათანობით დამატებით.

დაასაბუთებულია, რომ 23S რ-რნმ მოლეკულა შედგება ექვსი ძირითადი სტრუქტურული ნაწილისაგან ანუ დომენისაგან, თითოეული მათგანი შედგება უფრო პატარა ერთეულებისაგან. მოლეკულების სამგანზომილებიანი სტრუქტურის მთლიანობა შენარჩუნებულია ნაწილებს შორის სხვადასხვა ტიპის (ძირითადად წყალბადური) კავშირებით. მოლეკულის ზოგიერთი ნაწილი დახვეულია ორმაგ სპირალად კომპლემენტარობის პრინციპის საფუძველზე. მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ეგრეთწოდებული „ა-მინორული“ კავშირები. „ა-მინორული“ კავშირები წარმოშობილია ერთმანეთთან თანდათანობით დაკავშირებული რამდენიმე ადენოზინით (ა) მოლეკულის ერთ ნაწილში და ორმაგ სპირალში მის სხვა ნაწილში.

23S რ-რნმ სტრუქტურის კვლევისას ყურადღება მიექცა იმ ფაქტს, რომ ორმაგი სპირალები და მათგან წარმოშობილი „ა-მინორული“ კავშირები, ადენოზინების ჯგუფებისა (*adenosin stacks*) განლაგებულია ექვსივე დომენში ქაოტურად, ერთის მეხუთე დომენის გამოკლებით, რომელშიც შეიმჩნევა ორმაგი სპირალის თავმოყრა, რომელშიც პრაქტიკულად არ არის ადენოზური თავმოყრები. მეხუთე დომენში წარმოშობილი ა-მინორული კავშირები არის ერთმიმართულებიანი ამ დაკვირვებამ ავტორები მიიყვანა იმ აზრამდე რომ 23S რ-რნმ მოლეკულის ევოლუცია შეიძლება დაწყებულია მეხუთე დომენიდან ანდა მის რომელიმე ნაწილიდან. სწორედ, მეხუთე დომენი ასრულებს გადამწყვეტ როლს ტრანსსპეკტიდაციაში. ის იკავებს ტ-რნმ-ის მოლეკულების ცვა კუდებს სწორ პოზიციაში (რომლებმაც მოიტანა წინამორბედი ამინომჟავა შესაკავშირებლად სინთეზირებად ცილასთან). სწორედ 23S რ-რნმ მეხუთე დომენი უზრუნველყოფს ახალი ამინომჟავის მიახლოებას წინა მორბედთან, რომელიც უკვე მიერთებულია ცილასთან და აკატალიზებს ამინომჟავების დაკავშირებას ცილებთან. ამ ფაქტის აღმოჩენის შემდეგ მკვლევარები გადავიდნენ 23S რ-რნმ სტრუქტურის უფრო დეტალურ ანალიზზე მათ დაშალეს 23S რ-რნმ მოლეკულა 60 დამოუკიდებელ სტრუქტურულ ბლოკად და დეტალურად გაანალიზეს მათ შორის კავშირების ხასიათი და შეეცადნენ აეხსნათ ექვემდებარებიან თუ არა ისინი აგებას და დაშლას დეტალების დაზიანების გარეშე. აღმოჩნდა რომ, მოლეკულა შეიძლება თანდათანობით დაიშალოს და არ დააზიანოს დარჩენილი ბლოკები. თავდაპირველად გამოყვეს 19, შემდეგ 11, 9, 5, 3, 3, 2, 2, შემდეგ კიდევ სამი ბლოკი ცალცალკე თითოეულ ერთეულზე. რის შედეგადაც დარჩა მოლეკულის პატარა ფრაგმენტი რომელიც საერთო მასის 7% იყო, სწორედ ეს დაუშლელი ფრაგმენტი წარმოადგენს მეხუთე დომენის ნაწილს, რომელიც შეიცავს კატალიზურ ცენტრს და პასუხისმგებელია ტრანსსპეკტიდაციაზე. (პეპტიდილ-ტრანსფერაზული ცენტრი პ.ტ.ც. (*peptidyl-transferase centre*)). საწყისი ფუნქციონალური მოლეკულა – „პროტორიბოსომისა“ რომლიდანაც დაიწყო რიბოსომის ევოლუცია, ალბად იყო პეპტიდილტრანსფერაზული ცენტრი (პტც), 23S რ-რნმ მოლეკულის მეხუთე დომენისა. თვითონ პტც. შედგება ორი სიმეტრიული „ფრთისაგან“ თითოეული „ფრთა“ იკავებს ცვა კუდს ტ-რნმ-ს ერთი მოლეკულისა. ლოგიკურია მსჯელობა რომ ასეთი სტრუქტურა წარმოიშვა საწყისი ფრთის დუბლიკაციის (გაორმაგების შედეგად).

მკვლევარებმა დეტალურად მოახდინეს ევოლუციის თანმიმდევრული სავარაუდო რეკონსტრუირება. 23S რ-რნმ მოლეკულის პირველი რვა დამატებითი ბლოკი მიუერთეს პროტორიბოსომას ისე, რომ წარმოშვა „მასიური საფუძველი“. რის შედეგადაც პროტორიბოსომის სტრუქტურა გახდა უფრო სტაბილური. მომდევნო 12 ბლოკმა კიდევ უფრო გაამყარა და გააფართოვა ეს საფუძველი. ახალმა ბლოკებმა წარმოშვეს კონტაქტის ზედაპირი რ-რნმ მცირე სუბერთეულებთან რამაც შესაძლებლობა მისცა შესულიყო ისინი რიბოსომის შემადგენლობაში. დანარჩენი ბლოკების დამატებამ წარმოშვა გამონაზარდები (*protuberances*) დიდი სუბერთეულების ზედაპირზე ამ გამონაზარდების ფუნქცია მდგომარეობს იმაში რომ ისინი ეხამრება რიბოსომებს აირჩიოს სწორედ ის ტ-რნმ რომელიც ატარებს საჭირო ამინომჟავას. ასევე გამოუშვას რიბოსომიდან დამუშავებული ტ-რნმ. ე.ი. საბოლოოდ პროტო-

რიბოსომა აღმოჩნდა შემოსაზღვრული სხვა ბლოკებით ყველა მხრიდან იმ არხის გამოკლებით, რომელიც დატოვებული იქნა ცილის ჯაჭვის გამოსასვლელად. მეცნიერებმა დაასაბუთეს რომ 23S რ-რნმ მიუხედავად სირთულისა აგებულია მარტივ პრინციპზე. მისი ბლოკური სტრუქტურა მეტყველებს იმაზე რომ იგი შეიძლება საკმაოდ სწრაფად განვითარებულიყო ევოლუციის მანძილზე პროტორიბოსომებისაგან მუტაციებისა და გადარჩევის შედეგად.

სავარაუდოა, რომ „რნმ სამყარო“-დან „ცილის სამყაროში“ გადასვლა შესაძლებელი გახდა მას შემდეგ რაც რნმ ორგანიზმებმა შეძლეს ცილის სინთეზი იმ სიზუსტით რომ ზოგიერთი ამ ცილებიდან გამოყენებული ყოფილიყო რიბოსომების განმტკიცებისა და სრულყოფისათვის. დანარჩენი ცილები რომლებიც კონტაქტირებენ რიბოსომებთან სტაბილურობის შესანარჩუნებლად ალბათ დაემატნენ რიბოსომებს უკვე „ცილის სამყარო“ წარმოშობის შემდეგ [1,2].

რ. რუტ-ბერნსტეინმა (მიჩაგანის უნივერსიტეტი) და მ. რუტ-ბერნსტეინმა (ოქსფორდის უნივერსიტეტი) ბიოინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენებით რიბოსომული რნმ-ის თანმიმდევრობის შესწავლისას დაადგინეს, რომ რნმ არ ასრულებს მხოლოდ სტრუქტურულ და არაინფორმაციული ფუნქციას. რ-რნმ თანმიმდევრობაში ნახეს ტ-რნმ და ყველა 20 ამინომჟავების რუდიმენტები და კვალი რიბოსომული ცილებისა და ფერმენტების კოდირებისა, რომელიც საჭიროა ცილის სინთეზისათვის და ენერგეტიკული მომარაგებისათვის. ამის საფუძველზე ივარაუდეს რომ რიბოსომები ან მისი წინამორბედები შეიძლება იყვნენ შუალედური ეტაპი „რნმ სამყარო“-სა და უჯრედულ სიცოცხლეს შორის [3].

ლიტერატურა

1. А. Марков. „Рождение сложности“ CORPUS, Изд. „Астрель“ 2010.
2. K.Bokov, S.V.Steinberg. A hierarchical model for evolution of 23S ribosomal RNA. //Nature, 2009, v.457, pp. 977-980.
3. Meredith Root-Bernstein, Robert Root-Bernstein. The ribosome as a missing link in the evolution of life //Journal of Theoretical Biology, 21, 2015, v.367, pp.130-158.

SUMMARY

EVOLUTION OF RIBOSOMES

Jinjolia Sh.R.

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

The paper dwells on the issue of ribosome evolution. There are discussed the results of studying the main ribosome part 23S-RNA of a bacterium (*Escherichia coli*) carried out by Canadian biochemists. These results justify that, during the period of evolution, ribosomes could rapidly develop from protoribosomes. There are given the M and R, and the results obtained by the Root-Bernsteins through the use of bio-information technologies, and the assumption that ribosomes and their precursors may represent a buffer stage between the “RNA world” and cellular life.

Keywords: ribosomes, evolution, protoribosomes.

ნოდარ ჩხეიძე-75



75 წელი შეუსრულდა ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორს, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსს და უკრაინის გამომშენებელი მეცნიერების აკადემიის ნამდვილ წევრს, მემბრანული ტექნოლოგიის მეცნიერების ფუძემდებელს საქართველოში, ნოდარ ჩხეიძეს.

ნიკოლაევის გამომშენებელი ინსტიტუტის (უკრაინა) დამთავრების შემდეგ 1969 წელს იგი მიაღწინეს სსრკ საგარეო ვაჭრობის სამინისტროში ექსპორტული პროდუქციის მთავარ სამმართველოში.

1972 წელს მოსკოვში ბატონმა ნოდარმა გაიცნო ცნობილი მეცნიერი, საბჭოთა კავშირის სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი, საბჭოთა კავშირის მთავარი ქიმიკოსი, ქიმიურად აქტიური პოლიმერების სინთეზისა და

კვლევის ფუძემდებელი საბჭოთა კავშირში, კირილე სალდაძე. მასთან შეხვედრებმა და კონსულტაციებმა განსაზღვრეს მომავალი მეცნიერის კვლევის სფერო.

კირილე სალდაძის მონღომებით და რეკომენდაციებით ბათუმში 1972 წლის ბოლოს ჩამოყალიბდა მოსკოვის პლასტიკური მასების კვლევითი ინსტიტუტის განყოფილება, რომლის ხელმძღვანელობა დაევალია ნოდარ ჩხეიძეს. განყოფილების ძირითადი ამოცანები იყო ქიმიურად აქტიური პოლიმერებისგან შექმნილი აპარატებისა და პროცესების გამოყენება სპეცტექნიკაში, ამიტომაც იგი ჩამოყალიბდა მკაცრად საიდუმლო ორგანიზაციად. განყოფილების ბაზაზე ჩამოყალიბდა მემბრანული ტექნოლოგიების სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი, რომელსაც ნოდარ ჩხეიძე ხელმძღვანელობდა 1997 წლამდე.

ბატონი ნოდარის მიერ ჩატარებული ფუნდამენტური ჰიდროდინამიკური კვლევები საერთაშორისო მნიშვნელობისა იყო. მან პირველმა შეისწავლა მცირე სისქის (0,2 - 0,9 მმ) ბრტყელ და ფართე (10 მმ და მეტი) არხებში სითხეების ტურბულენტური მოძრაობის სტრუქტურა და მათი გავლენა მასის მიმოცვლის პროცესებზე სასაზღვრო ფენებში, რომელიც აღწერა დიფერენციალური განტოლების ინტერვალური ფორმით. ბატონი ნოდარის კვლევებზე დაყრდნობით შეიქმნა სპეციალური ელექტროდიალიზური აპარატები, რომლებიც ბევრად უკეთესი იყო მაშინდელ მსოფლიოში არსებულ ანალოგებზე.

პირველად საბჭოთა კავშირში 1974 წელს ბათუმის სტენდებზე გამოიცადა ცენტრალურ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტ „კომპასთან“ ერთად შექმნილი მემბრანული უკუოსმოსური აპარატები „ცვარი 1“ და „ცვარი 2“.

ნოდარ ჩხეიძის უშუალო ხელმძღვანელობით მაღალი ტექნოლოგიების გამოყენებით, შეიქმნა სპეციალური მოდიფიცირებული სორბენტები და მოწყობილობები ზღვის წყლიდან სელექტიურად რუბიდიუმისა და ურანის მარილების ამოღებისა. დამუშავდა სასმელი წყლის კონდიცირებისათვის სპეციალური ბრომ და ბრომ-ბორ სელექტიული სორბენტები.

ამ პერიოდში შეიქმნა ბაქტერიციდული სორბენტები და კომპაქტური (ჯიბის) მოწყობილობა სასმელი წყლის გაუსნებოვნებისათვის, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი არის ნებისმიერი ბაქტერიალურად დასერილი (გარდა შავი ჭირის ბაქტერიის) წყლის სასმელად გამოყენება.

ნ. ჩხეიძის გამოკვლევები საფუძვლად დაედო ხანგრძლივი გამოყენების დახურულ სივრცეში ადამიანის სიცოცხლის უზრუნველსაყოფად ნახმარი წყლების რეგენარაციის აპარატების შექმნას, დამუშავდა აპარატები და პროცესები ზესუფთა წყლების მისაღებად.

ბატონი ნ. ჩხეიძის მონაწილეობით მიმდინარეობდა კვლევები: წყლის მაგნიტური, ინფორმატიული, ე.წ. ცოცხალი და მკვდარი წყლების მიღება და მათი თვისებების შესწავლა.

ინსტიტუტში შეიქმნა ელექტროდიალიზური აპარატები, რომლებიც დღესაც გამოიყენება უწყლო და მცირეწყლიან რეგიონებში 4 - 5 მილიონი მცხოვრების სასმელი წყლით მომარაგებისათვის; 1993 წელს ჩატარდა მნიშვნელოვანი სამუშაოები, ბორჯომისა და ნაბეღლავის წყლებიდან მიღებულ იქნა ნატურალური ფხვნილი, რასაც მრავალი წლები უშედეგოდ ცდილობდნენ სხვა სამეცნიერო ლაბორატორიები.

1997 წლიდან ნოდარ ჩხეიძე სამუშაოდ გადადის თბილისში სამეცნიერო-კვლევით ცენტრ „მემბრანა“-ში, სადაც წარმატებით აგრძელებს მუშაობას მემბრანულ სორბციული ტექნოლოგიების გამოყენებით რადიაციული წყლების გაწმენდა-დაკონცენტრირების ე.წ. რადიაციულად დასვრილი, სველი ფხვნილის მისაღებად.

კოლეგებთან ერთად მან შეიმუშავა ცხელი გოგირდწაღბადშემცველი წყლებიდან ჰიდროდინამიკური კავიტაციის გამოყენებით აგრესიული გოგირდწყაღბადის მოშორების ტექნოლოგია და აპარატურა, რაც ასეთი ცხელი წყლების გამოყენების საშუალებას იძლევა.

2003-2009 წლებში ბატონი ნოდარ ჩხეიძე პარალელურად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალმომარგებისა და წყალარიერების კათედრაზე პროფესორია.

ნოდარ ჩხეიძე ავტორია 120-მდე სამეცნიერო შრომის, მონაწილეობდა სხვადასხვა საერთაშორისო სამეცნიერო კონგრესებსა და კონფერენციებში, არის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროფესორ-ემერიტუსი, იგი არის სამეცნიერო ჟურნალის „ჰიდროინჟინერია“ სარედაქციო კოლეგიის წევრი, 2014 წელს მიენიჭა „წლის ეკოლოგის“ წოდება.

2004 წელს ნოდარ ჩხეიძემ კოლეგებთან ერთად შეიმუშავა საქართველოში წყლის ინდუსტრიის განვითარების კონცეფცია.

ბატონი ნოდარი ცდილობს გააგრძელოს თავისი კვლევების პრაქტიკული გამოყენება საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, რაც სასიკეთოდ წაადგება ქვეყანას. მაგალითად, სელექტიური სორბენტების შექმნა ფტორისა და ბარიუმის იონების მიმართ, რომელთა გამოყენება ზანავისა და ბორჯომის მინერალურ წყლებში მათ რაოდენობას 5-30-ჯერ შეამცირებს – ზღვრულ დასაშვებ ნორმამდე. რაჭაში არსენიუმით (დარიშხანით) დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების გაწმენდა მემბრანულ-სორბციული მეთოდით. ზღვის ნაპირების ნგრევის ჰიდროდინამიკული პროცესები, ტალღის ენერჯის ჩამხშობი ჰიდროდინამიკული მოწყობილობები და სხვ.

ბატონი ნოდარ ჩხეიძე აქტიურად თანამშრომლობს საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ჰიდროინჟინერიის განყოფილებასთან.

ვულოცავთ ბატონ ნოდარს დაბადებიდან 75-ე წლისთავს, ვუსურვებთ ჯანმრთელობას, დიდხანს სიცოცხლეს და წარმატებულ შემოქმედებით და შრომით საქმიანობას ჩვენი ქვეყნისა და მეცნიერების წინსვლისათვის.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“-ს რედაქცია*