

ISSN 0130-7061

Index 76127

მეცნიერება და ტექნოლოგიები

სამეცნიერო რეზიუმირებადი ჟურნალი

SCIENCE AND TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC REVIEWED MAGAZINE

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНЫЙ РЕФЕРИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

№3(720)

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2016

გამოდის 1949 წლის
იანვრიდან,
განახლდა 2013 წელს.

**მეცნიერება და
ტექნოლოგიები**

№3(720), 2015 წ.

დამფუძნებლები:

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია
მეცნიერების ისტორიის საქართველოს საზოგადოება

CONSTITUENTS:

Georgian National Academy of Sciences
Georgian Technical University
Georgian Engineering Academy
Georgian Academy of Agricultural Sciences
Georgian Society for the History of Science

УЧРЕДИТЕЛИ:

Национальная академия наук Грузии
Грузинский технический университет
Инженерная академия Грузии
Академия сельскохозяйственных наук Грузии
Грузинское общество истории наук

სარედაქციო კოლეგია:

ა. ფრანგიშვილი (თავმჯდომარე), ი. გორგიძე (თავმჯდომარის მოადგილე), შ. ნაჩქებია (თავმჯდომარის მოადგილე), რ. ჩიქვანი (თავმჯდომარის მოადგილე), გ. აბდუშელიშვილი, ა. აბშილავა, გ. არაბიძე, რ. არველაძე, რ. ბაბაიანი (რუსეთი), ნ. ბაღატიშვილი, თ. ბაციკაძე, გ. ბიბილაშვილი, ვ. ბურკოვი (რუსეთი), გ. გავარდაშვილი, ზ. გასიტაშვილი, ზ. გუდენიძე, ო. გელაშვილი, ალ. გრიგოლიშვილი, დ. გურგენიძე, ბ. გუსევი (რუსეთი), ი. ელიშაქოვი (აშშ), გ. ვარშალომიძე, ს. ვასილიშვილი (რუსეთი), ნ. ვახანია (მექსიკა), მ. ზგუროვსკი (უკრაინა), ო. ზუმბურიძე, პ. ზუნკელი (ავსტრია), დ. თავხელიძე, ა. თოფჩიშვილი, ზ. კაკულია, ვ. კვარაცხელია, გ. კვესიტაძე, ლ. კლიმაშვილი, ფ. კრიადო (ესპანეთი), მ. კუხალაშვილი, რ. ლაზაროვი (აშშ), ჯ. ლაიტმანი (აშშ), ზ. ლომსაძე, ნ. მახვილაძე, დეკანოზი ლ. მათეშვილი, მ. მაცაბერიძე, ვ. მატვეევი (რუსეთი), პ. მელაძე, ე. მეძმარიშვილი, გ. მიქიაშვილი, ო. ნათიშვილი, ო. ნამიჩეიშვილი, დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ს. პედროლო (იტალია), რ. ჟინევიჩუსი (ლიტვა), ი. ჟორდანი, ვ. ჟუკოვსკი (რუსეთი), პ. რიჩი (იტალია), მ. სალუკვაძე, ფ. სიარლე (საფრანგეთი), რ. სტურუა, თ. სულაბერიძე, ფ. უნგერი (ავსტრია), ა. ფაშაევი (აზერბაიჯანი), ნ. ყავლაშვილი, ა. ჩხეიძე, გ. ცინცაძე, თ. ცინცაძე, ნ. წერეთელი, ზ. წერეთელი, გ. ხუბულური, თ. ჯაგოდნიშვილი, გ. ჯავახიძე, მიტროპოლიტი ა. ჯაფარიძე, გ. ჯერენაშვილი, მ. ჯიბლაძე, ჯ. ჯუჯარო (იტალია)

EDITORIAL BOARD:

A. Prangishvili (chairman), I. Gorgidze (vice-chairman), Sh. Nachkebia (vice-chairman), R. Chikovani (vice-chairman), G. Abdushelishvili, A. Abshilava, G. Arabidze, R. Arveladze, R. Babaian (Russia), N. Bagaturia, T. Batsikadze, G. Bibileishvili, V. Burkov (Russia), A. Chkheidze, P. Ciarlet (France), I. Elishakov (USA), Z. Gasitashvili, G. Gavardashvili, Z. Gedenidze, O. Gelashvili, G. Giugiaro (Italy), Al. Grigolishvili, D. Gurgenidze, B. Gusev (Russia), T. Jagodnishvili, Metropolitan A. Japaridze, G. Javakhadze, G. Jerenashvili, M. Jibladze, Z. Kakulia, N. Kavlashvili, G. Khubuluri, L. Klimishvili, F. Kriado (Spain), M. Kukhaleishvili, V. Kvaratskhelia, G. Kvesitadze, J. Laitman (USA), R. Lazarov (USA), Z. Lomsadze, N. Makhviladze, Archpriest L. Mateshvili, M. Matsaberidze, V. Matveev (Russia), E. Medzmariashvili, H. Meladze, G. Miqiashevili, O. Namicheishvili, O. Natishvili, D. Novikov (Russia), A. Pashaev (Azerbaijan), S. Pedrollo (Italy), P. Ricci (Italy), M. Salukvadze, R. Sturua, T. Sulaberidze, H. Sunkel (Austria), D. Tavkhelidze, A. Topchishvili, G. Tsintsadze, T. Tsintsadze, N. Tzereteli, Z. Tzveraidze, F. Unger (Austria), N. Vakhania (Mexico), G. Varshalomidze, S. Vasilev (Russia), M. Zgurovski (Ukraine), R. Zhinevichius (Lithuania), I. Zhordania, V. Zhukovski (Russia), O. Zumburidze

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. Прангишвили (председатель), И. Горгидзе (зам. председателя), Ш. Начкебия (зам. председателя), Р. Чиковани (зам. председателя), Г. Абдушелишвили, А. Абшилава, Г. Арабидзе, Р. Арвеладзе, Р. Бабаиян (Россия), Н. Багатурия, Т. Бацикадзе, Г. Бибилеишвили, В. Бурков (Россия), Г. Варшаломидзе, С. Васильев (Россия), Н. Вахания (Мексика), Г. Гавардашвили, З. Гаситашвили, З. Геденидзе, О. Гелашвили, Ал. Григолишвили, Д. Гургенидзе, Б. Гусев (Россия), Г. Джавахадзе, Т. Джагоднишвили, Митрополит А. Джапаридзе, Г. Джеренашвили, М. Джибладзе, Дж. Джуджаро (Италия), И. Елишаков (США), Р. Жиневикус (Литва), И. Жордания, В. Жуковский (Россия), М. Згуровский (Украина), О. Зумбуридзе, Х. Зункел (Австрия), Н. Кавлашвили, З. Какулия, В. Кварацхелия, Г. Квеситадзе, Л. Климиашвили, Ф. Криадо (Испания), М. Кухалишвили, Р. Лазаров (США), Дж. Лаитман (США), З. Ломсадзе, В. Матвеев (Россия), Протоиерей Л. Матешвили, Н. Махвиладзе, М. Мацаберидзе, Э. Медзмариашвили, Г. Меладзе, Г. Микиашвили, О. Намичеишвили, О. Натишвили, Д. Новиков (Россия), С. Педроло (Италия), З. Ричи (Италия), М. Салуквадзе, Ф. Сиарле (Франция), Р. Стурюа, Т. Сулаберидзе, Д. Тавхелидзе, А. Топчишвили, Ф. Унгер (Австрия), А. Фашаев (Азербайджан), Г. Хубулур, З. Цверайдзе, Н. Церетели, Г. Цинцадзе, Т. Цинцадзе, А. Чхеидзе

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016
Publishing House “Technical University”, 2016
Издательский дом “Технический Университет”, 2016
<http://www.acnet.ge/publicut.htm>
scitech@gw.acnet.ge



შინაარსი

ზიზიკა

მ. ჯიბლაძე. ატომებისა და მოლეკულების აგებულება	9
ა. გერასიმოვი, მ. ვეფხვაძე. ნანონაწილაკის ატომის გადაადგილებასთან დაკავშირებული ფუნდამენტური თვისებების დამოკიდებულება მათ ზომებზე	16
გ. დგებუაძე, ბ. ბენდელიანი, ი. მეცხვარიშვილი, ნ. მუმლაძე, ვ. ჭანტურიძე, მ. ჩოჩია. ალბილობრივი მინერალები მაღალტემპერატურული თბოსაიზოლაციო მასალების დამზადების ტექნოლოგიაში	34

ახალი ტექნოლოგიები

რ. მეღვაძე, პ. დოლიძე, რ. კენკიშვილი. კოჰერენტული მიწების ახალი მეთოდი	39
მ. ჯიბლაძე, დ. კორძაია. ბირთვული მაგნიტური რეზონანსული ტომოგრაფია და რადიონუკლიდური თერაპია	45
ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, ნ. იაშვილი. ბიომეტრიის პერსპექტივები საარჩევნო პროცესში	52

ეკონომიკა და ბიზნესი

რ. თთინაშვილი, მ. იაშვილი. საქართველოში მცირე ბიზნესის განვითარების ხელშეწყობელი ზოგიერთი ფაქტორის შესახებ	61
--	----

რკინიგზის ტრანსპორტი

ბ. დიდუბაშვილი, გ. თელია, ა. კაკაბაძე, ტ. კოტრიკაძე. საჰაერო შუალედურ სადგურებთან მისასვლელი ღიანდაგების მიერთება და სატვირთო რაიონის ტიპის შერჩევა	66
---	----

ბიოლოგია

ნ. აღეკსიძე. მცენარე აბუსალათინი (<i>Ricinus communis</i>) – სასიკვდილო ღებტინის შემცველი	71
---	----

ბოტანიკა

ლ. კუხალაიშვილი. ხულოს რაიონის ალბოფლორის შემწავლისათვის (განყოფილება – EUGLENOPHYTA, XANTHOPHYTA, DINOPHYTA)	75
---	----

ბიოქიმია

ნ. აღეკსიძე. ბიოლოგიურად აქტიური ღებტინების ბიოქიმიური დანახილვა და მათი გამოყენების პერსპექტივები	80
--	----

გეოლოგია

გ. ბერიძე, ქ. თედლიაშვილი, ი. ჯავახიშვილი. ხრამის კრისტალური მასივის კამბრიულისწინა ბნელისფერმატიკური კომპლექსისა და სუბეპური გრანიტოიდების კალიუმის მინდვრის შპატების გენეტიკური ტიპები.....	87
---	----

სამშენებლო კლიმატოლოგია

ლ. ქართველიშვილი, ლ. მეგრელიძე, ნ. დეკანოზიშვილი, ლ. ქურდაშვილი. კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება მშენებლობაში	93
--	----

გამომგონებლობა

ც. პაპავა, გ. კოპალეიშვილი, ო. ბარბაქაძე, ს. ბარბაქაძე, თ. ბარბაქაძე. გამომგონებელი ტექნიკური პროგრესის მამოძრავებელია.....	101
--	-----

ბასხენება

მ. სალუქვაძე, გ. ლეჟავა, მ. კანდელაკი. აკადემიკოსი ვლადიმერ ჯავჭავაძე – 95.....	107
ავტორთა საშუალოდ	113

CONTENTS

PHYSICS

M. Jibladze. STRUCTURE OF ATOMS AND MOLECULES	9
A. Gerasimov, M. Vepkhvadze. DEPENDENCE OF NANOPARTICLES CHARACTERIZING PROPERTIES ON THEIR SIZE ASSOCIATED WITH THE LOCATION CHANGE OF ATOMS	16
G. Dgebuadze, B. Bendeliani, I. Metskhvarishvili, N. Mumladze, V. Chanturidze, M. Chochia. LOCAL MINERALS IN TECHNOLOGY OF HIGH-TEMPERATURE HEAT-INSULATING MATERIALS	34

NEW TECHNOLOGIES

R. Melkadze, P. Dolidze, R. Kenkishvili. A NEW METHOD OF OBTAINING CAFFEINE	39
M. Jibladze, D. Kordzaia. NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHY AND RADIO NUCLIDE THERAPY	45
L. Imnaishvili, M. Bedineishvili, N. Iashvili. THE PROSPECTS FOR APPLICATION OF BIOMETRY TO ELECTION PROCESSES	52

ECONOMICS AND BUSINESS

R. Otinashvili, M. Iashvili. SOME FACTORS RESTRICTING THE DEVELOPMENT OF SMALL BUSINESS IN GEORGIA	61
---	----

RAILWAY TRANSPORT

B. Didebashvili, G. Telia, A. Kakabadze, T. Kotrikadze. CONNECTION OF LOCAL RAILWAYS ON SUPPORT INTERMEDIATE STATIONS AND SELECTION OF FREIGHT REGION	66
--	----

BIOLOGY

N. Aleksidze. CASTOR-OIL PLANT (<i>RICINUS COMMUNIS</i>) – CONTAINING FATAL LECTINS	71
--	----

BOTANY

L. Kukhaleishvili. TO THE STUDY OF THE ALGAL FLORA OF KHULO REGION (SECTIONS EUGLENOPHYTA, XANTHOPHYTA, DINOPHYTA)	75
---	----

BIOCHEMISTRY

N. Aleksidze. BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BIOLOGICALLY ACTIVE LECTINS AND PROSPECTS OF THEIR USE	80
--	----

GEOLOGY

G. Beridze, K. Tedliashvili, I. Javakhishvili. GENETIC TYPES OF K-FELDSPARS FROM PRECAMBRIAN GNEISS-MIGMATITIC COMPLEX AND FROM SUDETIC GRANITOIDS OF THE KHRAMI CRYSTALLINE MASSIF	87
--	-----------

BUILDING CLIMATOLOGY

L. Kartvelishvili, L. Megrelidze, N. Dekanozishvili, L. Kurdashvili. CONSIDERATION CLIMATE PARAMETERS IN BUILDING INDUSTRY	93
---	-----------

INVENTION

C. Papava, V. Kopaleishvili, O. Barbakadze, S. Barbakadze, T. Barbakadze. INVENTOR IS A MOVER OF THE TECHNICAL PROGRESS	101
--	------------

MEMORY

M. Saluqvadze, G. Lezhava, M. Kandelaki. ACADEMICIAN VLADIMER CHAVCHANIDZE – 95	107
TO THE AUTHORS ATTENTION	113

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

М. И. Джибладзе. СТРОЕНИЕ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ	9
А. Б. Герасимов, М. Т. Вепхвадзе. ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ОТ ИХ РАЗМЕРОВ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ АТОМОВ	16
Г. Н. Дгебуадзе, Б. Г. Бенделиани, И. Р. Мецхваришвили, Н. А. Мумладзе, В. Г. Чантуридзе, М. Р. Чочия. МЕСТНЫЕ МИНЕРАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	34

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Р. Г. Мелкадзе, П. Т. Долидзе, Р. А. Кенкишвили. НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОФЕИНА	39
М. И. Джибладзе, Д. Дж. Кордзана. ЯДЕРНАЯ МАГНИТНАЯ РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ И РАДИОНУКЛИДНАЯ ТЕРАПИЯ	45
Л. Ш. Имнаишвили, М. М. Бединеишвили, Н. Г. Иашвили. ПЕРСПЕКТИВЫ БИОМЕТРИИ В ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ	52

БИЗНЕС И ЭКОНОМИКА

Р. Г. Отинашвили, М. Н. Иашвили. НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ МАЛОГО БИЗНЕСА В ГРУЗИИ	61
--	----

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Б. Ш. Дидебашвили, Г. Ш. Телиа, А. А. Какабадзе, Т. И. Котрикадзе. ПРИСОЕДИНЕНИЕ ПОДХОДНЫХ ПУТЕЙ И ПОДБОР ТИПА ГРУЗОВОГО РАЙОНА ДЛЯ ОПОРНЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СТАНЦИЙ	66
---	----

БИОЛОГИЯ

Н. Г. Алексидзе. РАСТЕНИЕ КАСТОРНИК (<i>RICINUS COMMUNIS</i>), СОДЕРЖАЩЕЕ СМЕРТЕЛЬНЫЙ ЛЕКТИН	71
---	----

БОТАНИКА

Л. К. Кухалеишвили. К ИЗУЧЕНИЮ АЛЬГОФЛОРЫ ХУЛОЙСКОГО РАЙОНА (ОТДЕЛЫ EUGLENOPHYTA, XANTHOPHYTA, DINOPHYTA)	75
--	----

БИОХИМИЯ

Н. Г. Алексидзе. БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЛЕКТИНОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	80
---	----

ГЕОЛОГИЯ

Г. М. Беридзе , К. Т. Тедлишвили, И. Р. Джавахишвили. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ДОКЕМБРИЙСКОГО ГНЕЙСОВО-МИГМАТИТОВОГО КОМПЛЕКСА И КАЛИЕВЫХ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ СУДЕТСКИХ ГРАНИТОИДОВ ХРАМСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА.....	87
--	-----------

СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Л. Г. Картвелишвили, Л. Д. Мегрелидзе, Н. И. Деканозишвили, Л. Р. Курдашвили. УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	93
--	-----------

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО

Ц. А. Папава, В. П. Копалеишвили, О. Г. Барбакадзе, С. О. Барбакадзе, Т. О. Барбакадзе. ИЗОБРЕТАТЕЛЬ – ДВИГАТЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА	101
--	------------

ПАМЯТЬ

М. Э. Салуквадзе, Г. Г. Лежава, М. К. Канделаки. АКАДЕМИКУ ВЛАДИМИРУ ЧАВЧАНИДЗЕ – 95	107
К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ	113

ატომებისა და მოლეკულების აგებულება

მ. ჯიბლაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში ნაჩვენებია ატომის ბირთვის ნუკლონების აგებულების მსგავსება ატომებისა და მოლეკულების აგებულებასთან. განხილულია მოლეკულური კავშირების იონური ბუნება და ახსნილია ეგზოთერმული ქიმიური რეაქციების დროს ენერგიის გამოყოფის მიზეზები. წარმოდგენილია წყალბადის, წყლისა და მეთანის მოლეკულური სტრუქტურები, სადაც ატომებს შორის არსებობს არა კოვალენტური, არამედ იონური კავშირები.

საკვანძო სიტყვები: ატომი; მოლეკულა; ბირთვი; ქვარკი; ნუკლონი; ნეიტრონი; პროტონი; იონური კავშირი.

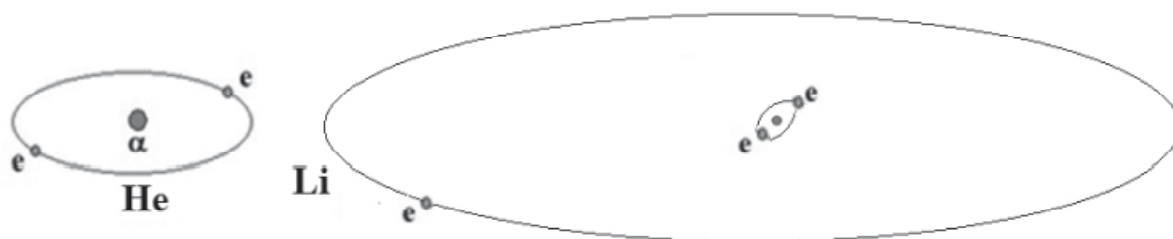
შესავალი

ქვარკი (Quark) ფუნდამენტური ნაწილაკია ნივთიერების აგებულების სტანდარტულ მოდელში, რომლის მუხტი ელექტრონის მუხტის ერთი მესამედის ჯერადია და თავისუფალ მდგომარეობაში არ დაიშვრება. მიღებულია, რომ ქვარკი უსტრუქტურო ნაწილაკია, რომელიც შედის ჰადრონების (Hadron) ნეიტრონებისა და პროტონების შედგენილობაში. ჰადრონების ქვარკული მოდელი პირველად წარმოდგინეს 1964 წელს გამოჩენილმა ამერიკელმა მეცნიერებმა მ. გელმანმა და ჯ. ცვაიგმა. 1968 წელს სტენფორდის წრფივ მაჩქარებელზე ჩატარებული ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ პროტონი წერტილოვანი ნაწილაკებისგან შედგება.

ნეიტრონისა და პროტონის ქვარკული სტრუქტურის დადგენისას აღმოჩნდა, რომ ნუკლონების ქვარკული მოდელი ძალიან ჰგავს ჰელიუმის ატომის აგებულებას. ეს ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგან, როდესაც ატომის მოდელს განვიხილავთ, ანალოგიური მსგავსებაა მზის პლანეტარულ სისტემასა და ატომის აგებულებას შორის.

ძირითადი ნაწილი

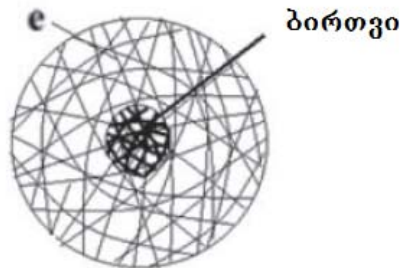
ნუკლონების ქვარკული მოდელის თანახმად, პროტონი შედგება $+2e/3$ მუხტის მქონე ორი u -ქვარკისა და $-1e/3$ მუხტის მქონე ერთი d -ქვარკისაგან, ხოლო ნეიტრონი ერთი u -ქვარკი და ორი d -ქვარკია. თუ პროტონსა და ნეიტრონს წარმოვიდგენთ, როგორც სწრაფად მოძრავი ქვარკებისგან შედგენილ სისტემას, შეიძლება დავუშვათ, რომ მათი ელექტრული დიპოლი ნულის ტოლია. ცხადია, ნუკლონების ქვარკულ წარმოდგენაში იმ ნუკლონების აგებულება, სადაც ორი ელექტრონი ბრუნავს ატომის ბირთვის გარშემო, ჰელიუმის აგებულების ანალოგიურია (ნახ. 1).



ნახ. 1. ჰელიუმისა და ლითიუმის ატომების აგებულება

შრომებში [1, 2] აღნიშნული იყო, რომ კულონის განზიდვის ძალების გათვალისწინებით ჰელიუმის ატომში ხდება ელექტრონების ურთიერთგანზიდვა და ამდენად, ელექტრონები უნდა მოძრაობდეს ბირთვის გარშემო ისე, რომ ისინი ყოველთვის მაქსიმალური მანძილით იყვნენ ერთმანეთისგან დაცილებული. მართლაც, შეუძლებელია ჰელიუმის ორი ელექტრონის მოძრაობის წარმოდგენა სხვადასხვა ორბიტებზე ისე, რომ ეს ორბიტები დაუახლოვდეს და გადაკვეთოს კიდევ ერთმანეთი. ამდენად, განზიდვის ელექტრული ძალები ელექტრონებს აიძულებს იმოძრაოს ერთსა და იმავე ორბიტაზე ერთი და იმავე სიჩქარით და თანაც ერთმანეთისაგან მაქსიმალურად იყოს დაცილებული. მესამე ელექტრონის არსებობა ამ ორბიტაზე შეუძლებელია, რადგან ორი ელექტრონის მუხტის ელექტრული განზიდვის ძალები მას ორბიტიდან განდევნის. ეს სრულ თანხმობაშია პაულის აკრძალვის პრინციპთან. ამრიგად, ლითიუმის ატომში ელექტრონი უნდა იმყოფებოდეს მოშორებულ ორბიტაზე (ნახ. 1), რომელზედაც შეიძლება კიდევ განთავსდეს მხოლოდ ერთი ელექტრონი და მივიღოთ ბერილიუმის ატომი. უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ორბიტა არ იქნება წყვილი ელექტრონებით დაკავებული, მაგრამ ეს ორბიტები ერთმანეთისგან დიდი მანძილით უნდა იყოს დაცილებული.

სავარაუდოა, რომ ატომის ბირთვის მოძრაობის გამო ელექტრონების ბირთვის გარშემო მოძრაობის ორბიტების სივრცული მდებარეობა დროში ყოველთვის იცვლება და ელექტრონების მოძრაობა ატომის ბირთვის გარშემო სფერულ ზედაპირზე მოძრაობა იქნება (ნახ. 2).



ნახ. 2. ბირთვის გარშემო ელექტრონის მოძრაობის ტრაექტორია

ასე რომ, ატომის ბირთვის ნებისმიერი მოძრაობა ელექტრონების მოძრაობის ტრაექტორიის ცვლილებას იწვევს. ცხადია, სივრცეში ბირთვის ზოგიერთი მოძრაობა ორბიტის სიბრტყის მიმართ ორბიტის სიბრტყის სივრცითი მდგომარეობის ცვლილებას გამოიწვევს. სწორედ ეს განაპირობებს ელექტრონის მოძრაობას სფეროს ზედაპირზე, რომლის ცენტრია ბირთვი. ეს განაპირობებს აგრეთვე ელექტრონის ორბიტების სფერულობას ატომის ბირთვის გარშემო მოძრაობის დროს.

ძალზე მნიშვნელოვანია მოლეკულების აღნაგობის სივრცული სურათის წარმოდგენაც.

განვიხილოთ ყველაზე მარტივი მოლეკულის – წყალბადის მოლეკულის – შექმნის პროცესი. როგორც ცნობილია, ეს ეგზოთერმული რეაქციაა, რომელსაც თან სდევს სითბოს გამოყოფა. ფიქრობენ, რომ ამ დროს ორი ატომის ელექტრონული გარსები ერთმანეთს უახლოვდება და ახალ მოლეკულურ ელექტრონულ გარსს ქმნის (ნახ. 3). ეს გარსი ისეთივეა, როგორიც ჰელიუმის ატომის ელექტრონული გარსი. ვარაუდობენ, რომ სწორედ ამ ელექტრონების წყვილი ქმნის კოვალენტურ კავშირს მოლეკულაში.



ნახ. 3. კოვალენტური კავშირის დამყარება ორ ატომს შორის

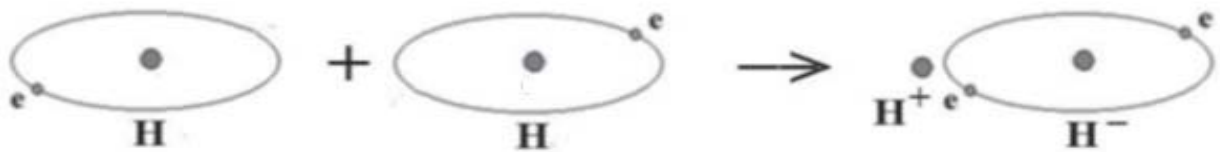
ქიმიური რეაქციის ეს სქემა ორ კითხვას ბადებს:

1. რატომ არ განიზიდავს მოლეკულის ცენტრში მოთავსებული ორი პროტონი ერთმანეთს კულონის განზიდვის ძალით (ელექტრონები მათ განზიდვას ხელსაც კი უწყობს)?

2. რა გზით მიიღება ენერგია მოლეკულის შექმნისას?

ცხადია, ერთმანეთთან ახლოს მყოფი ორი პროტონი ერთმანეთს უნდა დასცილდეს და ასეთ მდგომარეობაში მოლეკულა არ შეიძლება არსებობდეს, მაგრამ ასევე ცხადია, რომ ელექტრონის გადასვლას ერთი ატომიდან მეორეზე არ მოჰყვება მთელი ატომის კინეტიკური ენერგიის გაზრდა ელექტრონის ძალზე მცირე მასის გამო. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ბუნებაში არ არსებობს ატომი ${}^2\text{He}$ მხოლოდ ორი პროტონისაგან შედგენილი ბირთვით.

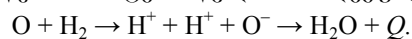
სავარაუდოა, რომ ქიმიური რეაქციის შედეგად წყალბადის მოლეკულა იქმნება წყალბადის ორი ატომის მიახლოებისას ერთი ატომის ელექტრონის მეორე ატომის ორბიტალზე გადასვლის შედეგად და მიიღება წყალბადის ორი იონი – H^- და H^+ (ნახ. 4).



ნახ. 4. წყალბადის მოლეკულის შექმნა იონური წარმოდგენით

როგორც ვხედავთ, ამ სქემაში წარმოიქმნება ძლიერი იონური კავშირი, რომელიც განპირობებულია სხვადასხვა ნიშნით დამუხტული წყალბადის იონებს შორის აღძრული მიზიდულობის კულონური ძალებით. მნიშვნელოვანია, რომ იონების დაახლოების პროცესში (წყალბადის მოლეკულის შექმნამდე) ეს იონები ერთმანეთს იზიდავს, რითაც ზრდის საკუთარ კინეტიკურ ენერგიას. სწორედ ეს ენერგია გამოვლინდება ეგზოთერმული რეაქციის შედეგად მიღებული სითბური ენერგიის სახით. აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ქიმიური მოლეკულების სიმტკიცე განპირობებულია არა კოვალენტური, არამედ იონური კავშირით. ასევე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ წყალბადის უარყოფითი იონი წარმოადგენს სფეროს, რომლის ზედაპირი ორი ელექტრონის ტრაექტორიებით იქმნება, რომელთა გვერდით მეორე პროტონი განლაგდება.

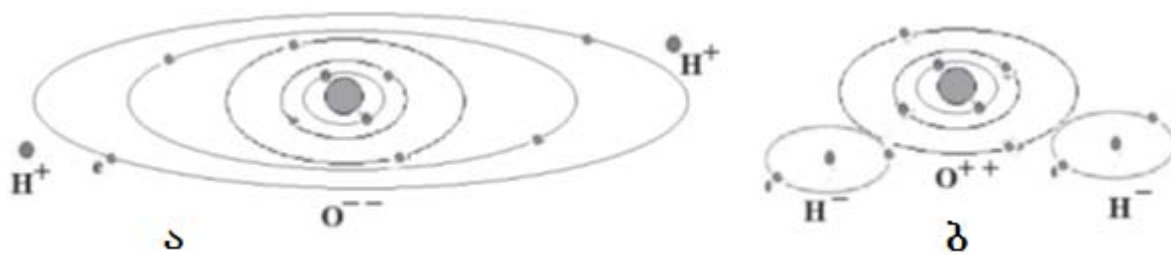
საყურადღებოა წყალბადის წყლის პროცესი წყლის მოლეკულის შექმნით:



მოსალოდნელია, რომ ამ რეაქციაში ჟანგბადის ატომი წყალბადის ორ ატომს ელექტრონს ართმევს, რაც ნეიტრალურ წყალბადს დადებით იონად (პროტონად) გარდაქმნის, თვითონ კი უარყოფითი იონი O^{2-} ხდება (ნახ. 5, ა). მოლეკულის შექმნის ამ პროცესში მნიშვნელოვანია, რომ იონების შეჯახებამდე ხდება მათი აჩქარება ელექტროსტატიკური მიზიდულობის ძალების მოქმედებით, რაც გვაძლევს იმ ენერგიას, რომელიც გამოიყოფა წყლის მოლეკულის შექმნისას. მიზიდულობა წყლის მოლეკულაში ჟანგბადისა და წყალბადის იონებს შორის იმდენად ძლიერია, რომ წყლის მოლეკულის დისოციაცია საკმაოდ ძნელია.

ამ რეაქციაში მივიღეთ წყლის მოლეკულა, რომელიც შედგება ჟანგბადის უარყოფითი იონისა და წყალბადის ორი დადებითი იონისაგან (ნახ. 5, ა). თუმცა, შეიძლება დავუშვათ, რომ წყლის მოლეკულა შედგება წყალბადის უარყოფითი იონისა და დადებითად დამუხტული ჟანგბადის იონისაგან (ნახ. 5, ბ). ამ შემთხვევაში ჟანგბადი გასცემს ორ ელექტრონს, რომლებიც წყალბადის ორ იონს იძლევა, ხოლო თვითონ დადებით იონად გარდაიქმნება [6].

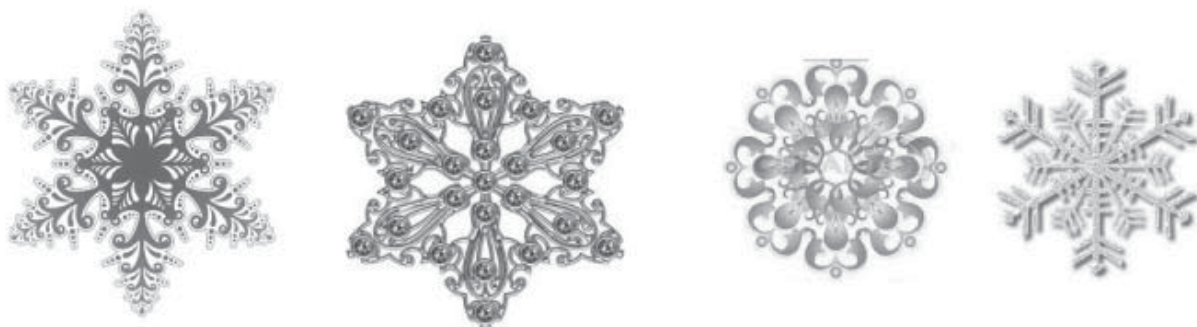
ეს პროცესი საკმაოდ რეალურია, რადგან წყალბადისა და ჟანგბადის იონიზაციის ენერგიები თითქმის ერთნაირია (13,6 ევ ატომზე).



ნახ. 5. წყლის მოლეკულის შესაძლო სტრუქტურები

მოსალოდნელია, რომ მე-5 ნახ-ზე წარმოდგენილი წყლის მოლეკულის ორი სტრუქტურიდან უფრო რეალურია მე-5 ბ ნახ-ზე წარმოდგენილი სტრუქტურა, რომელიც უფრო კომპაქტურია, თუმცა არც ისაა გამორიცხული, რომ წყალბადის მოლეკულაში წყალბადის ერთი ატომი იყოს დადებითი იონი, მეორე კი უარყოფითი. ამ მომენტში ჟანგბადი ნეიტრალური იქნება, მაგრამ ამით შესაძლოა აიხსნას კუთხის არსებობა OH-ებს შორის წყლის მოლეკულაში. შესაძლოა, ეს არის ერთ-ერთი მიზეზი იმისა, რომ წყალბადი ელექტროდი პოლური მოლეკულაა.

ძალზე საინტერესოა, თუ როგორ წარმოიქმნება ყინულის კრისტალები, განსაკუთრებით ფიფქის ულამაზესი კრისტალები, რომლებიც ნაჩვენებია მე-6 ნახ-ზე. ეს ნამდვილად გაუგებარია, რადგან აქ სწორ ხაზებსაც ვხედავთ და ლამაზ მრუდწირებსაც. გასაოცარია ფიფქების მრავალფეროვნება და, ამასთან, თითოეულ ფიფქში ძალზე მაღალი ხარისხის სიმეტრიულობა.



ნახ. 6. სხვადასხვა სახის ფიფქები

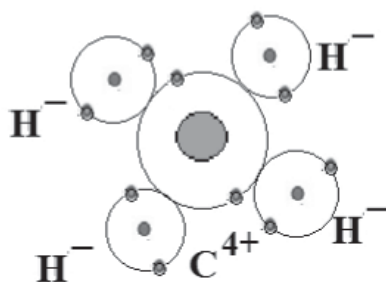
როგორც ვხედავთ, ჟანგბადის დადებითი იონის ზომა (5, ბ) გაცილებით მცირეა ჟანგბადის უარყოფითი იონის ზომაზე (ნახ. 5, ა), რაც მას უფრო მიმზიდველს ხდის. აქ მხედველობაში მიიღება, რომ ყოველ ორბიტაზე შეიძლება მხოლოდ ერთი ან ორი ელექტრონის განთავსება. რასაკვირველია, ორბიტებზე ელექტრონების არარსებობის შემთხვევაში თვით ეს ორბიტა ქრება და, შესაბამისად, იონის ზომები მცირდება, თუმცა ატომის აგზნების შემთხვევაში ჩნდება ახალი ორბიტები და ატომის ზომაც იზრდება. აღსანიშნავია, რომ ატომების ზომა ნაწილობრივ ან მთლიანად შევსებული მაქსიმალურად დიდი ორბიტის ზომით განისაზღვრება. მაგალითად, ჟანგბადის უარყოფითი იონის (O^-) ზომა მნიშვნელოვნად აღემატება დადებითი იონის (O^{++}) ზომას, ხოლო წყალბადის დადებითი იონის (H^+) ზომა პროტონის ზომით განისაზღვრება.

რადგან ჟანგბადის ატომის მეორე ელექტრონის იონიზაციის ენერგია 35,12 ევ-ია, მისი ატომიდან გათავისუფლება ძნელდება. ამდენად, სავარაუდოა, რომ წყლის მოლეკულაში ელექტრონული გაცვლა ჟანგბადის ატომიდან წყალბადზე და პირიქით, პერიოდულად ხდება.

ანალოგიურად უნდა ველოდოთ, რომ CO_2 -ის მოლეკულაში ჟანგბადი ნახშირბადის ორ-ორ ელექტრონს მიიერთებს და მას C^{4+} იონად გარდაქმნის. ეს იმასთანაა დაკავშირებული, რომ ნახშირბადის ატომის იონიზაციის ენერგია (13,26 ევ) ნაკლებია ჟანგბადის იონიზაციის ენერგიაზე. ამ დროს ნახშირბადის იონის ზომა საგრძნობლად მცირდება, ხოლო ჟანგბადის უარყოფითი იონის ზომა იზრდება.

რეაქციის დასაწყისში იონების შექმნა ნახშირბადის წვის რეაქციის ეგზოთერმულობას განაპირობებს. CO_2 მოლეკულების მდგრადობა განპირობებულია იონებს შორის არსებული კულონის მიზიდვის ძალებით [6].

განვიხილოთ მეთანი CO_4 -ის მოლეკულის აღნაგობა, რომელიც ერთი ნახშირბადისა და 4 წყალბადის ატომისგან შედგება. მეთანის მოლეკულის შექმნისას გამოიყოფა 76 კჯ/მოლ ენერგია. ცხადია, ეს ენერგია გამოიყოფა ნახშირბადის მიერ წყალბადის ყოველი ელექტრონის ჩაჭერისას, მაგრამ ამ დროს ორივე ატომი იონიზებული უნდა იყოს. რადგან ნახშირბადის ატომის იონიზაციის ენერგია (13,25 ევ) რამდენადმე ნაკლებია წყალბადის იონიზაციის ენერგიაზე (13,60 ევ), უნდა ველოდოთ, რომ ნახშირბადის ატომი თითო ელექტრონს წყალბადის ატომს აძლევს და მათ უარყოფით იონად გარდაქმნის და, რადგან თვითონ დადებით იონად გადაიქცევა, ელექტრული მიზიდულობის ძალები მეთანის მოლეკულების სტაბილურობას განაპირობებს (ნახ. 7).

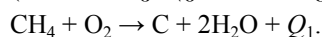


ნახ. 7. მეთანის მოლეკულის აღნაგობა

წყლის მოლეკულის ანალოგიურად, მეთანის მოლეკულის საწყის სტადიაში წყალბადის ატომები ნახშირბადის ატომს თითო ელექტრონს ართმევს და იწყება მათი ნახშირბადის იონთან მიზიდვის პროცესი. ამ პროცესში წყალბადის იონები მიიზიდება ნახშირბადის იონების მიერ, აჩქარდება და იღებს ენერგიას, რაც ეგზოთერმული რეაქციის ენერგიას წარმოადგენს [6, 7].

როგორც ნახევრები იყო [6, 7], წყალბადის ნეიტრალურ ატომს μ მაგნიტური მომენტი აქვს, ხოლო ჰელიუმის ატომის მაგნიტური მომენტი ნულის ტოლია. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ ელექტრონების ბირთვის გარშემო მოძრაობა მაგნიტურ მომენტს არ ქმნის და μ მხოლოდ ელექტრონის სპინთანაა დაკავშირებული. ამრიგად, ელექტრონების სპინების ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებები ჰელიუმის ატომში (პაულის აკრძალვის პრინციპი) მაგნიტურ მომენტებს აბათილებს. გამოდის, რომ წყალბადის ატომშიც მაგნიტური მომენტი გამოწვეულია არა ელექტრონის ორბიტაზე ბრუნვით, არამედ სპინით. ამრიგად, წყალბადის უარყოფით იონს, ისევე როგორც ჰელიუმის ნეიტრალურ ატომს, მაგნიტური მომენტი არ უნდა ჰქონდეს. როგორც ვხედავთ, თუ ნახშირბადის იონის (C^{4+}) ელექტრონები ერთ ორბიტაზე იმყოფება, მისი მთლიანი მაგნიტური მომენტი ნულის ტოლი იქნება.

უნდა ველოდოთ, რომ მეთანის წვის პროცესში წყალბადის ატომები ნახშირბადს ელექტრონს უბრუნებს, ნეიტრალური ხდება და ჟანგბადს უერთდება (წყლის მოლეკულებს ქმნის) და უფრო დიდ ენერგიას გამოყოფს. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ჟანგბადის ატომში მეტი პროტონია:



ამ შემთხვევაში მიიღება მური და წყლის მოლეკულა, თუმცა დიდი რაოდენობით ჟანგბადის წვის დროს წყლის მოლეკულების გარდა, CO და CO_2 მოლეკულებიც მიიღება:



დასკვნა

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოლეკულების შექმნის პროცესში იქმნება იონები ურთიერთსაწინააღმდეგო მუხტებით, რომლებიც ახორციელებს ურთი-

ერთკავშირებს კულონური ელექტროსტატიკური ძალებით, რაც უზრუნველყოფს მათ კინეტიკურ ენერგიას და ქიმიური რეაქციების ეგზოთერმულობას.

აღსანიშნავია, რომ ნუკლონის ქვარკული აღნაგობისა და ჰელიუმის სტრუქტურის მსგავსება საშუალებას იძლევა წარმოვიდგინოთ ნუკლონებში არსებული ქვარკების აგზნებულ მდგომარეობაში არსებობის შესაძლებლობა. თუ გავითვალისწინებთ ქვარკების ორბიტების მცირე რადიუსებს (დაახლოებით 10^{-15} მ), ქვარკებს შორის არსებული მიზიდულობის ელექტროსტატიკური ძალა უაღრესად დიდია და ქვარკების ენერგიებს შორის სხვაობამ შეიძლება რამდენიმე მევ შეადგინოს, ხოლო დონეებს შორის გადასვლები γ -დიაპაზონის ქვანტებით განხორციელდეს.

დასასრულ, უნდა აღინიშნოს ნუკლონების, ჰელიუმის ატომებისა და მზის პლანეტარული სისტემების მსგავსება. ეს ანალოგია და გვეხმარება, რათა უფრო ღრმად შევისწავლოთ მოვლენები და პროცესები, რომლებიც მიკროსამყაროში ხდება.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Джибладзе М. Кристаллическое строение атомного ядра. Изд. «LAP LAMBERT Academic Publ.», 2014.
2. Джибладзе М. Кластерное строение ядер химических элементов // *Химический журнал Грузии*. Т. 13, № 2, 2013, с. 86-98.
3. Джибладзе М. И. Магнитный момент атомного ядра // *Инженерная физика*, №4, 2014, с.3-7.
4. Джибладзе М. Кристаллическое строение ядер // *Инженерная физика*, №10, 2014, с. 5-24.
5. Джибладзе М. Ядерные реакции. Изд. „LAP LAMBERT AcademicPubl”, 2014.
6. Джибладзе М. Строение атомов и молекул // *Инженерная физика*, №6, 2015, 3-7.
7. Джибладзе М.И. Горение водорода и гелия при ядерных реакциях// *Инженерная физика*, №3, 2015, 3-14.

STRUCTURE OF ATOMS AND MOLECULES

M. Jibladze

(Georgian Technical University)

Resume: In the work the analogy between structures of nucleons in kernels with atoms and molecules is shown. The ionic nature of atoms in molecules is shown and allocation of energy at exothermic chemical reactions is explained. There are considered molecular structures of molecules of hydrogen, water and methane, in which connection between atoms is carried out not by covalent, but ionic connection.

Key words: atom; molecule; quark; nucleus; nucleon; neutron; proton; ionic connection.

ФИЗИКА

СТРОЕНИЕ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

Джибладзе М. И.

(Грузинский технический университет)

Резюме: В работе показана аналогия между строением нуклонов в ядрах с атомами и молекулами. Рассмотрена ионная природа связи атомов в молекулах и объяснено выделение энергии при экзотермических химических реакциях. Представлены молекулярные структуры молекул водорода, воды и метана, в которых связь между атомами осуществляется не ковалентной, а ионной связью.

Ключевые слова: атом; молекула; ядро; кварк; нуклон; нейтрон; протон; ионная связь.

ნანონაწილაკის ატომის გადაადგილებასთან დაკავშირებული ფუნდამენტური თვისებების დამოკიდებულება მათ ზომებზე

ა. გერასიმოვი, მ. ვეფხვაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნანონაწილაკების შესწავლამ გამოავლინა მათი ყველაზე საოცარი თვისება. ნანონაწილაკების ფუნდამენტური თვისებები დაკავშირებული ატომის გადაადგილებასთან (მესრის პარამეტრი, დნობის ტემპერატურა, დიფუზია, სისაღე, რეკრისტალიზაცია, დენადობის ზღვარი, ზეპლასტიკურობა), კომპაქტური მყარი სხეულებისაგან განსხვავებით, დამოკიდებულია ნანონაწილაკების ზომებზე. ეს ვერ აიხსნება მყარი სხეულების შესახებ არსებული მეცნიერული წარმოდგენებით, რომელთა მიხედვითაც ნანონაწილაკების თვისებების ცვლილება მათი ზომების შემცირებისას მიიჩნევა ანომალიად.

ნაშრომში ახსნილია ნანონაწილაკების ფუნდამენტური მახასიათებლების ნანონაწილაკების ზომებზე დამოკიდებულება მოლეკულურ-პოტენციური თეორიის (მპთ) საფუძველზე, რომლის თანახმადაც მყარ სხეულებში ატომის გადაადგილება უმთავრესად განისაზღვრება მის მეზობლობაში მყოფი ქიმიური ბმების მდგომარეობის ცვლილებით. აღნიშნულია, რომ ყველა ანომალიად მიჩნეული ნანონაწილაკის პარამეტრების ცვლილება ნორმალურ სახეს იღებს მპთ-ის გამოყენებისას, რაც დიდი პერსპექტივის მომცემია ახალი ტექნოლოგიების შექმნისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ნანონაწილაკი; ქიმიური ბმა; სისაღე; ზეპლასტიკურობა; დიფუზია; დნობის ტემპერატურა.

შესავალი

კაცობრიობის კეთილდღეობის ზრდა ფაქტობრივად განისაზღვრება ახალი ტექნოლოგიების შექმნით. ხიდან ნაყოფის ჩამოსაგდებად ქვის მაგიერ ჯოხის გამოყენება უკვე წინ გადადგმული დიდი ტექნოლოგიური ნაბიჯი იყო, შემდეგ ქვისა და ძვლებისაგან პრიმიტიული იარაღის დამზადება, ცეცხლისა და წყლის ენერგიის გამოყენება, მცენარეების კულტურული ჯიშების გამოყვანა და ცხოველების მოშინაურება, ღვინისა და რძის ნაწარმის დამზადება, ლითონის დამუშავება, საპნის გამოგონება, კონვეიერის შექმნა, ორთქლის, ელექტრო- და ატომური ენერგიის დამორჩილება, სახმელეთო, საჰაერო და კოსმოსური აპარატების შექმნა ეს ყველაფერი ახალი ტექნოლოგიური პროცესების შედეგია, რამაც განაპირობა კაცობრიობის პროგრესი. გაბატონებული აზრის თანახმად, XX საუკუნის ყველაზე დიდ ტექნოლოგიურ მიღწევად ითვლება ნახევარგამტარული ხელსაწყოების შექმნა, რომლებმაც ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროში შეაღწია და ამ საუკუნის სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი განსაზღვრა. XX საუკუნის ბოლოსათვის ნახევარგამტარული ხელსაწყოების გაუმჯობესების ტემპმა იკლო, რაც გამოწვეული იყო მათი ზომების შემდგომი შემცირების ზღვართან მიახლოებით. XXI საუკუნეში სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის ტემპი დამოკიდებული აღმოჩნდა სხვადასხვა ნივთიერებისაგან ხელოვნურად შექმნილი ნანომეტრების („ნანო” ბერძნულად ჯუჯას ნიშნავს და საზომი ერთეულის მემილიარდედ ნაწილს აღნიშნავს: $1 \text{ ნმ} = 10^{-9} \text{ მ}$) ზომის ნაწილაკების თვისებების გამოყენებაზე; ამ ნაწილაკებს ნანოსტრუქტურებს ან ნანონაწილაკებს უწოდებენ, მათგან შექმნილ ნივთიერებებს კი – ნანონივთიერებებს, ხოლო მათი შექმნის ხერხებს, წარმოებას და გამოყენებას – ნანოტექნოლოგიებს.

კაცობრიობის განვითარების ისტორიაში უდიდეს მოვლენად უნდა ჩაითვალოს ნანოტექნოლოგიების შექმნა და მისი ჯერ არნახული სისწრაფით განვითარება. როგორც აღენიშნეთ, ნანოტექნოლოგიებმა შეადგინა ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროში და სულ მალე მოახდენს ამ სფეროებში რევოლუციურ გარდაქმნებს [1, 2]. ამ ტექნოლოგიების განვითარება გაცილებით უსწრებს ფართო საზოგადოების მიერ მათ შემეცნებას და გააზრებას. ეს უკანასკნელი კი, ჩვენი აზრით, აუცილებელია ამ ახალი მიმართულების საზოგადოების მიერ კონტროლისათვის, რადგან ნანოტექნოლოგიებმა კაცობრიობას ფანტასტიკური სარგებლობის გარდა, შეიძლება საბედისწერო ზიანიც მოუტანოს. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ როგორც ყველა მედალს აქვს ორი მხარე, ასევე ყველა ახალ მეცნიერულ თუ ტექნოლოგიურ მიღწევას აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარეები და სწორედ ეს უარყოფითი მხარე შეიძლება იქნეს გამოყენებული ადამიანის საზიანოდ. მაგალითად, ნანომოწყობილობა პიროვნების სურვილის გარეშე, მისგან მალულად, რომელიმე სამედიცინო პროცედურის დროს იყოს შეყვანილი ადამიანის ორგანიზმში, ამიტომ შესაძლებელი გახდება მთელი მოსახლეობის თვალთვალი, კონტროლი და ზომბირება. ასევე შესაძლებელია ნანონარჩენებით გარემოს დაბინძურება. ნანოტექნოლოგიების განვითარება სრულიად ახალ შესაძლებლობებს მისცემს სამხედრო წარმოებას, რათა შეიქმნას ახალი მძლავრი თავდასხმითი ტიპის იარაღი და სხვ. აქედან გამომდინარე, უარყოფითი მხარეები ნანოტექნოლოგიებსაც აქვს, რისი თავიდან აცილებისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია ნანონაწილაკების უჩვეულო თვისებების საფუძველიანი შესწავლა [3, 4].

პროგნოზის მიხედვით, ნანოტექნოლოგიები კარდინალურად შეცვლის ადამიანის ცხოვრებას და მათი საშუალებით შეიძლება გადაწყვეტილ იქნეს კაცობრიობის ისეთი მუდმივი პრობლემები, როგორიცაა საკვების, ტანსაცმლის, ჯანმრთელობის, საცხოვრებლის პრობლემები [2, 5, 6].

მეცნიერული კვლევის და ტექნოლოგიური გამოცდილების პირველივე შედეგებმა ცხადყო, რომ ნანოტექნოლოგიები მომავალში გაცილებით მეტს მიაღწევს, ვიდრე ეს ნახევარგამტარულმა ხელსაწყოებმა შეძლო. ნახევარგამტარული ხელსაწყოებისაგან განსხვავებით (რომლებიც გავლენას ახდენდა სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესზე მხოლოდ ელექტრონული და გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებით), ნანოტექნოლოგიები უშუალოდ მიიღებს მონაწილეობას იმ პროცესების გაუმჯობესებაში ან ახლის შექმნაში, რომლებიც დამახასიათებელია ცალკეული დარგებისათვის. იგულისხმება მედიცინა, მასალათმცოდნეობა, რობოტტექნიკა, გენეტიკა, ტრანსპორტი, ენერგეტიკა და სხვ.

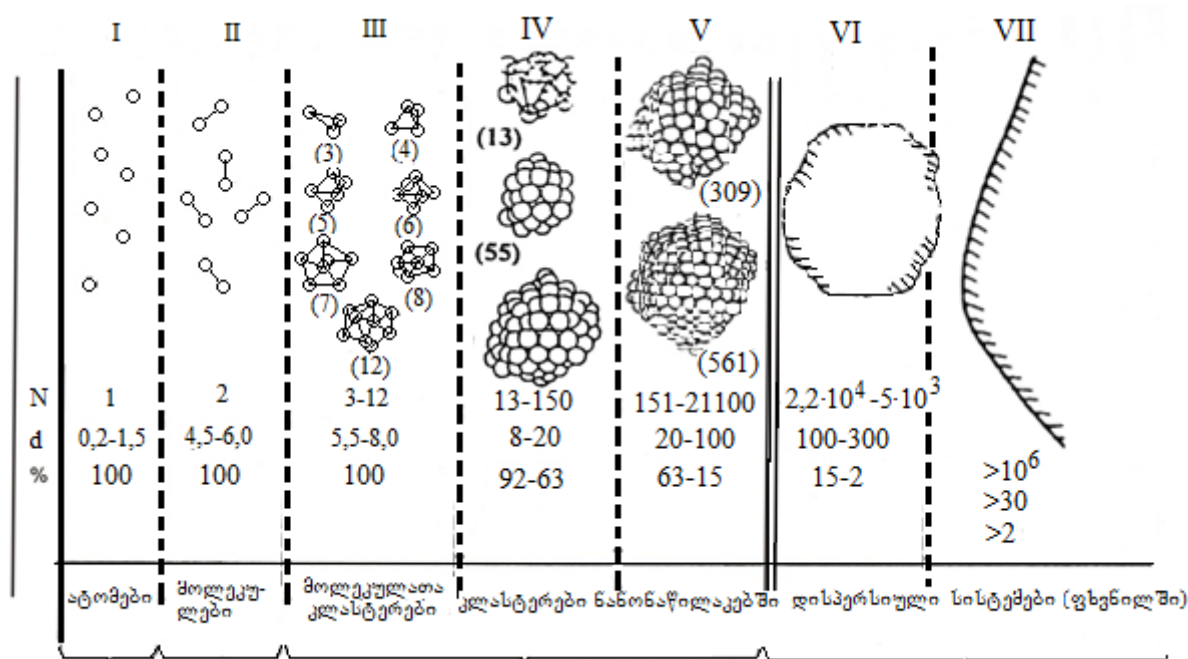
დღეისათვის ნანონაწილაკებმა უკვე გადაშალა სრულიად ახალი ფურცელი ფიზიკურ-ქიმიურ მეცნიერებაში და წარმოაჩინა ახალი ტექნოლოგიების ძნელად წარმოსადგენი თითქმის ფანტასტიკური შესაძლებლობები, რომლებსაც შესწავს უნარი შეცვალოს კაცობრიობის ცხოვრების პირობები უფრო მეტად, ვიდრე XX საუკუნის ერთად აღებულმა ყველა სამეცნიერო-ტექნიკურმა მიღწევამ შეძლო.

ძირითადი ნაწილი

ტერმინი „ნანონაწილაკი“ პარადელურად სამეცნიერო ლიტერატურაში იხმარება ტერმინები: ნანოკრისტალები, ნანოსტრუქტურები, ნანოფაზები, ნანოკომპოზიტები. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ მისი ზომების აღწერა ხდება ნანომეტრებით. მაგრამ ბოლო დროს სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ტერმინი ნანონაწილაკი. ნანონაწილაკი არის მყარ ფაზაში არსებული ნივთიერება, რომლის ზომა ერთ განზომილებაში არ აღემატება 100 ნმ-ს და იმყოფება სამიდან ერთ-ერთ გარემოში: აიროვანში, თხევადში ან მყარში, ან კიდევ მათი შეხების ზღვარზე. ამ განზომილებას მახასიათებელი ზომები ეწოდება, რადგან ნანონაწილაკის ზომის შემცირებასთან ერთად იწყება მისი ფუნდამენტური პარამეტრების ცვლილება. ნანონაწილაკის მახასიათებელი ზომა მიახლოებითაა, რადგან სხვადასხვა ნივთიერებისათვის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ცვლილება იწყება სხვადასხვა ზომიდან, თუმცა მაინც 100 ნმ რიგის მახლობლობაშია. ნანონაწილაკი შეიძლება არსებობდეს ან განცალკევებული სფეროიდული წარმონაქმნის, ან თხელი ფირის, ან რაიმე ფაზაში ჩანართის სახით. ნანონაწილაკის ზომები განსაზღვრავს მათში ატომების ზღვრულ რაოდენობას ($\sim N < 10^4$ ატომი) [1]. ნანო ნაწილაკისათვის ზედაპირთან მოსაზღვრე ატომების წილი

უკვე მთელი ატომების რაოდენობის რამდენიმე პროცენტს შეადგენს და ზომის შემცირებით ეს რაოდენობა იზრდება. 1-ლ ნახ-ზე მოცემულია ნანონაწილაკისა და კლასიკური ულტრადისპერსიული ნაწილაკის ატომების რაოდენობასა და ზომებს შორის განსხვავება. ამ მონაცემებიდან აშკარაა, რომ ზედაპირული ატომების წილი გაცილებით მეტია ნანონაწილაკებში, ვიდრე ულტრადისპერსიულ ნაწილაკებში.

ნანონაწილაკების არსებობისა და მათი თვისებების ჩამოყალიბებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს გარემოს, რომელშიც ისინი იმყოფებიან. იმისათვის, რომ არ მოხდეს ნანონაწილაკების შეერთება ერთმანეთთან (აგლომერაცია) და უფრო დიდი ნაწილაკების წარმოქმნა, ნანონაწილაკი დაფარული უნდა იყოს ისეთი ატომებით, რომლებიც ხელს შეუშლის აგლომერაციას. ასეთ ნივთიერებებად ყველაზე ხშირად გამოიყენება ჟანგბადი (O), შემდეგ CO, CO₂, H₂O, ეთილენი, ნახშირწყალბადები და სხვ. შეიძლება ითქვას, რომ იმ შემთხვევაში, თუ ნანონაწილაკები პაერშია ან სხვა რომელიმე აირში, ყოველთვის დაფარულია მსუბუქი ატომების გარსით. მიუხედავად ამ გარსისა, ნანონაწილაკის გარემოსთან ურთიერთქმედების ენერგია საკმაოდ ძლიერია, განსხვავებით დისპერსიული და ულტრადისპერსიული ნაწილაკებისაგან ($L > 100$ ნმ), რომელთა გარემოსთან ურთიერთქმედების ენერგია ვან-დერ-ვაალსის შესაბამისი ძალების რიგისაა (ვან-დერ-ვაალსის ძალა $F \sim 1/r^6 \div r^{12}$, სადაც r ატომებს შორის მანძილია). ნანონაწილაკების გარემოსთან ურთიერთქმედების ენერგია კი ქიმიური ბმის ენერგიას უახლოვდება, ე. ი. გაცილებით დიდია. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ნანონაწილაკებში ზედაპირული ატომების წილის მატებასთან ერთად იზრდება ზედაპირული ენერგია და ისინი აქტიურად ურთიერთქმედებენ ყოველგვარ ქიმიურ ნივთიერებასთან, მათ შორის კეთილშობილ აირებთან (He, Ar, Ne და სხვ.). აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნანონაწილაკებისათვის ინერტული გარემო არ არსებობს. ამ ურთიერთქმედების ენერგია განისაზღვრება ორი მთავარი ფაქტორით: ნანონაწილაკის ზომით (შესაბამისად, ზედაპირული ენერგიის წვლილით ნაწილაკის საერთო ენერგიაში) და ნანონაწილაკის ნივთიერების ბუნებით [1].



ნახ. 1. ატომების, მოლეკულათა კლასტერების, ნანონაწილაკებში არსებული კლასტერების და დისპერსიული სისტემების (ფხვნილების) სქემა: N – ატომების რაოდენობა, d – ნანონაწილაკის დიამეტრი (ნმ), % – ზედაპირული ატომების წილი პროცენტებში [1]

ნანონაწილაკებისაგან შემდგარ მასალებს ნანომასალებს უწოდებენ. იმისათვის, რომ განისაზღვროს ნანომასალების თვისებები, ისინი უნდა შეიცავდნენ ნანონაწილაკების საკმაოდ დიდ რაოდენობას – 20–30 %-ზე მეტს.

ნანონაწილაკები ზომის მიხედვით მოთავსებულია მცირე მოლეკულებსა და კომპაქტურ მყარ სხეულებს შორის და თავისი თვისებებით განსხვავდება ორივე მეზობლისაგან. როცა საუბარია მყარ სხეულებზე, წარმოვიდგენთ ათეულობით მიკრონიდან (რაც თვალთ ჩანს, მაგალითად, მაჯის საათის მექანიზმის ნაწილები) რამდენიმე მეტრამდე ზომის სხეულებს (მაგალითად, ჰიდროტურბინის ბორბალს) და ვიცით, რომ, თუ ისინი ერთი სახის ნივთიერებისაგან შედგება, მათი ფიზიკური თვისებები ემორჩილება ერთნაირ კანონზომიერებებს, მოლეკულები კი სხვა კანონზომიერებებით ხასიათდება. ნანონაწილაკები, ისევე როგორც მყარი სხეულები, მოლეკულებისაგან განსხვავებით ხასიათდება კოლექტიური თვისებებით (ფაზური მდგომარეობა, სითბო, ელექტროგამტარობა და ა.შ.). მაგრამ, რადგან ეს თვისებები დამოკიდებული აღმოჩნდა მათ ზომებზე, ამან განაპირობა ნანონაწილაკების უნიკალური ტექნოლოგიური შესაძლებლობები.

ნანონაწილაკების შექმნამ და მათი თვისებების შესწავლის პირველმა შედეგებმა ცხადყო, რომ კაცობრიობას საქმე აქვს მატერიის სრულიად უცნობ ფორმასთან, რომელიც მდებარეობს საკუთარი ქიმიური თვისებების მქონე მოლეკულებსა (ატომებს) და მათი ძალზე დიდი რაოდენობისაგან შემდგარ კომპაქტურ მყარ სხეულებს შორის.

ცნობილია, რომ მოცემული ქიმიური შედგენილობის მასიური მყარი სხეულები ხასიათდება ფუნდამენტური თვისებებით (დნობის ტემპერატურა, იონიზაციის პოტენციალი, ქიმიური ბმის ენერგია, ფაზური მდგომარეობა, აკრძალული ზონის სიგანე, მესრის პარამეტრი), რომლებიც ნორმალური წნევის და ველების პირობებში წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეებს. ხოლო მათ მცირე ნაწილებში – ნანონაწილაკში ეს ასე არ არის! ეს ნანონაწილაკების ყველაზე საოცარი თვისებაა. ნანომასალების ის თვისებები, რომლებიც დამოკიდებულია ატომის გადაადგილებასთან (მესრის პარამეტრი, დნობის ტემპერატურა, მექანიკური თვისებები, დიფუზია, რეკრისტალიზაცია), უნდა აღიწერებოდეს მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიით (მკთ). მაგრამ, სამწუხაროდ, ეს თეორია ამას ვერ ახერხებს და ამ წარმოდგენით, ნანონაწილაკების თვისებების ცვლილება მათი ზომების შემცირებისას მიიჩნევა ანომალიად. უნდა აღინიშნოს, რომ ცნება „ანომალია“ სამეცნიერო წრეებში გამოიყენება მაშინ, როცა ექსპერიმენტულად დამზერილი მოვლენების ნაწილის ახსნა თვისებრივად არ ექვემდებარება იმ სამეცნიერო მიდგომებს, რომლებიც გამოყენებულია ასეთი მოვლენების ასახსნელად. ე. ი. ანომალია ეწინააღმდეგება იმ წარმოდგენებს, რომლებიც მეცნიერების განვითარების ამ დონისთვის, კერძოდ მოლეკულურ-კინეტიკურ თეორიისთვისაა (მკთ) მიღებული. ეს გამოწვეულია იმით, რომ როგორც ცნობილია, მკთ სამართლიანია და მუშაობს შედარებით მაღალ ტემპერატურებზე $T \approx 0,7T_{\text{დნ}}$ ($T_{\text{დნ}}$ მოცემული ნივთიერების დნობის ტემპერატურაა) იმ მოვლენების აღსაწერად, რომლებიც დაფუძნებულია მყარ სხეულებში ატომის ადგილმდებარეობის ცვლილებაზე. მაგრამ ზემოთ ჩამოთვლილი ნანონაწილაკების თვისებები დაკავშირებულია ატომების გადაადგილებასთან (მაგალითად, მე-2 ნახ-ზე მოყვანილი პარამეტრის ცვლილება განისაზღვრება ატომებს შორის დაცილებით) არა მარტო მაღალ, არამედ ყველანაირ ტემპერატურაზე.

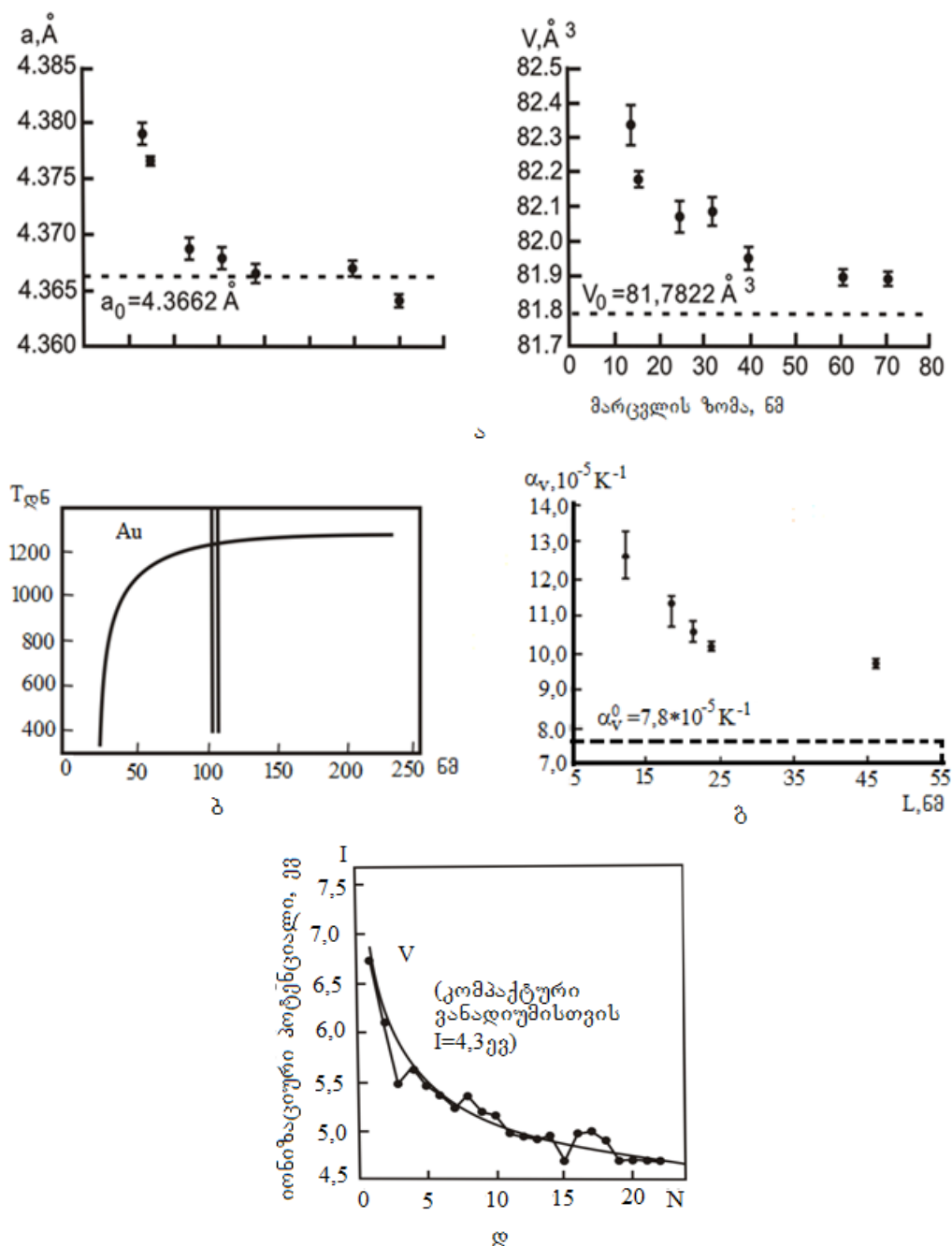
ამჟამად შემუშავებულია მოლეკულურ-პოტენციური თეორია (მპთ) [7, 8], რომელშიც მოცემულია კონდენსირებულ გარემოში (მყარი სხეულები და სითხეები) ატომის გადაადგილების შესახებ ახალი წარმოდგენები. ამ წარმოდგენების თანახმად, ატომის გადაადგილება უმთავრესად განისაზღვრება მისი ქიმიური ბმების მდგომარეობით. ამ უკანასკნელის ცვლილება კი შესაძლებელია სხვადასხვა საშუალებით (ტემპერატურა წარმოადგენს ერთ-ერთ მათგანს), რომელიც ხსნის კონდენსირებულ გარემოში ატომის გადაადგილებასთან დაკავშირებულ დღემდე აუხსნელ ყველა ექსპერიმენტულ ფაქტს.

ნანონაწილაკების ზომებზე დამოკიდებული ნანომასალების თვისებების (მკთ-ის თვალსაზრისით, ყველა ანომალიად მიჩნეული) ცვლილება ნორმალურ სახეს იღებს მპთ-ის გამოყენებისას.

ნანონაწილაკების თვისებების მათ ზომებზე დამოკიდებულების არსის უფრო ნათლად გასაგებად მოკლედ მოვიყვანთ ახალი მპთ-ის ძირითად დებულებებს [7, 8].

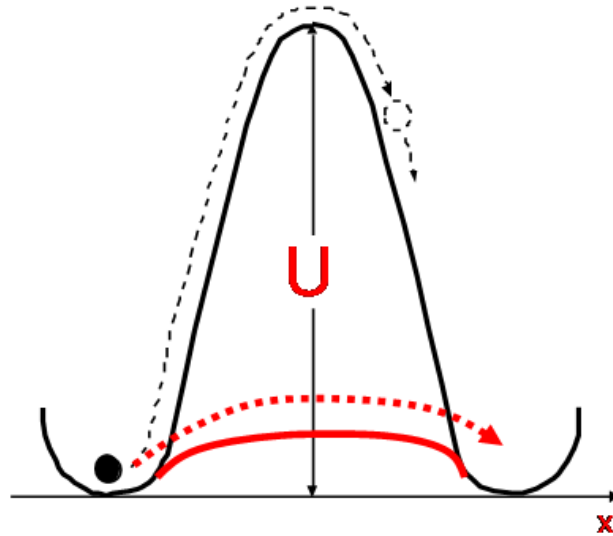
განსხვავებით მკთ-ისგან, რომელიც საჭიროებს მოცემულ ატომთან კინეტიკური ენერგიის გაზრდას ამ ატომის მიერ ენერგეტიკული ბარიერის გადასალახავად (ნახ. 3,1), მოითხოვს საკმაოდ

მაღალ ტემპერატურებს. ენერგეტიკული ბარიერი წარმოქმნილია მეზობელ ატომებს შორის ქიმიური ბმების ენერგიით. ახალი წარმოდგენების მიხედვით, კონდენსირებულ გარემოში ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარეობის შეცვლისათვის საჭიროა მოცემული ატომის ქიმიურ ბმებში მონაწილე ელექტრონების მდგომარეობის ისეთი ცვლილება, რომელიც შეამცირებს ქიმიური ბმის ენერგიას, ე. ი. პოტენციური ენერგიის ბარიერის სიმაღლეს იმდენად, რომ მოცემულ ტემპერატურაზე განხორციელდეს ატომის (მოლეკულის) ადგილმდებარეობის შეცვლა (ნახ. 3.2). პოტენციური ბარიერის სიმაღლის შემცირება, ანუ ქიმიურ ბმაში მონაწილე ელექტრონების მდგომარეობის ცვლილება გარდა ტემპერატურისა, შესაძლებელია სხვადასხვა ათერმული (ტემპერატურის ცვლილების გარეშე) საშუალებით: სინათლით, წნევით, დენის მატარებლების ინექციით (შეყვანით), ელექტრული და მაგნიტური ველებით.



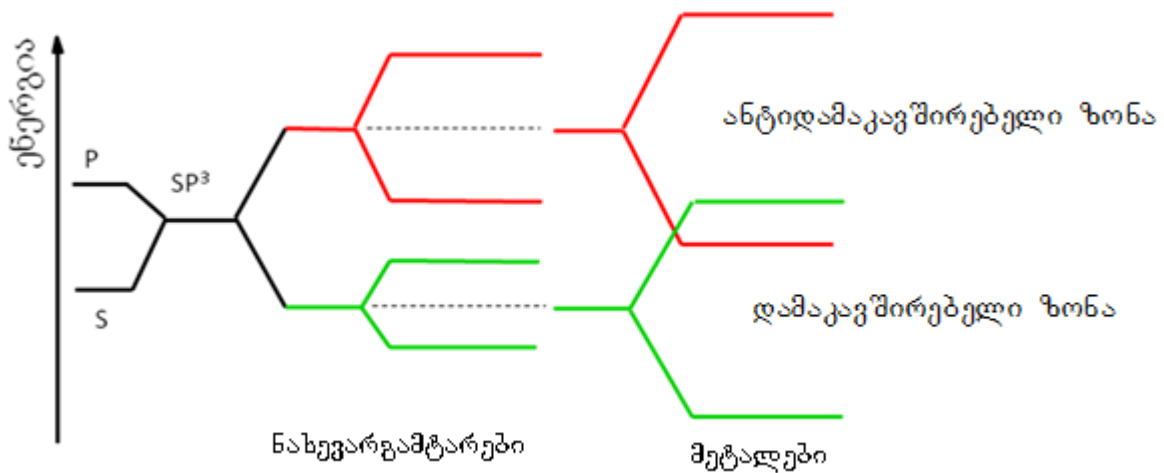
ნახ. 2. ფუნდამენტური პარამეტრების მნიშვნელობების დამოკიდებულება ნანონაწილაკების ზომებზე: ა – მესრის პარამეტრის (a) და ელემენტარული უჯრედის მოცულობა (V); ბ – Au-ის დნობის ტემპერატურა ($T_{\text{დნ}}$); გ – Se-ის თერმული მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი (α); დ – V-ის იონიზაციის პოტენციალი (I) [1]

ცნობილია, რომ მრავალატომიან სისტემაში ელექტრონები შეიძლება იმყოფებოდეს ორ განსხვავებულ მდგომარეობაში: დამაკავშირებელში, როცა ისინი ზრდიან ქიმიური ბმების ენერგიას და ანტიდამაკავშირებელში, როცა ისინი ამცირებენ ამ ენერგიას [7, 9, 10]. მოლეკულებში ეს მდგომარეობები გამოისახება დონეებით, ხოლო კომპაქტურ მყარ სხეულებში – ზონებით. ნახევარგამტარებსა და



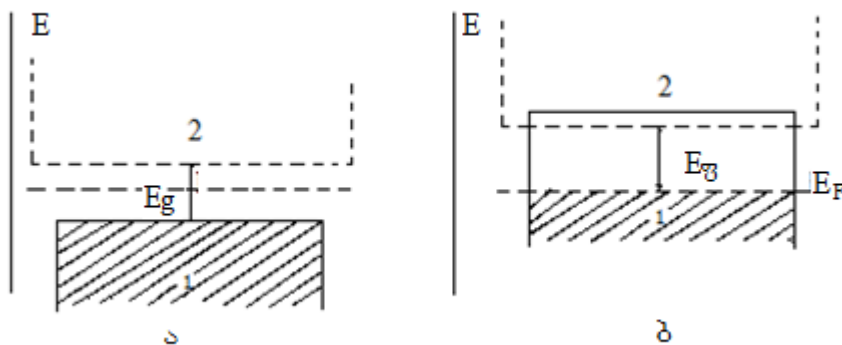
ნახ. 3. ატომის პოტენციურ ბარიერზე გადასვლის სქემატური გამოსახულება

დიელექტრიკებში დამაკავშირებელი (ვალენტური) და ანტიდამაკავშირებელი (გამტარობის) ზონები ერთმანეთისგან გამოყოფილია აკრძალული ზონით, ხოლო ლითონებში ისინი გადაფარულია (ნახ. 4) სინათლით, ტემპერატურით და სხვ. ელექტრონის გადასვლა დამაკავშირებელი ზონიდან ანტიდამაკავშირებელ ზონაში გარდა იმისა, რომ ნახევარგამტარებსა და დიელექტრიკებში ზრდის გამტარობას, ასევე იწვევს ქიმიური ბმის შემცირებას, რადგან ელექტრონი ხდება ანტიდამაკავშირებელი, ხოლო დამაკავშირებელ ზონაში ელექტრონების რაოდენობა მცირდება – ჩნდება ხვრელი. ამიტომ წარმოქმნილი კვაზინაწილაკები წარმოადგენს ანტიდამაკავშირებელ კვაზინაწილაკებს, რომლებიც ამცირებს ყველა იმ ატომის ქიმიურ ბმას, რომლებთანაც ისინი მოხვდებიან თავიანთი ქაოსური მოძრაობის დროს. ალბათ, უპრიანია, რომ ასეთი გრძელი დასახელება „ანტიდამაკავშირებელი კვაზინაწილაკი“, რომელსაც შემდეგ ხშირად გამოვიყენებთ, შეეცვალოს აბრევიატურით (მოკლე დასახელებით), მაგალითად „აკვაზით“. ნახევარგამტარებისაგან განსხვავებით, რომლებშიც ქიმიური ბმის შესუსტება გამტარობაში მონაწილე ელექტრონებისა და ხვრელების საშუალებით ხდება, ლითონებში ზონების შეუესებლობის გამო გამტარობაში მონაწილე ელექტრონები დაბალ ტემპერატურაზე იმავე ზონაში რჩება და ლითონის ქიმიური ბმის ცვლილებაზე თითქმის არ მოქმედებს. ტემპერატურის მომატებას გადაჰყავს ისინი ისეთივე დამაკავშირებელი ზონის უფრო მაღლა მდებარე დონეებზე, რაც არ მოქმედებს გამტარობის ცვლილებაზე, მაგრამ იწვევს ქიმიური ბმის შემცირებას. ქიმიური ბმა ძლიერ მცირდება, როცა ელექტრონები დამაკავშირებელი ზონიდან გადადის ანტიდამაკავშირებელ ზონაში. ამ შემთხვევაში ელექტრონების გადასვლა უნდა მოხდეს ფერმის დონის ქვემოთ არსებული დონეებიდან. ენერგეტიკული მანძილი ფერმის დონიდან ანტიდამაკავშირებელი ზონის ქვედა კიდემდე არის ის მანძილი, რომელიც საჭიროა გადალახოს ელექტრონმა, რომ მოხვდეს ანტიდამაკავშირებელ ზონაში. ამიტომ ამ ენერგეტიკულ მანძილს შეიძლება ვუწოდოთ ფსევდოაკრძალული ზონა (ნახ. 5). აკვაზები ასუსტებს იმ ატომთა ქიმიურ ბმებს, რომლებთანაც აღმოჩნდება თავისი სითბური მოძრაობის დროს, რითაც უადვილებს მათ გადაადგილებას. ამიტომ, მყარი სხეული რბილდება, ხოლო ნაღნობის სიბლანტე მცირდება [11]. აკვაზების არსებობა და მათ მიერ ქიმიური ბმების



ნახ. 4. ატომების დაახლოებისას პიბრიდიზებული ორბიტალების წარმოქმნა, მათი დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ ორბიტალებად გახლეჩა და მათგან სათანადო დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი ზონების წარმოქმნა

ენერგიის შემცირება ექსპერიმენტულად მტკიცდება ისეთი ეფექტებით, როგორიცაა: ფოტომექანიკური ეფექტი (ფმე) – მყარი სხეულის (ნახევარგამტარები, დიელექტრიკები, ლითონები) სისხლის შემცირება სინათლის ზემოქმედების დროს [12–14], ელექტრომექანიკური ეფექტი – ნახევარგამტარების სისხლის შემცირება ელექტრული ველის ან ელექტროდენის ზემოქმედების შედეგად [15, 16], მაგნიტურ-მექანიკური ეფექტი – ნახევარგამტარების სისხლის შემცირება მაგნიტური ველის ზემოქმედებით [17, 18], მინარევებით ლევირების მექანიკური ეფექტი [19, 20], სინათლის ზემოქმედებით სხეულის გაფართოება ტემპერატურის მომატების გარეშე [21]. ყველა ეს ეფექტი დაკავშირებულია ატომების გადაადგილებასთან ტემპერატურის ცვლილების გარეშე, ამიტომ მათი მექანიზმები მკითხვერ აღიწერება, რადგან ამ თეორიის მიხედვით, ატომების გადაადგილებისათვის საჭიროა კინეტიკური ენერგიის გაზრდა, ანუ ტემპერატურის მომატება. მკითხვერ მოცემული ეფექტების ახსნის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ ფმე-ის მექანიზმი. მყარი სხეულის მიკროსისხლის გაზომვის დროს სათანადო დატვირთვით ზემოქმედებენ მყარი სხეულის



ნახ. 5. დამაკავშირებელი (1) და ანტიდამაკავშირებელი (2) ენერგეტიკული ზონები: ა – ნახევარგამტარი და დიელექტრიკი; ბ – ლითონი (E_F – ფერმის დონე; E_g – აკრძალული ზონა ნახევარგამტარებში; $E_{\text{ფ}}$ – ფსევდოაკრძალული ზონა ლითონებში)

ზედაპირზე აღმასის პირამიდით. პირამიდის მოცილების შემდეგ რჩება კვალი, რადგან წნევის გავლენით ნიუთონების სათანადო რაოდენობა გადაადგილდება. დატვირთვის სიდიდის მნიშვნელობის კვალის ფართობზე გაყოფით მიღებულ სიდიდეს უწოდებენ მიკროსისხლეს [22]. თუ ერთსა

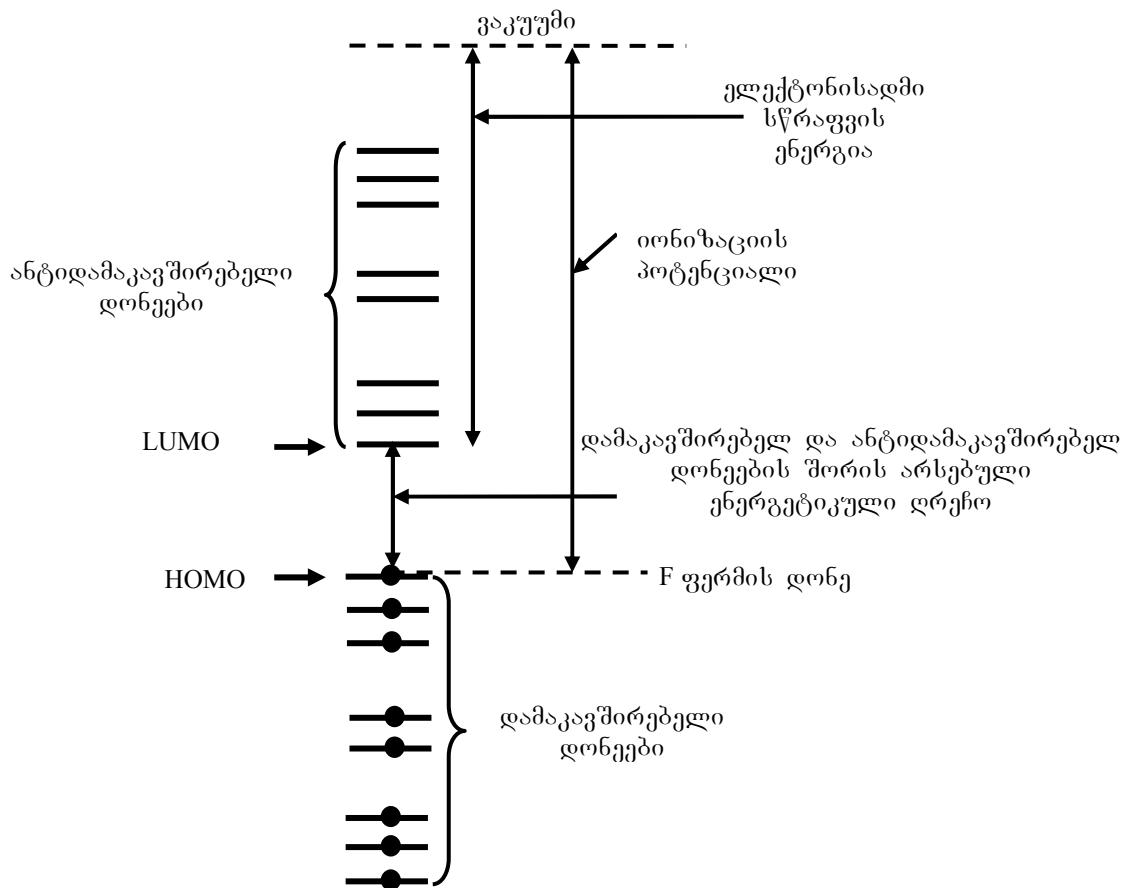
და იმავე დატვირთვაზე ერთი ნივთიერების ზედაპირზე კვალის სიდიდე მეტია მეორისაზე, ამბობენ, რომ ამ ნივთიერების სისაღე ნაკლებია მეორისაზე. მკოთ-ის თანახმად, განათების დროს მიკროსისაღის შემცირება ხდება სინათლით წარმოქმნილი აკვაზების მიერ ქიმიური ბმების ენერგიის შემცირების გამო, რაც ატომების გადაადგილებას აადვილებს და, შესაბამისად, მყარ სხეულს არბილებს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მყარ სხეულებში ატომის ბმის სიძლიერე მეზობელ ატომებთან დამოკიდებული იყო დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე მყოფი ელექტრონების თანაფარდობაზე. ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ აკვაზები ცვლის დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე მყოფი ელექტრონების თანაფარდობას, ე. ი. აკვაზები ცვლის პოტენციურ ენერგიას და ასუსტებს იმ ატომთა ქიმიურ ბმებს, რომლებთანაც აღმოჩნდება სითბური მოძრაობის დროს, რითაც უადვილებს მათ გადაადგილებას [4, 8]. ატომის გადაადგილების ახალი მექანიზმის თანახმად, რეგულარული ატომის გადაადგილების აქტის ალბათობას ექნება შემდეგი სახე:

$$W_{გად.} = 8a^2 n_{გად}^5 (n_i / N_a)^6 W_{გ.}, \quad (1)$$

სადაც n_i არის აკვაზების კონცენტრაცია, N_a – ნივთიერების ატომების კონცენტრაცია, a – დეფექტის მიერ დარღვეული მოცულობის ფარდობა კრისტალში ერთ რეგულარულ ატომზე მოსულ მოცულობასთან, $n_{გად}$ – იმ ატომების რაოდენობა, რომლებთანაც ატომის რხევის ერთი პერიოდის განმავლობაში მივა აკვაზი, ხოლო $W_{გ.}$ – განსაზღვრული რაოდენობისა და ენერგიის მქონე ფონონების მისვლის ალბათობა. (1) ფორმულიდან ჩანს, რომ რეგულარული ატომის გადაადგილება დამოკიდებულია აკვაზების კონცენტრაციაზე, რომლის შეცვლა შეიძლება სხვადასხვა გზით: სინათლით, ინჟექციით, წნევით, ტემპერატურით და სხვ.

ატომის გადაადგილების ახალი მექანიზმი ნანონაწილაკებისთვისაც სამართლიანია მათი ელექტრონული სტრუქტურის სპეციფიკის გათვალისწინებით. ნანონაწილაკების ელექტრონული სტრუქტურის და გეომეტრიული აგებულების აღსაწერად შექმნილია უამრავი თეორიული კვანტურ-მექანიკური მეთოდი, მაგრამ, სამწუხაროდ, მათი საშუალებით გამოთვლილი მახასიათებელი პარამეტრები არ ემთხვევა ექსპერიმენტულ შედეგებს. მიუხედავად ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ნანონაწილაკის ენერგეტიკული მდგომარეობა აისახება ენერგეტიკული დონეების დისკრეტული სპექტრით (ნახ. 6). ნანონაწილაკებში ატომების რაოდენობის ზრდასთან ერთად მცირდება დონეებს შორის ენერგეტიკული მანძილი, რაც ეთანხმება ექსპერიმენტზე დამზერილ ტენდენციებს. HOMO-სა (Higher Occupied Molecular Orbital) და LUMO-ს (Lower Unoccupied Molecular Orbital) შორის არსებული ენერგეტიკული ღრეჩო, რომელსაც აკრძალული ზონის მნიშვნელობა აქვს, ნანონაწილაკის ატომების რაოდენობის ზრდასთან ერთად მცირდება და 100-ზე მეტი ლითონური ატომისაგან შედგენილი ნანონაწილაკისთვის იგი ქრება. მაგალითად, ვერცხლის 55 ატომისაგან შედგენილი ნანონაწილაკის ზონის სიგანეა 0,2 ევ, 79 ატომისაგან შედგენილი ვერცხლის ნანონაწილაკის სიგანისა კი – 0,1 ევ (აკრძალული ზონა), რომელსაც ნახევარგამტარის თვისება აქვს. 100 ატომზე მეტი ვერცხლის ატომისაგან შედგენილ ნანონაწილაკს არ გააჩნია აკრძალული ზონა და ხასიათდება ლითონური ელექტროგამტარობით. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ HOMO-ს ენერგეტიკულ მდგომარეობას აიგივებენ ფერმის დონესთან. ვაკუუმში ენერგეტიკული მანძილი HOMO-დან ელექტრონის ენერგეტიკულ დონემდე განსაზღვრავს იონიზაციის პოტენციალს, ხოლო ვაკუუმის დონიდან LUMO-ს დონემდე – ელექტრონისადმი სწრაფვის ენერგიას. LUMO-ს ქვემოთ ენერგეტიკულად მდებარე დონეები წარმოადგენს დამაკავშირებელ დონეებს, ხოლო HOMO-ს ზემოთ მდებარე – ანტიდამაკავშირებელ დონეებს. მაშასადამე, დამაკავშირებელი დონეებიდან ანტიდამაკავშირებელ დონეებზე ელექტრონების გადასვლა წარმოქმნის აკვაზებს. დონეებს შორის ენერგეტიკული მანძილი საშუალებას იძლევა გადასვლები განხორციელდეს ოთახის ტემპერატურაზე უფრო დაბალ ტემპერატურებზეც.

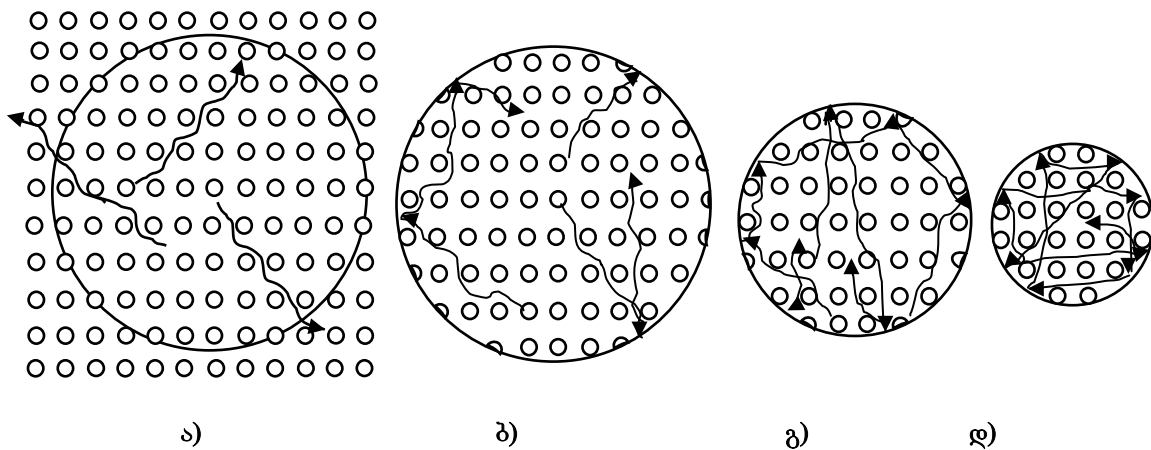


ნახ. 6. ნანონაწილაკის ენერგეტიკული სტრუქტურა: HOMO – ელექტრონებით დაკავებული უმაღლესი დონე; LUMO – ელექტრონებით დაკავებული უდაბლესი დონე

ნანონაწილაკების შემთხვევაში ანტიდამაკავშირებელ დონეზე რაიმე გზით გადაყვანილი ელექტრონი (აკვაზი) იმოძრაებს ამ დონეებზე თავისუფლად, თუ აღნიშნულ დონეებს შორის ენერგეტიკული მანძილი kT -ის რიგისაა, რაც ხორციელდება ოთახის ტემპერატურაზე (გავიხსენოთ, რომ Ag79-ის ენერგეტიკული ღრეჩო არის 0.1 ევ, ხოლო შემდეგი აგზნებული დონე პირველი აგზნებული დონისაგან დაცილებული იქნება n^2 -ჯერ ნაკლები ენერგიით). როდესაც ნანონაწილაკებში აკვაზები მოძრაობის დროს ნანონაწილაკის ზედაპირს მიაღწევს, აირეკლება მისგან, რის გამოც ისინი ვერ გადიან ნანონაწილაკიდან, განსხვავებით კომპაქტურ სხეულში მოთავსებული იმავე მოცულობის არისაგან (ნახ. 7).

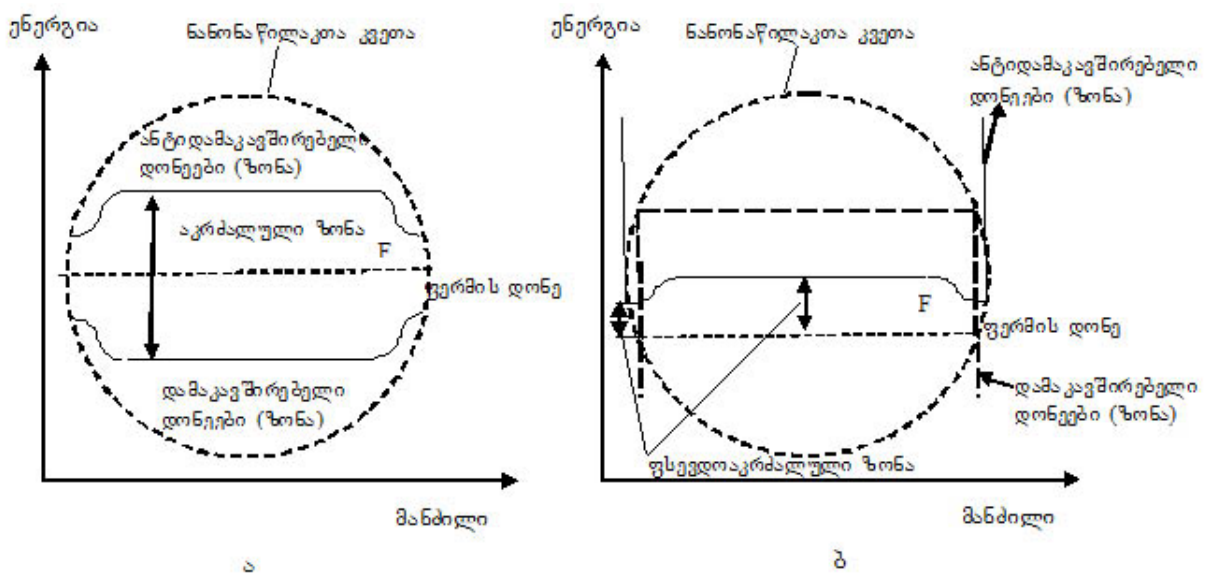
მე-7 ა ნახ-ზე მოცემულია კომპაქტურ მყარ სხეულში ნანონაწილაკის ზომის ტოლ არეში სამი აკვაზის ტრაექტორია: ორი მათგანი გადის არიდან; ბ – ნანონაწილაკში საზღვრის ზედაპირიდან არეკვლის გამო სამივე აკვაზის ტრაექტორია მოთავსებულია მასში და ისინი ნანონაწილაკში მყოფ უფრო მეტ ატომთან გაივლიან, ვიდრე კომპაქტურის (ა) შემთხვევაში; გ და დ – ნანონაწილაკის ზომის შემცირებასთან ერთად იგივე სამი აკვაზი უფრო მეტ ატომთან აღმოჩნდება, ვიდრე დანარჩენ ატომებთან; ბ, გ და დ – ნანონაწილაკების აკვაზების ზედაპირიდან არეკვლის გამო ზედაპირულ ფენაში მყოფ ატომებთან უფრო ხშირად აღმოჩნდება, ვიდრე დანარჩენ ატომებთან. ამის გამო აკვაზები ნანონაწილაკში მოთავსებულ ატომებთან უფრო ხშირად აღმოჩნდება, ვიდრე კომპაქტურ მყარ სხეულში, რაც ზრდის მათი ბმების შემასუსტებელ ზემოქმედებას. ეს შეიძლება გამოიხატოს რეალური კონცენტრაციით, რომელიც გამოთვლილზე მეტია იმდენჯერ, რამდენჯერაც მეტი აღმოჩნდება მოცემულ ატომთან ნანონაწილაკში აკვაზი კომპაქტურ მყარ სხეულში ატომის ერთი რხევის პერიოდის ტოლი დროის განმავლობაში.

აკვაზების ერთნაირი კონცენტრაციის დროს ნანონაწილაკებში ზედაპირიდან არეკვლისას აკვაზი ზედაპირული ფენის ატომებთან ატარებს დაახლოებით ორჯერ მეტ დროს (ზედაპირთან მისვლა



ნახ. 7. აკვაზების ერთსა და იმავე რეალური კონცენტრაციის დროს ეფექტური კონცენტრაციის ზრდა ნანონაწილაკების ზომების შემცირებასთან ერთად

და ზედაპირიდან არეკვლის გამო უკან დაბრუნება), ვიდრე ნანონაწილაკის მოცულობით არეში. შედეგად მათი ქიმიური ბმები შიგა ნაწილში მყოფ ატომებთან შედარებით უფრო შესუსტებული იქნება. ბმების შესუსტება იწვევს აკრძალული ენერგეტიკული ღრეხოს შემცირებას და მოცემულ ტემპერატურაზე ელექტრონების გადასვლის ინტენსიურობის გაზრდას, რაც განაპირობებს აკვაზების ჭარბ კონცენტრაციას ნანონაწილაკის ზედაპირულ ფენაში და აკრძალული ენერგეტიკული ღრეხოს მნიშვნელობის შემდგომ შემცირებას. ამ შემთხვევაში მიიღება ერთი ნივთიერების საინტერესო ენერგეტიკული სტრუქტურა, რომელსაც აქვს აკრძალული ენერგეტიკული ღრეხოს სხვადასხვა მნიშვნელობა შუაგულთან შედარებით ზედაპირთან უფრო ნაკლები (ნახ. 8).

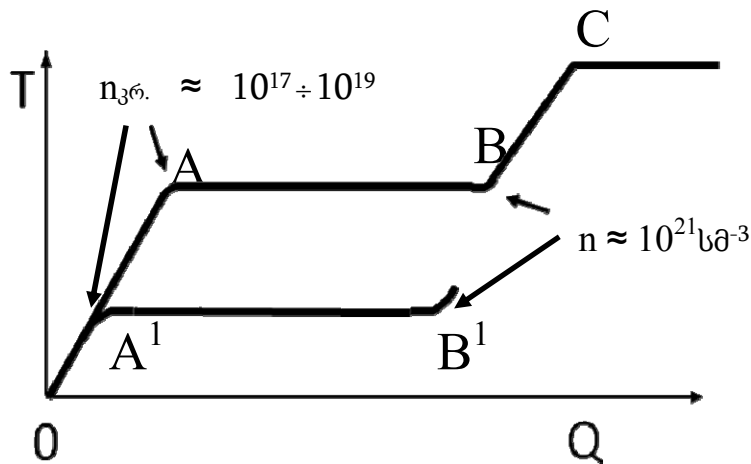


ნახ. 8. ნანონაწილაკების ენერგეტიკული დონეების განლაგება ზედაპირის მახლობლობაში და სიღრმეში. ზედაპირიდან აკვაზების არეკვლის შედეგად ზედაპირულ ატომებთან აკვაზების ყოფნის ალბათობა მეტია. ა – ნახევარგამტარში ზედაპირიდან აკვაზების არეკვლის გამო მანძილი ზედაპირთან დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ დონეებს (ზონებს) შორის ნაკლებია, ვიდრე სიღრმეში; ბ – ლითონებში დამაკავშირებელი და ანტიდამაკავშირებელი დონეები გადაფარულია და ფსევდოაკრძალული ზონა ზედაპირთან უფრო ნაკლებია, ვიდრე სიღრმეში და, შესაბამისად, კონცენტრაციაც უფრო მეტია

ნანონაწილაკის ასეთი ელექტრონული სტრუქტურა განაპირობებს ზედაპირულ ფენაში აკვაზების სიჭარბეს და ამ ფენის მეტ სირბილეს შიგა არესთან შედარებით. აქედან გამომდინარე, ზედაპირულ ფენაში ატომების გადაადგილება უფრო ადვილია, ვიდრე ნანონაწილაკის შიგა არეში. აშკარაა, რომ ნანონაწილაკების ზომების შემცირებასთან ერთად ეფექტური კონცენტრაცია მატულობს და ატომის გადაადგილების აღმწერ ფორმულაში (1) რეალური კონცენტრაციის ნაცვლად გამოყენებული უნდა იყოს ეფექტური კონცენტრაცია, რომელიც ყოველი კონკრეტული ნანონაწილაკის ზომის და მოცემული პროცესის შემთხვევაში უნდა იქნეს გამოთვლილი.

ახლა მპთ-ის დებულებების მიხედვით განვიხილოთ ნანონაწილაკების ფუნდამენტური თვისებების მათ ზომებზე დამოკიდებულების ყველა ექსპერიმენტული მონაცემის თვისებრივი ახსნა. როგორც მე-2 ა ნახ-დან ჩანს, ნანონაწილაკის ზომების შემცირებით იზრდება მესრის პარამეტრი და ელემენტარული უჯრედის მოცულობა (რომლებიც დამოკიდებულია ატომებს შორის მანძილზე). ნანონაწილაკის ზომების შემცირებით იზრდება აკვაზების ეფექტური კონცენტრაცია, რის შედეგადაც მცირდება ქიმიური ბმების სიძლიერე. მაგრამ, ცნობილია, რომ ატომებს შორის ქიმიური ბმების სიძლიერის შემცირებით იზრდება მათ შორის მანძილი [23]. ამით აიხსნება მე-2 ა ნახ-ზე ნაჩვენები ექსპერიმენტული შედეგები. აკვაზების კონცენტრაციის გაზრდით მყარი სხეულის მესრის პარამეტრის გაზრდა მტკიცდება პირდაპირი ექსპერიმენტით: როცა მყარ სხეულს გავანათებთ ისეთი სინათლით, რომელიც წარმოქმნის აკვაზებს, იგი ფართოვდება მისი ტემპერატურის მომატების გარეშე.

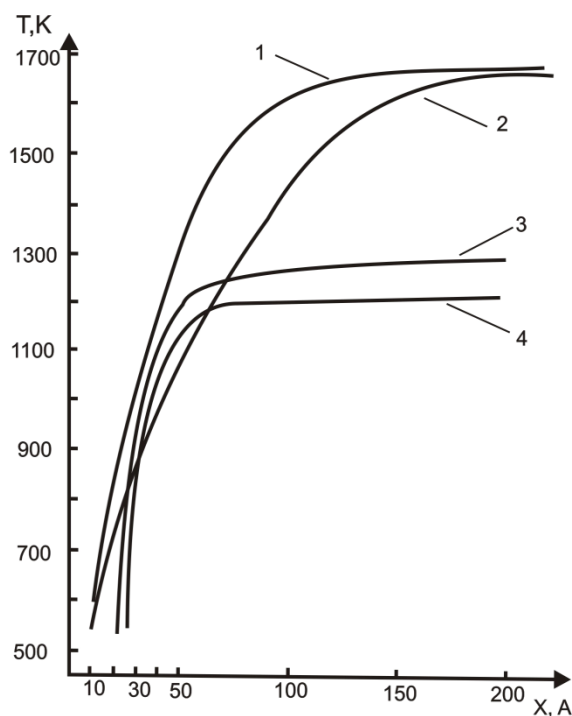
მე-2 ბ ნახ-ზე მოყვანილია ნანონაწილაკების დნობის ტემპერატურის დამოკიდებულება მათ ზომებზე. აქ ცხადად ჩანს, რომ ნანონაწილაკის ზომების შემცირებით მცირდება მისი დნობის ტემპერატურა. ამ საინტერესო ფენომენის ასახსნელად გავიხსენოთ დნობის მექანიზმი, რომელიც დამუშავებულ იქნა მპთ-ის საფუძველზე [8]. სადაც ნაჩვენები იყო, რომ დნობის პროცესი იწყება ნივთიერებისათვის დამახასიათებელი სათანადო აკვაზების კრიტიკული კონცენტრაციის მიღწევის შემდეგ [7, 10] და მნიშვნელობა არა აქვს რა გზით (თერმულით თუ ათერმულით) მიიღწევა ეს კონცენტრაცია. მაშასადამე, თუ კრიტიკული კონცენტრაცია მიიღწევა რაიმე ათერმული (დნობის ტემპერატურაზე დაბალი) საშუალებით, დნობა დაიწყება ამ დაბალ ტემპერატურაზე (ნახ. 9).



ნახ. 9. მყარი სხეულის ტემპერატურის ცვლილება სითბოს გადაცემისას

ზემოაღნიშნული მსჯელობის საფუძველზე ჩანს, რომ ნანონაწილაკის ზომის შემცირებასთან ერთად იზრდება აკვაზების ეფექტური კონცენტრაცია. როცა რეალურ და ეფექტურ კონცენტრაციათა ჯამი გაუტოლდება კრიტიკულის მნიშვნელობას, მაშინ იწყება დნობის პროცესი მოცემულ ტემპერატურაზე. ცხადია, რაც უფრო მცირეა ნანონაწილაკის ზომა, მით უფრო დიდია ეფექტური კონცენტრაცია და უფრო დაბალ ტემპერატურაზე დაიწყება მისი დნობა. ნანონაწილაკის ზედაპირიდან არეკვლის გამო მიიღება ნანონაწილაკის ისეთი ელექტრონული სტრუქტურა, რომელიც განაპირობებს ზედაპირულ ფენაში აკვაზების სიჭარბეს და ამ ფენის მეტ სირბილეს

შიგა არესთან შედარებით. აქედან გამომდინარე, დნობა ზედაპირულ ფენაში უფრო ადრე იწყება, ვიდრე ნანონაწილაკის შიგა არეში (ნახ. 10). ამ მოსაზრების გათვალისწინებით ჩატარებული თეორიული გამოთვლებით მიღებული შედეგი [24] საკმაოდ კარგად ემთხვევა ექსპერიმენტულს.



ნახ. 10. ნანონაწილაკის ტემპერატურის დამოკიდებულება მის ზომებზე: 1 – Si-ის მთლიანი ნანონაწილაკი; 2 – Si-ის ნანონაწილაკის ზედაპირული ფენა; 3 – Au-ის ექსპერიმენტული შედეგები; 4 – Au-ის თეორიული შედეგები

ნანომასალებში დიფუზიის შესწავლამ ცხადყო, რომ დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობა მათში გაცილებით მეტია, ვიდრე კომპაქტურ მყარ სხეულებში და თვით მარცვლოვან მასალებში (იგულისხმება პატარა მარცვლებისაგან შემდგარი მასალა, რომელიც ნანონაწილაკებზე უფრო დიდია).

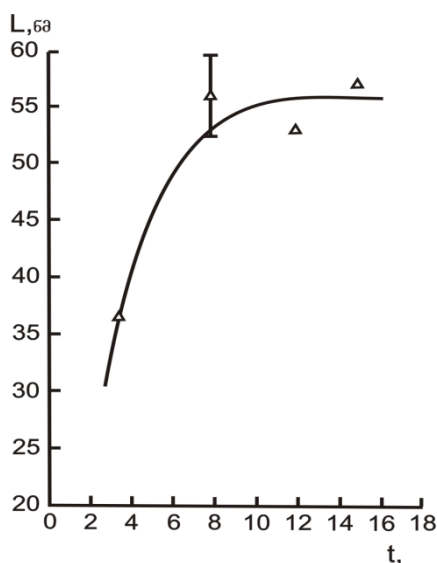
სპილენძის და ნიკელის თვითდიფუზიის კოეფიციენტები

მასალა	თვითდიფუზიის კოეფიციენტი D მ ² /წმ, 393K-ზე
ნანო-Cu	$1.8 \cdot 10^{-17}$
კომპაქტური Cu	$1.3 \cdot 10^{-31}$
მარცვლოვანი Cu	$1.7 \cdot 10^{-19}$
Cu-ის ზედაპირზე	$1.4 \cdot 10^{-16}$
ნანო-Ni	$1 \cdot 10^{-10}$
კომპაქტური Ni	$1.2 \cdot 10^{-25}$
მარცვლოვანი Ni	$3 \cdot 10^{-12}$

ცხრილში მოყვანილია სხვადასხვა მეთოდით მიღებული Cu და Ni ერთნაირ პირობებში გაზომილი დიფუზიის კოეფიციენტები ნანომასალებში, მარცვლოვან მასალებსა და კომპაქტურ მყარ სხეულებში, საიდანაც ჩანს, რომ ნანომასალებში დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობა მრავალი რიგით მეტია. იგივე ითქმის მინარევების დიფუზიის შემთხვევაზე. მაგალითად, ოქროს დიფუზიის კოეფიციენტი ნიკელის ნანომასალაში 0.2 ± 0.3 T_{დნ}-ზე (T_{დნ} - დნობის ტემპერატურაა) 14 ± 16 რიგით (!)

მეტია, ვიდრე ჩვეულებრივ კომპაქტურ პოლიკრისტალურ Ni-ში. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოთ მოყვანილ კომპაქტურ მყარ სხეულებში ფოტოსტიმულირებული დიფუზიის კოეფიციენტების მნიშვნელობა ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე თერმული დიფუზიის დროს [25, 26]. ფოტოსტიმულირების შედეგად დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობის ზრდა განპირობებულია სინათლის საშუალებით დამატებითი აკვაზების წარმოქმნით [9, 26].

ამ ორი მოვლენის ასეთი მსგავსება ცალსახად მიგვითითებს იმაზე, რომ ნანომასალებში დიფუზიის კოეფიციენტის დიდი მნიშვნელობა განპირობებული უნდა იყოს ნანონაწილაკებში აკვაზების ეფექტური კონცენტრაციის არსებობით. აქედან გამომდინარე, დიფუზიის კოეფიციენტის გამოსახულებაში აკვაზების კონცენტრაციისათვის უნდა ავიღოთ ეფექტური კონცენტრაცია, რომელიც რეალურ კონცენტრაციაზე მოცემული ტემპერატურისა და ნანონაწილაკის განსაზღვრული ზომისათვის γ -ჯერ მეტია – $n_{\Sigma} = \gamma n_0$. დიფუზიის კოეფიციენტის გამომსახველ ფორმულაში ამ კონცენტრაციის შეტანით დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობა გაიზრდება γ^2 -ჯერ [4, 28, 29]. ამიტომ ერთსა და იმავე ნივთიერებაში დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობები (მინარევული ან საკუთარი ატომებისათვის მოცემულ ტემპერატურაზე) ნანონაწილაკების შემთხვევაში მრავალი რიგით მეტი იქნება, ვიდრე ჩვეულებრივი ზომის ნიმუშებში. ცნობილია, რომ რეკრისტალიზაცია განპირობებულია დიფუზური პროცესებით, რის გამოც მისი ფიზიკური ბუნება ისეთივეა, როგორიც ზემოთ აღწერილი დიფუზური პროცესებისა. ნანომასალებში რეკრისტალიზაციის პროცესი (ნანონაწილაკების ზომების მომატება ტემპერატურის მომატებასთან ერთად) მიმდინარეობს ბევრად უფრო სწრაფად, ვიდრე მარცვლოვან მასალებში. სიჩქარეთა სხვაობა მით უფრო მეტია, რაც უფრო მეტად განსხვავდება ნანონაწილაკებისა და მარცვლების ზომები ერთმანეთისაგან. ნანომასალის რეკრისტალიზაციის სიჩქარე დროის მიხედვით თანდათან მცირდება ნანონაწილაკების რეკრისტალიზაციის გამო მათი ზომების გაზრდის შედეგად და ხდება იგივე მნიშვნელობის, როგორიც მარცვლოვან ნანომასალებშია (ნახ. 11). ნანონაწილაკების ზომების ზრდის შედეგად კი მცირდება ეფექტური კონცენტრაცია და, შესაბამისად, აკვაზების შემასუსტებელი ეფექტი.

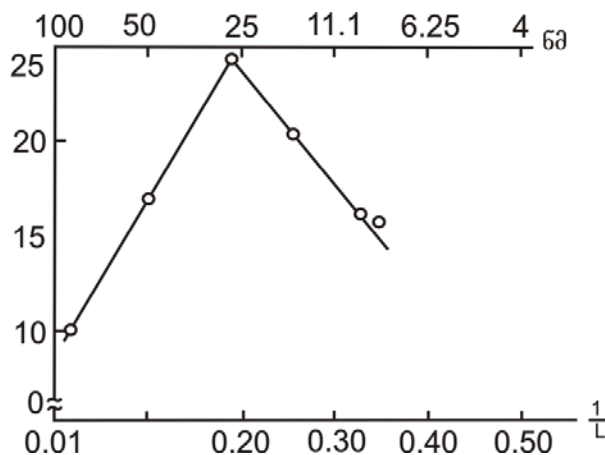


ნახ. 11. ნანონაწილაკის ზომის ცვლილება დროის მიხედვით რეკრისტალიზაციისას

სხვადასხვა მეთოდით მიღებული ნანომასალების მიკროსისალის გამოკვლევამ გამოავლინა საერთო ტენდენცია, რომ ნანონაწილაკის ზომების შემცირებით ნანომასალის სისაღე ჯერ იზრდება და შემდეგ მცირდება (ნახ. 12). ასევე ექსპერიმენტულად დადგენილია დენადობის ზღვრის ნანონაწილაკის ზომებზე დამოკიდებულების ანომალიური სვლა. ნანომასალის მიკროსისალის მნიშვნელობის ზრდის უბანი აღიწერება ე. წ. პოლ-პეტჩის ემპირიული თანაფარდობით: $H = H_0 + KL^{-1/2}$, სადაც H არის ნანომასალის სისაღე, H_0 – ნივთიერების სისაღე, K – პროპორციულობის კოეფიციენტი, L – ნანონაწილაკების საშუალო ზომა. ნანონაწილაკის ზომების შემცირებასთან ერთად (მსგავსად სისაღისა) დენადობის ზღვარი ჯერ იზრდება, პოლ-პეტჩის თანაფარდობის

მიხედვით: $\delta_T = \delta_0 + KL^{-1/2}$ (δ_T – დენადობის ზღვარი, δ_0 – შინაგანი დაძაბულობა, რომელიც ეწინააღმდეგება პლასტიკურ ძვრას სხეულში), შემდეგ კი მცირდება.

მიკროსისალის და დენადობის ზღვრის ზრდა ნანონაწილაკის ზომების შემცირებასთან ერთად აიხსნება ნანონაწილაკში დისლოკაციების რაოდენობის კლებით, რაც დამტკიცებულია რენტგენული და ელექტრონულ-მიკროსკოპული გამოკვლევებით. მიკროსისალის და დენადობის ზღვრის შემცირების უბანი მკო-ზე დაფუძნებულ წარმოდგენებში ანომალიად ითვლებოდა და დღემდე ახსნა არ ჰქონდა. ზემოთ მოყვანილ მკო-ზე დაყრდნობით კი ატომის გადაადგილების ახალი მექანიზმის საფუძველზე ეს ფენომენი ადვილად იხსნება.



ნახ. 12. ნანომასალის დენადობის ზღვრის დამოკიდებულება მისი შემადგენელი ნანონაწილაკების ზომებზე: მარცხნივ – არე, რომელიც ემორჩილება ჰოლ-პეტჩის თანაფარდობას; მარჯვნივ – ანომალიური არე

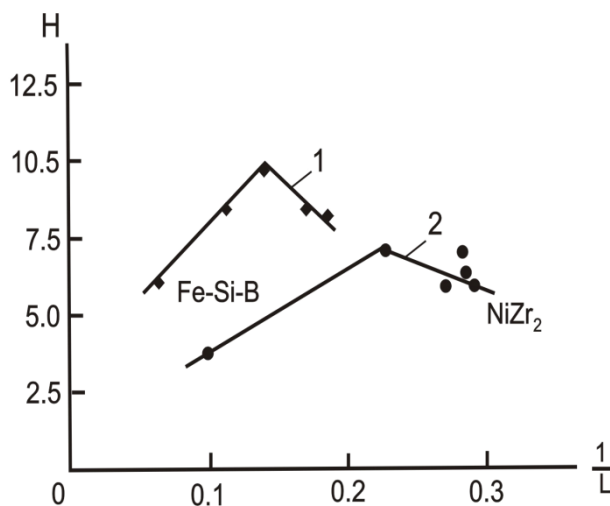
მიკროსისალის და დენადობის ზღვრის მნიშვნელობა განისაზღვრება ატომის გადაადგილების უნარით; რაც უფრო ადვილია ატომის გადაადგილება, მით ნაკლებია მიკროსისალე და დენადობის ზღვარი. ატომის გადაადგილება კი განისაზღვრება მოცემულ ატომთან აკვავების არსებობით. ამასთან, რაც მეტია მათი კონცენტრაცია, მით მეტია ატომის გადაადგილების შესაძლებლობა, ნაკლებია მიკროსისალე და დენადობის ზღვარი. ნანონაწილაკის გარკვეული ზომებიდან დაწყებული მასში წარმოიქმნება აკვავების რეალური კონცენტრაცია, რომელიც ზრდის ატომის გადაადგილების უნარს, რის გამოც მცირდება მიკროსისალე და დენადობის ზღვარი.

ლითონებში ფსევდოაკრძალული ზონის სიგანე კორელირებს დნობის ტემპერატურასთან [7, 30]. ამიტომ, რაც მეტია ფსევდოაკრძალული ღრეო, მით ნაკლებია მოცემულ ტემპერატურაზე აკვავების კონცენტრაცია. ნანონაწილაკებში კი, რაც ნაკლებია რეალური კონცენტრაცია, მით ნაკლებია ეფექტური კონცენტრაცია. აქედან გამომდინარე, დნობის მაღალი ტემპერატურის მქონე ნივთიერებების ნანონაწილაკების ზომები უნდა იყოს უფრო ნაკლები, რათა მრავალი არეკვლის საშუალებით რეალურმა კონცენტრაციამ სათანადო სიდიდეს მიაღწიოს. მე-13 ნახ-დან ჩანს, რომ $NiZr_2$ -ის ანომალია იწყება უფრო მცირე ზომის ნანონაწილაკების დროს, ვიდრე $Fe-Mo-Si-B$ -ში, რომლის დნობის ტემპერატურა $NiZr_2$ -ისაზე ნაკლებია [31].

ნანონაწილაკებში სისალის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების (შემცირების) მრუდი უფრო დახრილია, ვიდრე კომპაქტური მყარი სხეულების შემთხვევაში [32–34]. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად აკვავების სიჩქარის მომატება ნანონაწილაკებში ზრდის ზედაპირიდან მათი არეკვლის სიხშირეს და, შედეგად, რეალურ კონცენტრაციას. ამ უკანასკნელის მომატება ამცირებს ენერგეტიკულ ღრეოს (დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ ღონეებს შორის ენერგეტიკულ მანძილს), რაც ზრდის აკვავების რეალურ კონცენტრაციას ისე, რომ მოცემულ ტემპერატურაზე რეალური კონცენტრაცია ნანონაწილაკში უფრო მეტია, ვიდრე კომპაქტურ მყარ სხეულში. ეს კი რეალური კონცენტრაციის არსებობასთან ერთად ნანონაწილაკში განაპირობებს მიკროსისალის მნიშვნელობის უფრო მკვეთრ შემცირებას (ტემპერატურის ზრდასთან ერთად), ვიდრე კომპაქტურ მყარ სხეულში.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნანონაწილაკების მექანიკური თვისების ყველა ცვლილება აიხსნება ნანონაწილაკებში აკვაზების რეალური კონცენტრაციის ცვლილებით. ნანონაწილაკის ზომების შემცირებასთან ერთად მცირდება იუნგის მოდული, ძვრის მოდული და მოცულობითი დრეკადობა [32, 35], რაც განპირობებულია ნანონაწილაკის დარბილებით (ეს გამოწვეულია აკვაზების რეალური კონცენტრაციის ზრდით ნანონაწილაკების ზომების შემცირებასთან ერთად).

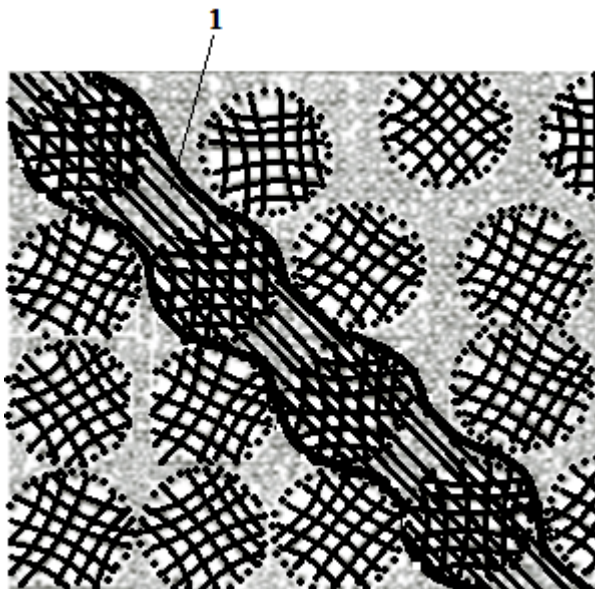
მყარ სხეულებს ახასიათებს ე. წ. ზეპლასტიკურობა, რომლის არსია ის, რომ მოცემული ნივთიერებების მყარი სხეული განსაზღვრულ ტემპერატურაზე მოდებული სათანადო დატვირთვის დროს კი არ ირღვევა, არამედ პლასტიკურად დეფორმირდება. ნანომასალებში, რომლებიც შედგება რაიმე ნივთიერებისა და მასში ჩართული ნანონაწილაკებისაგან, ზეპლასტიკურობა დაიმაჩვიება 300–400 °C-ზე უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ოდნავ უფრო მაღალი დატვირთვის დროს, ვიდრე კომპაქტურ მყარ სხეულში [36]. ტემპერატურის შემცირება განპირობებულია ნანონაწილაკებში აკვაზების რეალური კონცენტრაციით, რაც იწვევს მათ დარბილებას, ხოლო მოდებული დატვირთვის მნიშვნელობის მომატება შედეგია იმის, რომ ნანონაწილაკებს შორის არსებულ ნივთიერებებში მოცემულ დაბალ ტემპერატურაზე აკვაზების რეალური კონცენტრაცია არ არის საკმარისი პლასტიკურობისათვის. მოდებული დიდი დატვირთვა წარმოქმნის საკმარის წნევას, რომელიც ამცირებს ენერგეტიკულ მანძილს დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ ზონებს შორის, რაც რეალურ კონცენტრაციას ზრდის საჭირო სიდიდემდე ნანონაწილაკათა შორის ნაწილში და მთელ ნანომასალაში ხორციელდება ზეპლასტიკურობა.



ნახ. 13. სხვადასხვა დნობის ტემპერატურის მქონე ნანომასალის სისხლის დამოკიდებულება მათი შემადგენელი ნანონაწილაკების ზომებზე, $T_1 < T_2$

მყარი სხეულის სათანადო დატვირთვის დროს შეიძლება მოხდეს მისი ერთი ნაწილის პლასტიკური ძვრა მეორის მიმართ – „გასრიალება“ რომელიმე სიბრტყის გასწვრივ [37, 38]. ნანომასალებში პლასტიკური ძვრა ხდება დატვირთვების გაცილებით უფრო დაბალი მნიშვნელობებისას, რაც გამოწვეულია ნანონაწილაკებში მათ ზედაპირზე აკვაზების ჭარბი რეალური კონცენტრაციის არსებობით. მაგრამ საინტერესოა, რატომ ხდება ასეთი სრიალი და არა მთელი მასალის დეფორმაცია? ნანონაწილაკებში, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, პლასტიკური დეფორმაცია ვერ აიხსნება დისლოკაციების მოძრაობით ამ უკანასკნელთა ნანონაწილაკში არარსებობის გამო. მაშ როგორ ხორციელდება პლასტიკური ძვრა ნანონაწილაკებში ატომურ დონეზე ნანომასალაზე დატვირთვის მოდების დროს? მიკროგასრიალება ახალი მიდგომით შეიძლება აიხსნას ასე: ნანომასალაზე დატვირთვის მოდების დროს წარმოიქმნება წნევა ნანონაწილაკებზე, რომელთა კრისტალოგრაფიული ორიენტაცია ქაოსურადაა განაწილებული (ნახ. 14), ე. ი. ერთი ნებისმიერი მიმართულების გასწვრივ განლაგებულ ნანონაწილაკებს ექნება სხვადასხვა კრისტალოგრაფიული ორიენტაცია და მოდებული წნევა მოახდენს მათი ზონების ენერგეტიკულ სკალაზე სხვადასხვანაირ გადაადგილებას – დაახლოებას ან დაშორებას. იმ სიბრტყეში,

რომელშიც აღმოჩნდება უფრო მეტი ისეთი ორიენტაციის ნანონაწილაკი, რომ მასზე მოქმედი წნევა გამოიწვევს დამაკავშირებელ და ანტიდამაკავშირებელ ღონეებს შორის ენერგეტიკული მანძილის შემცირებას, მაშინ ამ სიბრტყეში რეალური და ეფექტური კონცენტრაციები იქნება მეტი, ვიდრე სხვა, მოცემულის არაპარალელურ სიბრტყეებში და მიკროგასრილება განხორციელდება შესაბამის სიბრტყეებზე.



ნახ. 14. ნანომასალაში სხვადასხვა კრისტალოგრაფიული ორიენტაციის ნანონაწილაკების განლაგება:
1 – მიკროგასრილების სიბრტყე

დასკვნა:

წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებული ნანონაწილაკის ატომის გადაადგილებასთან დაკავშირებული ფუნდამენტური თვისებების (მესრის პარამეტრი, დნობის ტემპერატურა, დიფუზიის კოეფიციენტი, რეკრისტალიზაცია, ზეპლასტიკურობა, სისაღე, დენადობის ზღვარი) ნანონაწილაკების ზომებზე დამოკიდებულება ასხნილია მკითხველის გამოყენებით, რომლის თანახმადაც მყარ სხეულებში ატომის გადაადგილება უმთავრესად განისაზღვრება მისი მეზობელ ატომებთან ქიმიური ბმების მდგომარეობებით.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Губин С. П., УХН, №3, 2002, с. 23-31.
2. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. М.: БИНОМ, лаборатория знаний, 2007.
3. ა. მანჯგალაძე. გაზ. საქართველოს რესპუბლიკა, №74, №75, №76, 2001.
4. ა. გერასიმოვი. ნანოტექნოლოგიების საწყისები, თსუ, 2009.
5. დ. ჯიშიაშვილი. ნანოტექნოლოგიების შესავალი, სტუ, 2007.
6. ა. ბიბილაშვილი. ნანოტექნოლოგია და ახალი მასალები, თსუ, 2011.
7. A. Gerasimov. 2nd International Conference “Nanotechnologies” Nano – 2012, September 19-21, Tb., 2012, p. 160.
8. ა. გერასიმოვი. მოლეკულურ-პოტენციური თეორიის ფიზიკური საფუძვლები// მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1(714), 2013, გვ. 23-37.
9. Харрисон У. Электронная структура и свойства твердых тел// Физикахимической связи, 1. М.: Мир, 1983.
10. ა. გერასიმოვი. ნახევარგამტარული ხელსაწყოების შექმნის დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიის საფუძვლები. თსუ, 2005.
11. Френкель Я.И. Статистическая физика. М.- Л., 1948.-760 с.
12. G.C. Kuczynski, R.H. Hochman. Phys. Rev., v.108, 1957, p. 946-949.

13. Герасимов А. Б., Чирадзе Г. Д., Кутивадзе Н. Г., ФТП, т. 35, в. 1, 2001, с. 70-74.
14. Герасимов А. Б., Кутивадзе Н. Г., Чирадзе Г. Д., Бохочадзе З. Г., Кимеридзе Д. А., Ратиани Т. К.// ФХОМ, №4, 2003, с.5-8.
15. J. H. Westbrook, J.J. Gilman. J. Appl. Phys., v.33, 1962, p.2360-2364.
16. Герасимов А. Б., Чирадзе Г. Д., Кутивадзе Н. Г. სამეცნიერო შრომების კრებული "ინტელექტი", №3, 1998, გვ. 24-27.
17. Y.I. Golovin, R.B. Morgunov, D.V. Lopotin, A.A. Baskakov. Phys. Stat. Sol. (a) 160, 1997, p. 3.
18. A. B. Gerasimov, G. D. Chiradze, T. K. Ratiani. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, v. 168, №2, 2003, p. 242.
19. Горелик С. С., Литвинов Ю. М., Лозинский Т. Г., Терещенкова Т. Г. Изв. АН СССР, Неорг. матер. т.2, 1966.- 1689 с.
20. Герасимов А. Б., Чирадзе З. Г. ФТП, т.35, №4, 2001, с. 385-386.
21. A.B. Gerasimov, G. D.Chiradze, Z. G. Gogua. Ukr. J.Phys. V.51, N8.- 2006.
22. Боярская Ю. С., Вальковская М. И. Микротвердость. Кишинев: Штинца, 1981.- 67 с.
23. Глинка Н.Л., Общая химия. М., 2003.
24. A. Gerasimov, A. Bibilashvili, D. Buachidze, I. Lomidze, R. Kazarov, D. Kimeridze. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences. 172, №2, 2005, p. 233-236.
25. A. Gerasimov, N. Gochaleishvili, I. Lomidze, E. Maziashvili, Z. Samadashvili, R. Kazarov, L. Vardosanidze, M. Klibadze. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, v.166, №2, 2002, p. 267-272.
26. A. Gerasimov, R. Kazarov. Ukr. J.Phys. V.51, N9, 2006.
27. ა. გერასიმოვი, ა. ბიბილაშვილი, ნ. გონაღიშვილი, ზ. სამადაშვილი, ზ. ბოხოჩაძე, გ. ჩირაძე// სამეცნიერო შრომების კრებული „ინტელექტი“, №3, 1998, გვ. 17-23.
28. ა. გერასიმოვი, რ. კაზაროვი, ი. ლომიძე, დ. ქიმერიძე, ე. მაზიაშვილი, მ. ვეფხვაძე. დიფუზიის მექანიზმი ნანოსტრუქტურებში // ფოტონიკა, თბ., 2005.
29. A. Gerasimov, G. Chiradze, M. Vepkhvadze, T. Ratiani. A new mechanism of diffusion in nanomaterials, 3rd International Conference “Nanotechnologies” Nano – 2014, October 20 – 24, Tb., 2014, p. 42.
30. Герасимов А. Б., Кутелия Э. Р., Чирадзе Г. Д., Бохочадзе З. Г., Кимеридзе Д. А., Ратиани Т. К. Физика и химия обработки материалов, №4, 2003, 5 с.
31. K. Lu. Mater. Sci. Eng. R16, 161, 1996.
32. Андриевский Р. А., Глезер А. М. ФММ, т. 89, № 1, 2000, с.91-112.
33. M. Guermazi, H. Hofler, H. Hahn, R. Averbach. J. Amer. Cer. Soc. v. 74, 1991, p. 2672-2674.
34. Z. Huang, L. Y. Gu, J. R. Weertman. Scripta. Mater. v. 37, 1997, p.1071-1075.
35. Андриевский Р. А., Глезер А. М. УфН, т.179, № 4, 2009, с.337-358.
36. McFadden S X et al. Nature 398 684, 1999.
37. Глезер А. М. Деформация и разрушение материалов. Т. 9, № 30, 2006.
38. V. A. Pozdnyakov. Bull. Russ. Acad. Sci. Phys., v.71, 2007, p.1708.

DEPENDENCE OF NANOPARTICLES CHARACTERIZING PROPERTIES ON THEIR SIZE ASSOCIATED WITH THE LOCATION CHANGE OF ATOMS

A. Gerasimov, M. Vepkhvadze

(Georgian Technical University)

Resume: The study of the properties of the nanoparticles showed the most amazing feature: the fundamental properties of nanoparticles related to the location change of atoms (lattice parameter, melting-point, diffusion, hardness, recrystallization, yield strength, superplasticity) are depending on their size, in contrast to the properties of a compact solid body. This cannot be explained by existing scientific concepts of solids and it is considered as anomaly..

This paper gives an explanation according to the fundamental properties of nanoparticles on their size based on the molecular-potential theory (MPT), whereby the movement of atoms in a solid is determined by the change in its state of chemical bonds with its neighbors and shows, that all anomalous recognized changes in the properties of nanoparticles take the normal form within MPT that gives great prospect for the creation of new technologies.

Key words: nanoparticle; chemical bond; hardness; superplasticity; diffusion; melting-point.

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ОТ ИХ РАЗМЕРОВ, СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ АТОМОВ

Герасимов А. Б., Вепхвадзе М. Т.

(Грузинский технический университет)

Резюме: Изучение наночастиц показало самое удивительное их свойство: зависимость фундаментальных свойств наночастиц, связанных с перемещением атомов (параметр решётки, температура плавления, диффузия, твердость, рекристаллизация, предел текучести, сверхпластичность), от размера наночастицы, в отличие от свойств компактного твердого тела. Это не может быть объяснено существующими научными представлениями о твердом теле, по которым эти изменения считаются аномалией.

В работе дано объяснение зависимости фундаментальных свойств наночастицы от их размеров на основе молекулярно-потенциальной теории (МПТ), согласно которой перемещение атома в твердом теле определяется изменением состояния его химических связей с соседями, и показано, что все аномально признанные изменения свойств наночастиц принимают нормальный вид в рамках МПТ, что открывает большую перспективу для создания новых технологий.

Ключевые слова: наночастица; химическая связь; твердость; сверхпластичность; диффузия; температура плавления.

ადგილობრივი მინერალები მაღალტემპერატურული თბოსაიზოლაციო მასალების დამზადების ტექნოლოგიაში

გ. დგებუაძე, ბ. ბენდელიანი, ი. მეცხვარიშვილი, ნ. მუმლაძე, ვ. ჭანტურიძე, მ. ჩოჩია (სოხუმის ი. ვეკუას ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: განხილულია ადგილობრივი მინერალების – ბაზალტის (ფიბრა, ქერცლი, ღორღი), პერლიტის (აუფუებელი, აფუებული) და მათი კომპოზიტების გამოყენების ზოგიერთი ასპექტი მაღალტემპერატურული თბოსაიზოლაციო მასალების წარმოებაში. წარმოდგენილია 240÷750 K ტემპერატურულ დიაპაზონში თბოგამტარობის კოეფიციენტის და სიმკვრივის დადგენის მიზნით სხვადასხვა ნიმუშის კვლევის შედეგები.

საკვანძო სიტყვები: თბოიზოლაცია; თბოგამტარობა; ტემპერატურა; ბაზალტი.

შესავალი

თბოსაიზოლაციო მასალების დანიშნულებაზოგადად თბური დანაკარგების შემცირებაა. ასეთი მასალების გამოყენებით მცირდება სამშენებლო კონსტრუქციების მასა, ელექტრული და თბოენერგეტიკული დანახარჯები, ბგერისა და ვიბრაციის გავრცელება.

თბოგამტარობის [1] ფიზიკური არსი მასალის სისქეში სითბოს გამჭოლად გატარებაა. ის დამოკიდებულია ფორების მოცულობაზე, ფოროვანი სტრუქტურის მახასიათებლებზე, ქიმიურ შედგენილობასა და კრისტალიზაციის ხარისხზე.

თბოიზოლაციის პრობლემა 200÷500 K ტემპერატურულ დიაპაზონში პრაქტიკულად გადაწყვეტილია და მასალათა ფართო ასორტიმენტით არის წარმოდგენილი სამომხმარებლო ბაზარზე, მაგრამ უფრო ფართო (4÷2000 K) ტემპერატურულ დიაპაზონში იგი კვლავაც აქტუალურია.

დღეს საქართველოში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ადგილობრივი მინერალების – ბაზალტის (ფიბრა, ქერცლი, ღორღი), პერლიტის (აუფუებელი, აფუებული) და მათი კომპოზიტების გამოყენება მაღალტემპერატურული თბოსაიზოლაციო მასალების წარმოებაში. საერთოდ ბაზალტი [2], როგორც ექსტრუზიული მაგმური წარმოშობის მთის ქანი, თავისი ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობით მაღალსტაბილურია. ბაზალტის ბოჭკოს, ფიბრის, ქერცლის და ბურბუშელას წარმოებისათვის [3, 4] თავისი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლებით გამოირჩევა მარნეულის და ბოლნისის საბადოები (იხ. ცხრილი).

მარნეულის ბაზალტის ქიმიური შედგენილობის ანალიზი (Cod abt-31-0001)

ნიმუში	Σ	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ჯგ-01	99.84	4.12	6.64	15.41	50.04	1.11	8.48	1.65	0.17	11.84	0.38
ჯგ-02	99.85	4.24	5.84	16.18	50.63	1.20	8.37	1.78	0.16	11.05	0.40
ჯგ-03	99.86	3.91	6.47	15.71	51.56	1.08	8.03	1.41	0.16	11.12	0.41

ბაზალტის ბოჭკოს შეუძლია იმუშაოს $4 \div 1200$ K ტემპერატურის დიაპაზონში, მაშინ როდესაც ნახშირბადისა და მინის ბოჭკოები ირღვევა, შესაბამისად, 1000 K და 800 K ტემპერატურებზე. ბაზალტის ბოჭკო, ფიბრა, ქერცლი და ბურბუშელა ეკოლოგიურად სუფთაა, არ გამოყოფს ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მავნე ნივთიერებებს, არ იწვის და არ ფეთქდება. ბაზალტის ნაწარმი ათეული წლების განმავლობაში ინარჩუნებს მაღალ ფიზიკურ-მექანიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს [5], რაც განაპირობებს მათ პერსპექტიულობას [6, 7] ახალი თბოსაიზოლაციო კომპოზიციური მასალების, ანტიკოროზიული საღებავების და სხვადასხვა დანიშნულების ნაკეთობების შესაქმნელად.

ძირითადი ნაწილი

პროგრამით გათვალისწინებული იყო ადგილობრივი ბაზალტის ნედლეულის ნაღნობიდან მიღებული ფიბრის და ქერცლის, ასევე პერლიტის გამოყენებით მრავალი დანიშნულების დაბალი თბოგამტარობის კოეფიციენტის მქონე მექანიკური და ატმოსფერული ზემოქმედებისადმი მდგრადი თბოსაიზოლაციო მასალების მიღების ეფექტური ტექნოლოგიის დამუშავება.

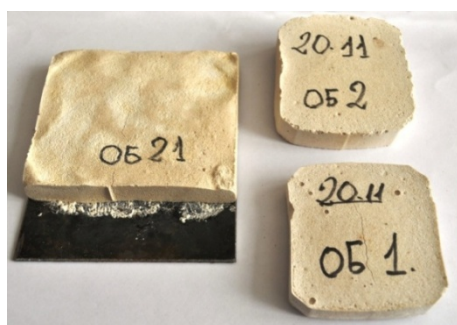
1-6 ნახ-ებზე წარმოდგენილია დამუშავებული და შექმნილი თბოსაიზოლაციო მასალების ნიმუშები.



ნახ. 1.



ნახ. 2.



ნახ. 3.



ნახ. 4.



ნახ. 5.



ნახ. 6.

თბოგამტარობის მიხედვით, თბოსაიზოლაციო მასალები პირობითად დაყოფილია სამ კლასად: დაბალი თბოგამტარობის (≤ 0.06 ვტ/მ·K); საშუალო თბოგამტარობის ($0.06 \div 0.20$ ვტ/მ·K) და მაღალი თბოგამტარობის (≥ 0.21 ვტ/მ·K), ხოლო სიმკვრივის მიხედვით: მსუბუქ ($20 \div 180$ კგ/მ³); საშუალო ($200 \div 350$ კგ/მ³) და მკვრივ ($400 \div 600$ კგ/მ³) თბოსაიზოლაციო მასალებად.

ნივთიერების თბოგამტარობის კოეფიციენტი, როგორც ფიზიკური პარამეტრი, ხასიათდება თბოგამტარობის უნარით და განისაზღვრება განტოლებით

$$\lambda = Q/F\Delta t \text{ [ვტ/მ·K]},$$

სადაც λ თბოგამტარობის კოეფიციენტია და დამოკიდებულია ნივთიერების აგრეგატულ მდგომარეობაზე. პრაქტიკაში მასალების თბოგამტარობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე მაღალი სიზუსტით შეიძლება განისაზღვროს წრფივი განტოლებით

$$\lambda = \lambda_0(1 + bt),$$

სადაც b ექსპერიმენტული მუდმივაა.

მიღებული ნიმუშების კვლევა თბოგამტარობის კოეფიციენტის დადგენის მიზნით მიმდინარეობდა $240 \div 750$ K ტემპერატურულ დიაპაზონში. გამოყენებულია ხელსაწყოები: ღია ღუმელი IKA C-MAG HS-7 ტემპერატურის რეგულირებით $300 \div 770$ K დიაპაზონში, ტემპერატურის კონტროლერები RTD (PT-100) სისტემის სტანდარტით DIN EN 60715 ციფრული რეგისტრატორით Endress+Hauser RSG30, პირომეტრი OMEGASCOPE OS524E ლაზერული სამიზნით.

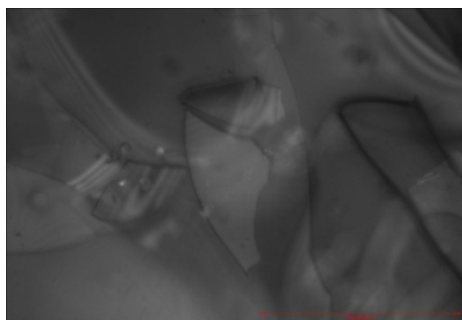
1-ლ და მე-2 ნახ-ებზე წარმოდგენილია ბაზალტის ქერცლის და ფიბრის თბოსაიზოლაციო მასალა, რომელიც შპატელით დატანილია 14 მმ სისქის Cr-3 ლითონზე. კვლევის შედეგად მიღებულია: ნიმუშების თბოგამტარობის კოეფიციენტი – $0.03 \div 0.05$ ვტ/(მ·K) და სიმკვრივე – $70 \div 80$ კგ/მ³.

მე-3 და მე-4 ნახ-ებზე წარმოდგენილია აფუებული პერლიტის და ბაზალტის ქერცლის საფუძველზე შექმნილი თბოსაიზოლაციო მასალა, რომელიც შპატელით დატანილია $12 \div 20$ მმ სისქის Cr-3 ლითონზე. კვლევის შედეგად მიღებულია ნიმუშების თბოგამტარობის კოეფიციენტი – $0.04 \div 0.06$ ვტ/(მ·K) და სიმკვრივე – $40 \div 60$ კგ/მ³.

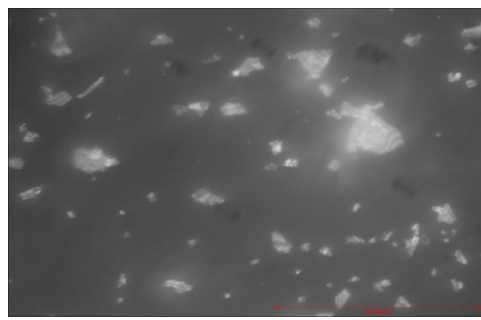
მე-5 ნახ-ზე ბაზალტის ღორღის ფრაქციულობა მერყეობს 3–5 მმ-ის ფარგლებში და საერთო მასიდან შეადგენს 55–60 %-ს. საიდანაც 15–20 % ბაზალტის ფიბრაა, ხოლო დანარჩენი თხევადი მინის და ქიმიური ნაერთების კომპოზიციური შემკვრელი. თბოგამტარობის კოეფიციენტი – $0.08 \div 0.12$ ვტ/(მ·K); სიმკვრივე – $220 \div 230$ კგ/მ³.

მე-6 ნახ-ზე წარმოდგენილი თბოსაიზოლაციო მასალა ბაზალტის ღორღის ფრაქციულობით – $5 \div 12$ მმ საერთო მასიდან შეადგენს 45–55 %-ს, აქედან 25–30 % ბაზალტის ფიბრაა, ხოლო ბაზურ შემკვრელად გამოყენებულია ეთილსილიკატი და ჩვენ მიერ დამუშავებული კომპოზიტი – LX. თბოგამტარობის კოეფიციენტი $0.09 \div 0.11$ ვტ/(მ·K); სიმკვრივე – $200 \div 220$ კგ/მ³.

მე-7 და მე-8 ნახ-ებზე წარმოდგენილია დაუფქავი და დაფქული ბაზალტის ქერცლის და ფიბრის მიკროსტრუქტურა.

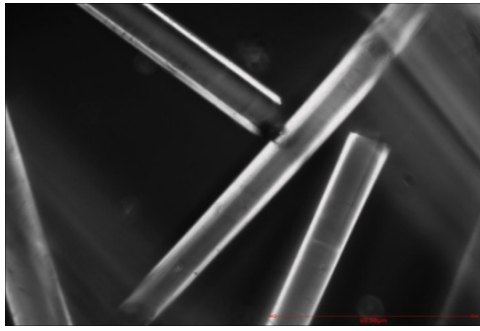


ა

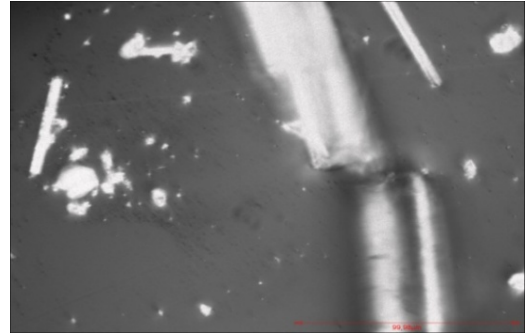


ბ

ნახ. 7. დაუფქავი (ა) და დაფქული (ბ) ბაზალტის ქერცლის მიკროსტრუქტურა



ა



ბ

ნახ. 8. დაუფქვავე (ა) და დაფქული (ბ) ბაზალტის ფიბრის მიკროსტრუქტურა

ჩატარებული ცდების საფუძველზე დადგინდა, რომ:

- თბოსაიზოლაციო კომპოზიტების შრობის დრო 2÷20 მმ სისქეებისათვის შეადგენს 18–60 წთ-ს;
- თბოგადაცემის კოეფიციენტი 375–700 K ტემპერატურულ დიაპაზონში შეადგენს 0.08±0.18 ვტ/მK;
- თბოსაიზოლაციო კომპოზიტების მისაღებად ეფექტურია ადგილობრივი ბაზალტის ნედლეულის გამოყენება;
- საჭიროა გამოკვლევების ჩატარება მიღებული კომპოზიციური მასალების სიმტკიცის გასაზრდელად.

დასკვნა

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის შედეგები საფუძველს იძლევა ბაზალტის ფიბრის და ქერცლის ფუძეზე შეიქმნას ეფექტური მაღალტემპერატურული თბოსაიზოლაციო მასალები. ბაზალტის ფიბრისა და ქერცლის დაფქული ფრაქცია ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ უნიკალური მახასიათებლების მქონე ანტიკოროზიული საღებავების შემსუბუქებად.

ლიტერატურა–REFERENCES–ЛИТЕРАТУРА

1. შ. პ. ღომინაძე. თბოგადაცემის საფუძველები. თბ., 1962.- 182 გვ.
2. მდინიშვილი О. М., Уридия М. Я. Вопросы геологии и технологии полезных ископаемых Кавказа. Тб., 1983.- 212 с.
3. ალ. დალაქიშვილი. ბაზალტის შტაპელის ბოჭკოს მიღება და გამოყენება სახალხო მეურნეობაში. თბ., 1981.- 212 გვ.
4. Джигирис Д. Д., Волынский А. К., Козловский П. П. и др. Основы технологии получения базальтовых волокон и их свойства // Базальтоволокнистые композиционные материалы и конструкции. Киев: Наук. Думка, 1980.- 81 с.
5. И. Китайгородский и его труды в области химии и химической технологии стекла, керамики и ситаллов. Пермь: НП «Базальтовые технологии», 2005.- 144 с.
6. N.E. Ablesimov, A.N. Zemtsov. Relaxation effects in non-equilibrium condensed systems. Basalts: from eruption to a fibre. М., 2010, 400 p.
7. С.П. Основ. О характеристике базальтовых волокон и областях их применения. <http://basaltfm.com/ru/articles/article01.html>

LOCAL MINERALS IN TECHNOLOGY OF HIGH-TEMPERATURE HEAT-INSULATING MATERIALS

G. Dgebuadze, B. Bendeliani, I. Metskhvarishvili, N. Mumladze, V. Chanturidze, M. Chochia

(I. Vekua Sokhumi Institute of Physics and Technology)

Resume: There are considered some aspects of application of local minerals – basalt (a fiber, scales, gravels), perlite (expanded and not-expanded) and their composites in high-temperature heat-insulating technologies. Hereby there are presented results of research of coefficient of heat conductivity and density of various samples in the temperature range 240÷750 K.

Key words: thermal insulation; heat conductivity; temperature; basalt.

ФИЗИКА

МЕСТНЫЕ МИНЕРАЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дгебуадзе Г.Н., Бенделиани Б.Г., Мецхваришвили И.Р., Мумладзе Н.А., Чантуридзе В.Г., Чочия М.Р.

(Сухумский физико-технический институт им. И. Векуа)

Резюме: Рассмотрены некоторые аспекты применения местных минералов – базальта (фибра, чешуя, гравий), перлита (вспученный и невспученный) и их композитов в высокотемпературных теплоизоляционных технологиях. Представлены результаты исследований коэффициента теплопроводности и плотности различных образцов в температурном диапазоне 240÷750 К.

Ключевые слова: теплоизоляция; теплопроводность; температура; базальт.

კოფეინის მიღების ახალი მეთოდი

რ. მელქაძე, პ. დოლიძე, რ. კენკიშვილი

(რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია ჩაის მასალისაგან „მშრალი“ ექსტრაქციების გზით კოფეინის მიღების ლაბორატორიული ექსპერიმენტების შედეგები და კოფეინის ანალიზის ექსპრეს-მეთოდი. აღნიშნულია, რომ კოფეინის მშრალი გამოხდა ტექნოლოგიურად იაფი და მარტივად განსახორციელებელი მეთოდია ნებისმიერი მცირე და საშუალო სიმძლავრის საწარმოების პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: ჩაი; „მშრალი“ ექსტრაქცია; კოფეინი; განსაზღვრის მეთოდი.

შესავალი

სხვადასხვა ფარმაკოლოგიური მოქმედების მრავალრიცხოვან მცენარეულ ბიოაქტიურ კომპლექსსა და ცალკეულ ნივთიერებებს შორის მნიშვნელოვანია ალკალიდები, ხოლო მათ შორის უდავოა პურიის ჯგუფის ნაერთები, რომელთა უმთავრესი წარმომადგენელია კოფეინი (1, 3, 7-ტრიმეთილქსანტინი).

კოფეინი წარმოადგენს მძლავრ ბუნებრივ სტიმულატორს, რომელიც გამოიყენება ორგანიზმის გამძლეობის ასამაღლებლად და ფიზიკური ძალების გასაძლიერებლად. იგი განეკუთვნება ნოტროპულ ნივთიერებათა კლასს, რადგანაც იწვევს ნეირონების მგრძნობიარობის გაზრდას და, ამდენად, გონებრივი შესაძლებლობების სტიმულირებას.

კოფეინის სისტემატური მოხმარებისას მცირდება ალცჰაიმერის დაავადების, ციროზისა და ღვიძლის კიბოს განვითარების რისკი. მისი მოქმედების ძირითადი მექანიზმი ადენოზინის რეცეპტორების მიმართ ანტაგონიზმია. ამ უკანასკნელს ახასიათებს სედატიური მოქმედება და მოდუნება, რაც განპირობებულია თავის ტვინის არეში განლაგებული რეცეპტორებით. კოფეინი ახდენს ადენოზინის მოქმედების ინჰიბირებას, ხელს უწყობს ადამიანის ყურადღების კონცენტრირებას, აფხიზლებს და მხნეობას მატებს მას. ამასთან, აძლიერებს დოფამინის, სეროტონინის, აცეტილქოლინის და ადრენალინის მოქმედებას.

კოფეინი მსოფლიოში ყველაზე უფრო მოხმარებადი ფსიქოაქტიური ნივთიერებაა, რომელიც სხვა მსგავსი ნივთიერებებისაგან განსხვავებით კანონით დაშვებულია მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში. ჩაი, ყავა და სხვა კოფეინშემცველი გამამხნევებელი და ენერგეტიკული სასმელები მომხმარებელთა შორის ფართო პოპულარობით სარგებლობს.

კოფეინის მსოფლიო წარმოება აღწევს 120 ათას ტ-ს წელიწადში. საშუალოდ კოფეინის წარმოების აღნიშნული რაოდენობა შეადგენს დღეში ერთ ულუფა კოფეინიან სასმელს ერთ ადამიანზე. კოფეინის ძირითადი ბუნებრივი წყაროებიდან აღსანიშნავია ჩაი, ყავა, კაკაო, პარაგვაის ჩაის მცენარე (*Ilex paraguagensis*), კოლა, *Paulinia cupana*, გუარანა, ფირმიანა და სხვ. [1–3].

ჩაის რესურსი საქართველოში საკმაო რაოდენობითაა, რაც შესაძლებლობას იძლევა კოფეინით დაკმაყოფილდეს არა მარტო ადგილობრივი ფარმაცევტული და კვების მრეწველობის მოთხოვნები, არამედ ექსპორტის საგანიც გახდეს შესაბამისი საწარმოს ორგანიზებისას დიდ-ფაქტური ტექნოლოგიისა და ტექნიკური საშუალებების გამოყენების საფუძველზე.

სამრეწველო პირობებში კოფეინი მიიღება ორი მეთოდით: ქიმიური ნახევარსინთეზის ან სრული სინთეზის გზით შარდმჟავასაგან, ფრინველთა ექსკრემენტისაგან და ბუნებრივი გზით – მცენარეული ნედლეულისაგან.

უნდა აღინიშნოს, რომ ქიმიური გზით მიღებული კოფეინი ბიოლოგიური აქტიურობით ბევრად ჩამორჩება ბუნებრივს. ამის გამო მოთხოვნილება ბუნებრივ კოფეინზე მთელ მსოფლიოში სულ უფრო იზრდება.

მცენარეული ნედლეულისაგან ბუნებრივი კოფეინი მიიღება ექსტრაქციის მეთოდით.

ექსტრაქციის პროცესი მოიცავს სამ მიმდევრობით სტადიას:

- კოფეინშემცველი ნედლეულის შერევას ექსტრაგენტთან;
- წარმოქმნილი ორი ფაზის მექანიკურ განცალკევებას;

• ექსტრაგენტის მოცილება ორივე ფაზისაგან და მის რეგენერაციას ხელმეორედ გამოყენების მიზნით.

მექანიკური განცალკევების შემდეგ მიიღება გამონაწვლილი ნივთიერებების ექსტრაქტი და საწყისი ხსნარი (რაფინატი) ან მყარი ნივთიერება. ექსტრაქტისაგან ექსტრაჰირებული ნივთიერების გამოყოფა და ერთდროულად ექსტრაგენტის რეგენერაცია ხდება დისტილაციით, აორთქლებით, კრისტალიზაციით, დამლაშებით ან სხვა მეთოდით.

კოფეინის გამოსაწვლილად ექსტრაგენტად იყენებენ ცხელ ეთილის სპირტს. სპირტის შემდგომი აორთქლებით მიღებული კონცენტრატის წყალში გახსნით და ქლოროფორმით ექსტრაქციისას მიიღება კოფეინი ორგანულ ფაზაში.

აღნიშნულ მეთოდს მთელი რიგი ნაკლი აქვს, კერძოდ, მაღალტოქსიკური გამხსნელების გამოყენების გამო იგი ეკოლოგიაზე უარყოფითად ზემოქმედებს; ამასთან, მიზნობრივი პროდუქტის გამოსავლიანობა საკმაოდ დაბალია (მცენარეულ ნედლეულში მისი შემცველობის 18–20 %).

ამ ნაკლოვანებათა გამოსწორების მიზნით ჩვენ მიერ შექმნილია ბუნებრივი კოფეინის მიღების არსებითად ახალი მეთოდი – კოფეინშემცველი მასალის მშრალი ექსტრაჰირება (სუბლიმირება). გარდა ამისა, არანაკლებ მნიშვნელოვანია კოფეინის სწრაფი და სრულყოფილი კონტროლის მეთოდის შემუშავება „ნედლეული – მზა პროდუქცია“ მთლიან ციკლში.

კოფეინის რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრის ამჟამად არსებული მეთოდი [4–10] ძალიან შრომატევადია, ხანგრძლივი (განსაზღვრის საერთო ხანგრძლივობა შეადგენს 72 სთ-ს) და, ხშირ შემთხვევაში, სუბიექტური. მის შესაცვლელად ჩვენ მიერ შემუშავდა კოფეინის განსაზღვრის სპექტროსკოპიული მეთოდი.

ქვემოთ წარმოდგენილია საძიებო სამუშაოების შედეგები, რომლებიც მიღებულია კონტაქტური ექსტრაქციის მეთოდით კოფეინის გამოწვლილისას. ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა ლაბორატორიული დანადგარი და ჩვენ მიერ შემუშავებული კოფეინის განსაზღვრის ექსპრეს-მეთოდი.

ძირითადი ნაწილი

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ჩაის მასალა (შავი და მწვანე ჩაის წარმოების ნარჩენები, ჩაის მტვერი, ღეროები, „ფირფიტები“, ჩაის ბუჩქის განასხლავი).

კოფეინის შემცველობის საკონტროლო განსაზღვრისას კონტროლი ხორციელდებოდა ГОСТ 19885-74-ის მიხედვით, საცდელ ვარიანტად ვიყენებდით სფ-10 ტიპის სპექტროფოტომეტრს.

ექსპერიმენტებს ვატარებდით ჩვენ მიერ დამზადებულ მშრალი ექსტრაჰირების ლაბორატორიულ დანადგარზე.

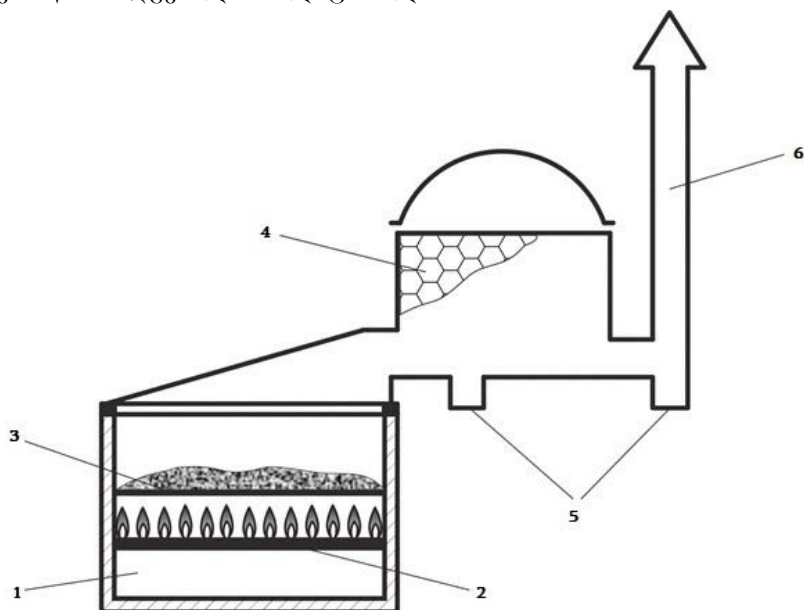
კოფეინის „აალებისათვის“ დამზადდა სპეციალური ლაბორატორიული დანადგარი, რომლის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია 1-ლ ნახ-ზე.

ცდებისათვის წინასწარ ვამზადებდით ნარეგებს 80–85 % ჩაის წარმოების ნარჩენებისა და 5–20 % პლანტაციების განასხლავი მასალისაგან.

ჩაის მასალის დაბალი თბოგამტარობის გამო თანაბარი გაცხელებისათვის საჭირო იყო 1,5-ჯერ მეტი მასის მდინარის სილის დამატება. მასალას ვაცხელებდით 24 სთ-ის განმავლობაში მიმდებში 110–120 °C ტემპერატურაზე. აალებული კოფეინი მშრალი გამოხდის პროდუქტებთან და

წელის ორთქლთან ერთად გადადიოდა მიმღებ კამერაში, სადაც იგი კრისტალების სახით ილექებოდა უჟანგავი ფოლადის ბადეზე. სხვა აირები მეორე განყოფილების გავლით ხდებოდა საკვამლე მილში.

ცდის შედეგები წარმოდგენილია 1-ლ ცხრილში.



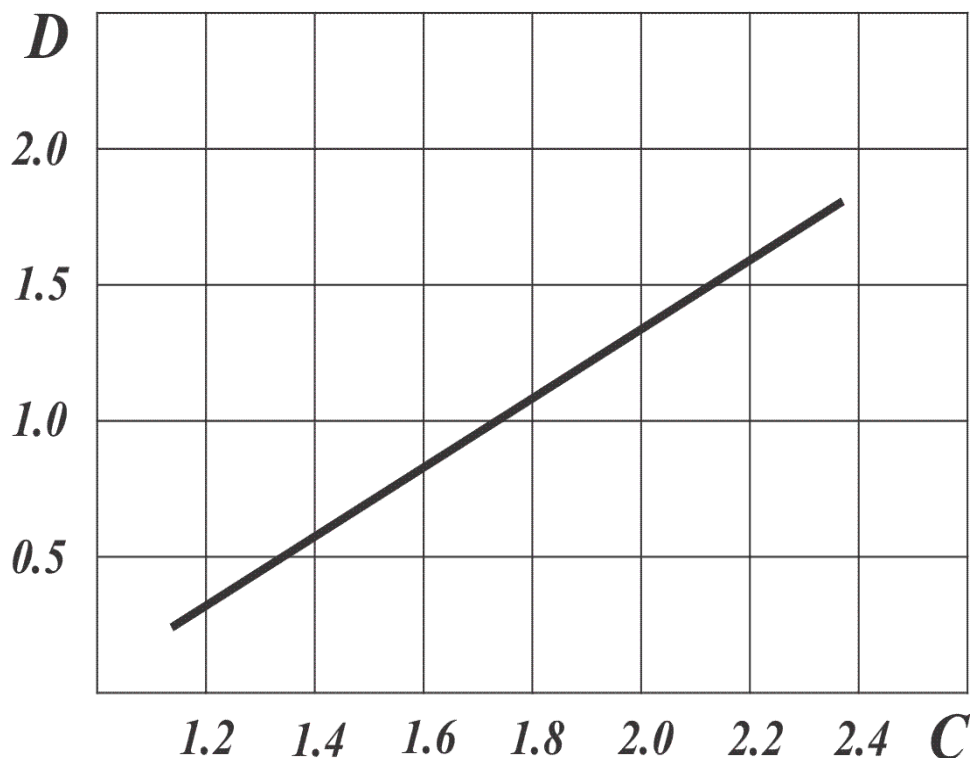
ნახ. 1. კოფეინის აალების ლაბორატორიული დანადგარი: 1 – წვის კამერა; 2 – საცეცხლური; 3 – ჩაის მასალის და სილის ნარევი; 4 – კოფეინის მიმღები; 5 – ფისის შემკრები; 6 – საკვამლე მილი

ცხრილი 1

ჩაის სხვადასხვა ნაწილისაგან კოფეინის გამოხდის შედეგები

	ნარევის შედგენილობა		გამოხდის დრო, სთ	ტემპერატურა მიმღებში, °C	კოფეინის შემცველობა საწვების მასალაში, % მშრალ ნივთიერებაზე	კოფეინის გამოსავალი	
	მასალის დასახელება	რაოდენობა, გ				გ	%
	მწვანე ჩაის ღეროები	480	2	100-110	1,30	2,55	16,0
	შავი ჩაის მტკერი	465			2,09		
	შავი ჩაის ნარჩენები	500	6	110-120	1,68	3,00	21,6
	მწვანე ჩაის ნარჩენები	250			2,20		
	მწვანე ჩაის ნარჩენები („ფირფიტები“)	600	13	100-110	1,56	4,49	30,2
	შავი ჩაის ნარჩენები (მონახვეტი, მტკერი)	250			2,20		
	ჩაის პლანტაციის ნახსლავი მასალა	800	8	100-110	1,45	2,98	25,7

კოფეინის განსაზღვრის მეთოდის შესწავლისათვის აგებულ იქნა სუფთა კოფეინის ქლოროფორმში შთანთქმის მრუდი (4 მგ კოფეინი 100 მლ ქლოროფორმში). მეთოდი დაფუძნებულია კოფეინის ქლოროფორმში ექსტრაქციის უნარზე (ნახ. 2).



ნახ. 2. საკალიბრე მრუდი სუფთა კოფეინის ქლოროფორმში

ნედლეულად გამოყენებულ იქნა ჩაის მწვანე ფოთოლი, რომელშიც სტანდარტული მეთოდით ხდებოდა კოფეინის შემცველობის განსაზღვრა სფ-10 სპექტროფოტომეტრზე. შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

ცხრილი 2

კოფეინის განსაზღვრის მეთოდების შედარებითი მაჩვენებლები

№	წონაკის მშრალი წონა, გ	ოპტიკური სიმკვრივე, D	კოფეინის შემცველობა სფ-10-ის (სფ) მიხედვით, %	კოფეინის შემცველობა სტანდარტის (სტ) მიხედვით, %	შეფარდება სტ/სფ, %
1	0,90	1,61	2,04	2,05	100,4
2	0,90	1,67	2,60	2,26	109,7
3	0,90	1,04	1,59	1,99	125,1
4	0,91	1,81	2,10	1,78	84,7
5	0,93	1,84	1,85	2,01	108,8
6	0,92	1,62	1,98	1,85	79,7
7	0,91	1,74	2,05	1,79	87,3
X _n	0,91	1,62	1,95	1,92	98,5

ამრიგად, მშრალი გამოხდისას უფრო მეტი კოფეინი მიიღება აქტიური აალების 13 სთ-ის ხანგრძლივობისას; ამასთან, კოფეინის მაქსიმალური გამოსავლიანობა შეადგენს ნედლეულში მისი საწყისი შემცველობის 30,2 %-ს.

კოფეინის განსაზღვრის სპექტროფოტომეტრიული მეთოდით მიღებული შედეგები მაღალი ხარისხით ემთხვევა სტანდარტული მეთოდის შედეგებს. ანალიზის ხანგრძლივობა სფ-10-ზე

შეადგენს 0,5 წთ-ს, ანუ განსაზღვრის სისწრაფე დამოკიდებულია მხოლოდ ექსტრაქტის მიღების დროზე (20–25 წთ).

დასკვნა

ჩაისაგან ბუნებრივი კოფეინის სამრეწველო წარმოებას დიდი სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს. კოფეინის მიღების ახალი მეთოდი ყველაზე მარტივი და ეკონომიკურად სარგებელიანია.

კოფეინის განსაზღვრის სპექტროფოტომეტრიული მეთოდით შესაძლებელია ძალიან სწრაფად (25 წთ-ში 72 სთ-თან შედარებით) ჩატარდეს ანალიზი სარწმუნოების მაღალი ხარისხით.

ეს მეთოდი შეიძლება წარმატებით იქნეს გამოყენებული სხვა კოფეინშემცველი მცენარეული ნედლეულისა და პროდუქტის (ჩაის ფუძეზე დამზადებული უაღკოპოლო სასმელები, ენერგეტიკული სასმელები, ტონიკები და ა.შ.) ანალიზისას.

ლიტერატურა–REFERENCES–ЛИТЕРАТУРА

1. Орехов А. П. Химия алкалоидов. 2-ое издание, М.: АН СССР, 1955.- 859 с.
2. Фармацевтическая химия. Учебное пособие в 2 ч. (В. Г. Беликов) 4-е изд., перераб. и доп. М.: МЕД пресс-информ, 2007.- 624 с.
3. Харкевич Д. А. Фармакология. Учебник. 9-е изд., перераб., испр. и доп. М.: ГЭОТАР -Медицина, 2006.- 256 с.
4. ГОСТ 19885-74. Чай. Методы определения содержания танина и кофеина. М.: Изд. стандартов, 1975.
5. Беликов В. Г. Учебное пособие по фармацевтической химии. М.: Медицина, 1979.-398 с.
6. Коробкина З. В. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров. М.: Колос, 2003.
7. Рабинович В. А., Хавин З. Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1977.-153 с.
8. Справочник товароведа продовольственных товаров. Т.1, М.: Чай,1987.
9. Харкевич Д. А. Фармакология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1987.-560 с.
10. <http://medicininform.net/>

A NEW METHOD OF OBTAINING CAFFEINE

R. Melkadze, P. Dolidze, R. Kenkishvili

(R.Dvali Institute of Machine Mechanics)

Resume: There are described the results of laboratory experiments designed to produce caffeine from tea material by "dry" extraction of raw materials and the express-method for the analysis of caffeine.

It is shown that, the method of dry sublimation of caffeine is technologically cheap and easy to implement in terms of any enterprise small and medium power.

Key words: tea; "dry" extraction; caffeine; method of determination.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОФЕИНА

Мелкадзе Р. Г., Долидзе П. Т., Кенкишвили Р. А.

(Институт механики машин им. Р. Двали)

Резюме: Рассмотрены результаты лабораторных экспериментов по получению кофеина из чайного материала путем «сухого» экстрагирования сырья и экспресс-метод анализа кофеина.

Показано, что метод сухой возгонки кофеина является технологически дешевым и легко осуществимым в условиях любого предприятия малой и средней мощности.

Ключевые слова: чай; „сухая“ экстракция; кофеин; метод определения.

ბირთვული მაგნიტური რეზონანსული ტომოგრაფია და რადიონუკლიდური თერაპია

მ. ჯიბლაძე, დ. კორძაია

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მორფოლოგიის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის მოვლენა და მის ბაზაზე შექმნილი კომპიუტერული ტომოგრაფიის მუშაობის პრინციპი, ასევე ავთვისებიანი სიმსივნეების რადიონუკლიდური ნეიტრონული თერაპიის არსი და თავისებურებები.

საკვანძო სიტყვები: ბირთვი; მაგნიტური რეზონანსი; ნეიტრონი.

შესავალი

დღეს ინტერვენციული მედიცინის, მათ შორის ინტერვენციული რადიოლოგიის განვითარებამ გაარღვია დარგის ტრადიციული საზღვრები და ინტერდისციპლინურ სფეროდ ჩამოყალიბდა. აუცილებელი გახდა არა მხოლოდ სხვადასხვა სპეციალობის ექიმთა პერმანენტული თანამშრომლობა, არამედ მჭიდრო კავშირი და ძალისხმევის ინტეგრაცია ფიზიკის, საინჟინრო და გამოთვლითი მეცნიერებების წარმომადგენლებთან. უკვე აქსიომატურია დებულება, რომ XXI საუკუნეში სამედიცინო დარგში ჭეშმარიტი ინოვაციების დამკვიდრება მხოლოდ ზუსტი და საბუნებისმეტყველო დარგების სპეციალისტების ერთობლივი მუშაობითაა შესაძლებელი.

ძირითადი ნაწილი

დღეისათვის შექმნილია ისეთ ქირურგიულ პათოლოგიათა ნუსხა, რომელთა შემთხვევაშიც სკალპელის ალტერნატივად რადიონუკლიდური ინტერვენცია მოიაზრება. ასე მაგალითად, საერთაშორისო გაიდლაინები ადასტურებს, რომ პროსტატის ან საშვილოსნოს კიბოს გარკვეული ფორმების დროს ნაჩვენებია ქირურგიული ჩარევა ან რადიაციული თერაპია.

ახლა ნებისმიერი ინტერვენციის ამოცანაა მინიმალური აგრესიით მიზნის მიღწევა. გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან ლაპაროსკოპიულმა ქირურგიამ მეთოდურად დაიწყო ღია ქირურგიის ჩანაცვლება. დღეს მუცლის ღრუს კედელში შექმნილი სამი-ოთხი მცირე ხვრელიდან შესაძლებელია არა მარტო ნაღვლის ბუშტის ამოკვეთა, არამედ კუჭის, მსხვილი ნაწლავისა და ღვიძლის რეზექცია. აღნიშნულმა მეთოდმა არა მარტო დააჩქარა მკურნალობის პროცესი, არამედ მნიშვნელოვნად შეამცირა ოპერაციული ტრავმა და, შესაბამისად, ავადმყოფის რეაბილიტაციის დრო და ხარისხი.

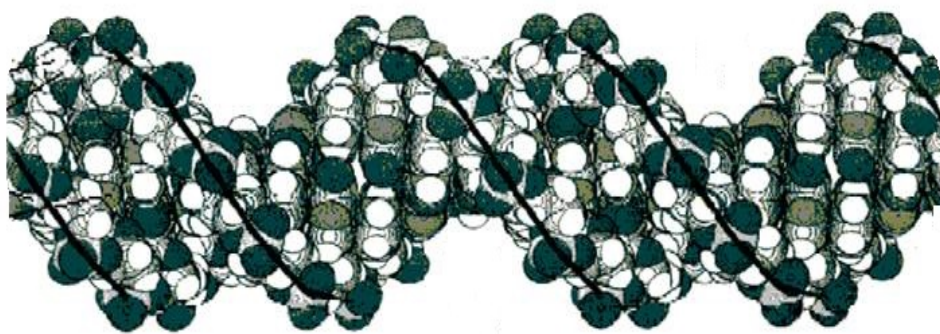
წარმოვიდგინოთ “საოპერაციო ოთახი”, რომელიც არავითარ სტერილიზაციას არ საჭიროებს, ექიმი, რომლის ხალათიც სისხლით არ დაისვრება, და პაციენტი, რომელიც საოპერაციო მაგიდაზე კი არა, დიდი ელექტრომაგნიტური დანადგარის შიგნით მშვიდად წევს. ამ დანადგარის ეკრანზე კი აისახება პაციენტის შინაგან ორგანოებზე ჩარევის მთელი პროცესი: პაციენტის ორგანიზმში კიბოს უჯრედების განადგურება მიმდინარეობს. ეს ფანტაზია არ არის, ეს ახალი, ყოველდღიურად დამკვიდრებადი რეალობაა: კლასიკურ ქირურგიას სივრცეში შემოზღუდული (ლოკალური) ზემოქმედების ფიზიკური მეთოდები ენაცვლება.

ასეთი ჩარევის დროს მთავარი ხელსაწყო ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) დანადგარია, რომელსაც საზოგადოება ინგლისური და/ან რუსული ენიდან შემოსული აბრევიატურებით – „MRI“-ით ან „ЯМР“-ით იცნობს.

ბმრ-ის მოვლენა ამერიკელმა ფიზიკოსებმა ფ. ლოხმა და ე. პერსელმა მეორე მსოფლიო ომის დამთავრების შემდეგ, 1946 წელს აღმოაჩინეს და ნობელის პრემია დაიმსახურეს. ამ მოვლენამ ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) მოვლენასთან ერთად ნივთიერების შესწავლის ახალი სპექტროსკოპიული მეთოდი მოგვცა, რომელიც დღესაც დიდ როლს ასრულებს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების განვითარებაში.

რას ნიშნავს ბირთვული მაგნიტური რეზონანსი და როგორ შეძლო ამ მოვლენამ კომპიუტერის დახმარებით ადამიანის შინაგან ორგანოებზე დაკვირვება? რა კავშირშია ბირთვი და რეზონანსი, თანაც მაგნიტური?

ჩვენი სხეული მრავალი, განსხვავებული ფორმისა და ზომის მოლეკულისაგან არის აგებული. მათგან უმცირესი $2,3 \times 10^{-10}$ მ-ს არ აღემატება, ხოლო უდიდესი – ორმაგი სპირალის ფორმის დნმ რომ გავჭიმოთ, მისმა სიგრძემ შეიძლება რამდენიმე მეტრს გადააჭარბოს (ნახ. 1).



ნახ. 1. დნმ-მოლეკულის ფრაგმენტი

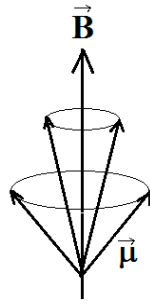
ამ მოლეკულების უმთავრესი “აგურები” წყალბადის ატომებია, რომლებიც ყველაზე გავრცელებული ქიმიური ელემენტია ბუნებაში. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ადამიანის ორგანიზმის 70 % წყალია (H-O-H), ხოლო 20 % ორგანული ნივთიერებები (შექმნილია H-C-H ჯგუფ(ებ)ის საფუძველზე), გასაგებია, რომ წყალბადი ადამიანის ორგანიზმშიც ყველაზე გავრცელებული ქიმიური ელემენტია.

როგორ ხდება პათოლოგიური უბნის აღმოჩენა ბმრ-ის საშუალებით?

წყალბადის ატომი ერთი პროტონისა და მის გარშემო მოძრავი ერთი ელექტრონისაგან შედგება და, ამდენად, ის უმარტივესი ატომია. პროტონი ატომის ბირთვს წარმოადგენს, რომელსაც დადებითი მუხტი აქვს და საკუთარი ღერძის გარშემო დიდი სიჩქარით ბრუნავს (ისევე, როგორც დედამიწა ბრუნავს საკუთარი ღერძის გარშემო). სწორედ ამ ბრუნვის გამო წყალბადის ბირთვი ქმნის მაგნიტურ ველს და ამიტომ მას მაგნიტური მომენტი აქვს.

დაზიანებულ უბანში იცვლება მოლეკულათა ჩვეული განლაგება: იზრდება უსისტემოდ “ჩაყრილი” წყალბადის ატომების კონცენტრაცია. მათი მაგნიტური მომენტები სხვადასხვა მხარესაა მიმართული და, ამდენად, მოცემულ უბანში წყალბადის ბირთვების ჯამური მაგნიტური ველი ნულის ტოლია. მაგრამ, თუ ამ “ჩაყრილ” ატომებზე გარე მაგნიტური ველით ვიმოქმედებთ, ბირთვები ისე შეტრიალდება, რომ მომენტებს ამ გარე ველის ორიენტაცია მიეცემა.

აღსანიშნავია, რომ ბირთვის მაგნიტური მომენტის მიმართულება გარე მაგნიტური ველის ძალწირების მიმართ სხვადასხვა კუთხეს აღდგენს და თანაც ძალწირების გარშემო ბრუნავს (ნახ. 2). ეს ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგან გარკვეული ენერგიის შთანთქმით ან გამოსხივებით მაგნიტური მომენტის კუთხე მაგნიტური ველის მიმართ იცვლება [1].

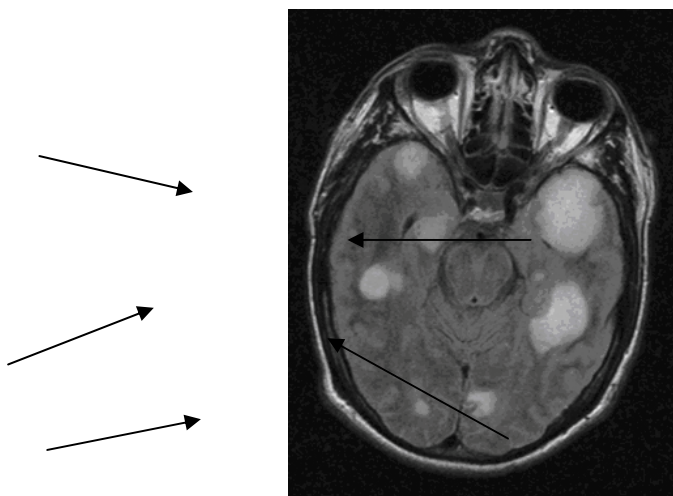


ნახ. 2. მაგნიტური მომენტის ბრუნვა გარე
მაგნიტური ველის ძალწირის გარშემო

როგორ განესაზღვროთ მოლეკულების დეზორგანიზაციის შედეგად მიღებული წყალბადის ბირთვების გროვის ადგილმდებარეობა ადამიანის ორგანიზმში?

ამისათვის ამ ბირთვების მიერ გარკვეული სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღის გამოსხივების დაფიქსირება უნდა შევძლოთ. თუ ამ ბირთვებზე გარედან მუდმივი მაგნიტური ველის გარდა ისეთი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღებით ვიმოქმედებთ, რომლებიც ბირთვების საკუთარ სიხშირეს დაემთხვევა (სწორედ ეს არის რეზონანსის მოვლენის არსი), მაშინ ბირთვები აღიგზნება და წარმოქმნის (გამოსხივებს) ელექტრომაგნიტურ ტალღას, რომელსაც ბმრ აპარატი დააფიქსირებს (ჩაწერს) იმპულსის სახით, ამასთანავე განსაზღვრავს, თუ საიდან, ორგანიზმის რომელი ნაწილიდან, რა ინტენსიურობით მოდის წყალბადის ბირთვების მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღა. ამდენად, ბმრ აპარატი საზღვრავს წყალბადის ბირთვების გამოსხივების ინტენსიურობის სივრცული განაწილების სურათს. ორგანიზმის ის უბანი, სადაც ბევრი უჯრედია დეზორგანიზებული და წყალბადის ბევრი ატომია თავმოყრილი, შეესაბამება პათოლოგიის კერას.

ამრიგად, ბირთვული მაგნიტური რეზონანსი მაგნიტურ ველში ატომის ბირთვების მიერ გარკვეული სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღის შთანთქმისა და შემდგომი გამოსხივების მოვლენაზეა დამყარებული. ეს გამოსხივებული სიხშირე რადიოდიამაგნიტურია მოქცეული; მისი ინტენსიურობა კი მოცულობის ერთეულში წყალბადის ბირთვების კონცენტრაციაზეა დამოკიდებული. როდესაც სხეული მაგნიტურ ველშია მოთავსებული და მასზე რადიოსიხშირული დიამაგნიტური ელექტრომაგნიტური ტალღის იმპულსით ემოქმედებთ, სხეულში არსებული პროტონები (ანუ წყალბადის ატომის ბირთვები) ელექტრომაგნიტურ ტალღას გამოსხივებს, რომლის ინტენსიურობის სივრცულ განაწილებას კომპიუტერი მოცულობით გამოსახულებად გარდაქმნის და მონიტორზე სხეულის ზუსტ მოცულობით სურათს იძლევა. თუ რომელიმე უბანში პროტონების სიმკვრივე მეტია (ან ნაკლებია) ჩვეულებრივ (ნორმალურ) ქსოვილში პროტონების სიმკვრივესთან შედარებით, ეს უბანი ნორმალური ქსოვილებისაგან ადვილად გამოსარჩევი ხდება (ნახ. 3.).



ნახ. 3. თავის ტვინის ბმრ. ისრებით ნაჩვენებია დაზიანების უბნები

ამდენად, ბმრ დანადგარის მონიტორზე (ეკრანზე) შინაგანი ორგანოების და პათოლოგიის კერის მოცულობითი გამოსახულების ზუსტი ლოკალიზაცია გამოისახება. ეს საშუალებას იძლევა ლაზერის სხივის ენერგია ან ნეიტრონების ნაკადი ისე მიემართოს, რომ პათოლოგიური ქსოვილი მიზანმიმართულად გავანადგუროთ.

რადიონუკლიდური თერაპია. ნუკლიდი არასტაბილური ატომია (ბირთვია), რომელსაც აქვს სიცოცხლის გარკვეული ხანგრძლივობა, რომლის განმავლობაშიც სხვადასხვა ელემენტარულ ნაწილაკს გამოასხივებს და სტაბილურ იზოტოპად გადაიქცევა. ეს ნაწილაკებია გამა და რენტგენის დიაპაზონის ქვანტები, ელექტრონი, ნეიტრონი, პროტონი და α -ნაწილაკი.

ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობისათვის მნიშვნელოვანია ნეიტრონების მიმართული ნაკადის გამოყენება. მის საფუძველს წარმოადგენს ე. წ. „ცივი ბირთვული რეაქციები“ [8].

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, ბირთვული სინთეზის რეაქციები მიმდინარეობს პროტონის ან ნეიტრონის მიერთებით მსუბუქ ბირთვებთან. როდესაც ბირთვი ნეიტრონს იერთებს, ხდება ეგზოთერმული რეაქცია და მიიღება ახალი იზოტოპი, რასაც თან სდევს საკმაოდ დიდი ენერგიის გამოყოფა; პროტონის მიერთება ბირთვთან კი ენდოთერმული რეაქციაა (ენერგიის შთანთქმით), რომლის შედეგადაც ახალი ქიმიური ელემენტის ბირთვი წარმოიქმნება [5–8].

უმარტივესი ბირთვული რეაქცია, რომელიც ცოცხალ ორგანიზმში ნეიტრონის შეჭრის შედეგად აღიძვრება, ნეიტრონისა და პროტონის (წყალბადის ატომგულის) შეერთების ბირთვული რეაქციაა, რომელიც წყალბადს დეიტერიუმად გარდაქმნის. ამ ბირთვული რეაქციის შედეგად გამოიყოფა დაახლოებით 1,6 მეგაელექტრონვოლტი (მეე) ენერგია. ამრიგად, ნეიტრონის ნაკადით ორგანიზმის გარკვეული უბნის დასხივებისას ნეიტრონი უერთდება პროტონს (ძირითადად ეს წყლის მოლეკულის შედგენილობაში შემავალი წყალბადის ბირთვია), რასაც თან სდევს სივრცის ძალზე მცირე უბანში დაახლოებით 10^{-11} ჯოული ენერგიის გამოყოფა. ბირთვული რეაქციის ხანგრძლივობა 10^{-18} წმ-ზე ნაკლებია [6], რაც მის მახლობლად მდებარე სივრცის ძალზე მცირე უბანში ათეულობით მეგავატი სიმძლავრის გამოთავისუფლებას ნიშნავს. ამას კი მოცემული ატომის ირგვლივ რამდენიმე კუბური მიკრონის მოცულობაში ნივთიერება მყისიერად პლაზმურ მდგომარეობაში გადაჰყავს. ეს მიკროაფეთქებაა, რაც ძლიერი აკუსტიკური დარტყმით ტალღას აღძრავს და ადვილად ანადგურებს მის გარშემო არსებულ ათასობით უჯრედს.

სწორედ ამისი შედეგია, რომ ორგანიზმში სულ ათიოდე მილიგრამი რადიოაქტიური ნივთიერების შეყვანაც კი შეიძლება ადამიანის სიკვდილის მიზეზი გახდეს.

ცხადია, ნეიტრონების ნაკადით დასხივება გაანადგურებს არა მარტო კიბოს, არამედ ნორმალურ, ჯანმრთელ უჯრედებსაც. ამიტომ აუცილებელია ნეიტრონების ისეთი ტრაექტორიის არჩევა, რომელიც ყველაზე ნაკლებად დააზიანებს ნორმალურ უჯრედებს.

მნიშვნელოვანია, რომ ნეიტრონების ნაკადით დასხივება გაცილებით ეფექტური და ნაკლებად ზიანის მომტანია პროტონულ დასხივებასთან შედარებით. ეს პირველ ყოვლისა დაკავშირებულია ნეიტრონების ბირთვთან შეერთების რეაქციის ეგზოთერმულობასთან და, მეორე მხრივ, ნეიტრონების ნაკადი პროტონების ნაკადისაგან განსხვავებით ორგანიზმში გაერცვლებისას არ განიბნევა და ვიწრო კონის სახით ვრცელდება, რითაც დაზიანებულ ქსოვილთან ნეიტრონების ურთიერთქმედების ეფექტურობა იზრდება.

უკანასკნელი ორი ათწლეულის განმავლობაში მრავალი ნაშრომია გამოქვეყნებული, სადაც ნაჩვენებია ფიზიკოსებისა და მედიკოსების ერთობლივი მუშაობის უაღრესად საინტერესო შედეგები რადიონუკლიდების გამოსხივებით კიბოს მკურნალობაში. ყოველწლიურად აშშ-ში დაახლოებით 200 000 ონკოლოგიური პაციენტი გადის მკურნალობის კურსს რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებით, ძირითადად მცირე ზომის წყაროებით.

რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყენება მედიცინაში თითქმის ასი წლის წინათ დაიწყო, რასაც საფუძველი დაუდო პიერ კიურისა და თანაავტორების კვლევებმა.

რადიონუკლიდების გამოსხივების გამოყენებას მედიცინაში ახალი ბიძგი მისცა ორმა მნიშვნელოვანმა მოვლენამ: 1. ფიზიკოსებმა ბირთვულ რეაქტორებში სამედიცინო თვალსაზრისით გაცილებით უსაფრთხო რადიოაქტიური ელემენტები გამოიყენეს; 2. ფართოდ დაინერგა რობოტ-ტექნიკა რადიოაქტიური წყაროს დისტანციური დამუშავებისათვის. მაგალითად, კობალტ-60-ის

წყარო (რომელიც მაღალი აქტიურობით გამოირჩევა და 1,25 მეგ ენერგიის γ -სხივებს ასხივებს) ექიმებისთვის სავსებით ხელმისაწვდომი გახდა ჯერ კიდევ 40 წლის წინათ. შედეგად, სხივურმა თერაპიამ ^{60}Co იზოტოპით (რომლის ნახევარდაშლის პერიოდი 5,27 წელია), სწავად განდევნა 250 კევ რენტგენის მილაკები. სამწუხაროდ, განვითარებად ქვეყნებში კობალტის წყაროები დღესაც ძირითადი ინსტრუმენტია სხივურ თერაპიაში.

ასევე, ცეზიუმ-137 (^{137}Cs), რომელიც ბირთვულ რეაქტორებში მიიღეს, გახდა რადიუმის იზოტოპის (^{226}Ra) ალტერნატივა სხივურ თერაპიაში და აქტიურად გამოიყენებოდა, მაგალითად, გინეკოლოგიური სიმსივნეების სამკურნალოდ.

ცხადია, რადიონუკლიდური გამოსხივება აზიანებს კიბოს უჯრედებს, მაგრამ, სამწუხაროდ, ეს გამოსხივება ჯანმრთელ უჯრედებსაც სასიკვდილო ზიანს აყენებს და არაა გამორიცხული, რომ ასეთი „თერაპიის“ შედეგად კიბოთი დაავადებული ავადმყოფის გარდაცვალება დააჩქაროს.

გამოსხივების ზემოქმედებით ჯანმრთელი უჯრედების დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით ბოლო წლებში განვითარდა ბრაჩითერაპია („ბრაჩი“ ბერძნულად „ახლოს“ ნიშნავს), რომელმაც დიდი ინტერესი გამოიწვია სამედიცინო წრეებში და სხივურ თერაპიაში ახალ ეტაპს ჩაუყარა საფუძველი [3]. ეს მეთოდი იმით გამოირჩევა, რომ მარტივი პროცედურით შესაძლებელია სიმსივნის დასხივება რადიაციის საკმაოდ დიდი დოზით ისე, რომ მიმდებარე ჯანმრთელი ქსოვილი მხოლოდ მინიმალურ დასხივებას მიიღებს: პათოლოგიის კერაში ჩანერგილი რადიაციის წყაროდან მანძილის გაზრდის პროპორციულად ზოგიერთი რადიონუკლიდის (მაგალითად, ^{125}I -ის მიერ გამოსხივებული ნაწილაკების) ინტენსიურობა მკვეთრად მცირდება და პრაქტიკულად უკვე რამდენიმე სანტიმეტრში უსაფრთხო ხდება.

დღეს რადიონუკლიდური ბრაჩითერაპია მნიშვნელოვან ადგილს იკავებს კიბოს მკურნალობაში. გამოსხივების წყარო უშუალო მახლობლობაშია სიმსივნესთან და, ამდენად, მისი ზემოქმედება კიბოს უჯრედებზე მაქსიმალურია. ამ დროს მოშორებით მყოფი ჯანსაღი უჯრედები დასხივებას პრაქტიკულად არ იღებს.

როდესაც რადიაციის წყარო სხეულის გარეთ იმყოფება (როგორც ეს ტრადიციული სხივური თერაპიის დროსაა), აუცილებელი ხდება რამდენიმე მილიონი ელექტრონვოლტის ენერგიის ფოტონები (ან ნაწილაკები), რათა მათ შეძლონ სხეულის ჯანმრთელ ქსოვილებში გავლა და კიბოს უჯრედებამდე მიღწევა. ბრაჩითერაპიაში კი გამოიყენება მცირე ზომის წყაროები, რომელთა მიერ გამოსხივებული ნაწილაკების ენერგია დაახლოებით 20 კევ-ია. ეს წყარო უშუალოდ კიბოს სიმსივნემდე მიჰყავთ და ზოგჯერ სიმსივნის შიგნითაც ათავსებენ. ამ შემთხვევაში სიმსივნის გარეთ არსებული ჯანსაღი უჯრედების დაზიანება პრაქტიკულად არ ხდება. ამ დროს რადიონუკლიდების მიერ გამოსხივებული ენერგია არაა დიდი, თუმცა ის სასიკვდილოა მის უახლოს გარემოცვაში მყოფ სიმსივნის უჯრედებისთვის (მაშინ როცა 3–5 სმ-ით დაცილებულ ჯანმრთელ უჯრედებზე ის გავლენას არ ახდენს).

ბრაჩითერაპია ხორციელდება სხვადასხვა პროფილის ექიმების მიერ ფიზიკოსებთან თანამშრომლობით. პირველ ყოვლისა, რადიოიზოტოპის შერჩევის მიზნით დგინდება სიმსივნის ზომა. ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის კომპიუტერული ტომოგრაფია, აგრეთვე პოზიტრონული ემისიური და ულტრაბერითი ტომოგრაფიები სიმსივნის ზომებისა და ადგილმდებარეობის ზუსტად დადგენის საშუალებას იძლევა უკვე დაავადების ადრეულ სტადიაზე, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს ბრაჩითერაპიის ეფექტს.

თავისუფალი რადიკალები, რომლებიც სიმსივნეში არსებული წყლის მოლეკულების დასხივების შედეგად წარმოიქმნა, დნმ-ის დაზიანებას იწვევს და, ამდენად, სპობს გამრავლების უნარს. იმისათვის, რომ დნმ დაზიანდეს, გამოსხივებული ნაწილაკების ენერგია უნდა აჭარბებდეს რამდენიმე ათეულ ელექტრონვოლტს.

რადიონუკლიდური თერაპიის წარმატებები მჭიდროდაა დაკავშირებული ბირთვული ფიზიკის მიღწევებთან, რადგან ^{60}Co , ^{137}Cs , და ^{226}Ra იზოტოპების გამოსხივება მეტად მაღალია (და შესაბამისად, მაღალი შეღწევის უნარი აქვს), ბრაჩითერაპიაში გამოიყენება უფრო უსაფრთხო იოდ-125-ის ან პალადიუმ-103-ის იზოტოპები.

განსაკუთრებით საინტერესო აღმოჩნდა ირიდიუმ-192 (^{192}Ir) იზოტოპის (რომლის ნახევარდაშლის პერიოდი 73 დღეა) გამოყენება სხვადასხვა ტიპის სიმსივნეების წინააღმდეგ. მნიშვნელო-

ვანია, რომ ^{192}Ir იზოტოპი ძირითადად 380 კეე ენერგიის ფოტონებს ასხივებს, რაც კიბოს უჯრედებისთვის სასიკვდილოა, მაგრამ მისი განტოლების სიღრმე არაა დიდი. ირიდიუმის რადიო-აქტიური წყარო მოთავსებულია მცირე ზომის კაფსულაში, რომლის სიმსივნეში ნემსით შეყვანა არაა ძნელი. ასე, მაგალითად, პროსტატის რადიოიზოტოპით მკურნალობისას 50–100 რადიონუკლიდის კაფსულა სპეციალური ნემსის დახმარებით განთავსდება პროსტატის ჯირკვალში. ულტრა-ბგერითი ტომოგრაფია საშუალებას იძლევა განისაზღვროს კაფსულების რაოდენობა და მათი მდებარეობა ისე, რომ შემცირდეს დასხივების დოზები შარდსადენსა და სწორ ნაწლავზე. პროსტატის მკურნალობისას იყენებენ ნუკლონებს ^{125}I (60-დღიანი დაშლის ნახევარპერიოდით) და ^{103}Pd (17-დღიანი დაშლის ნახევარპერიოდით).

აღმოჩნდა, რომ ბრაქითერაპიით მკურნალობა ისევე ეფექტურია, როგორც ქირურგიული მკურნალობა, თუმცა ნაკლები გართულებები აქვს. ყოველწლიურად 120 000 პაციენტიდან, რომლებსაც აშშ-ში სხვადასხვა მეთოდით პროსტატის კიბოს მკურნალობის კურსი უტარდებათ, დაახლოებით 10 000 ბრაქითერაპიას იყენებს და მათი რიცხვი თანდათან იზრდება. მით უმეტეს, რომ, როგორც აღმოჩნდა, საწყისი სტადიის პროსტატის კიბოს მკურნალობა რადიონუკლიდებით ჩვეულებრივ ქირურგიულ მკურნალობასთან შედარებით უფრო იაფიც კი აღმოჩნდა. ანალოგიური მდგომარეობაა საშვილოსნოს კიბოს მკურნალობაშიც.

ავთვისებიან სიმსივნეთა მკურნალობაში ფართოდ დამკვიდრებული ქიმიოთერაპიაც იმავე “ეფექტით” გამოირჩევა, როგორიც ახასიათებს განვითარებულ ქვეყნებში დღეისათვის აკრძალულ კობალტის იზოტოპით დასხივებას. ამ უკანასკნელის გამა-გამოსხივების მსგავსად, სტანდარტული ქიმიოთერაპია აზიანებს როგორც ავთვისებიან, ისე ჯანმრთელ უჯრედებსაც. ამასთან, სავარაუდოდ, ქიმიოთერაპიით უჯრედების განადგურება უნდა ემყარებოდეს იმავე ფიზიკურ პროცესს, რაც ვითარდება რადიაციული თერაპიის შემთხვევაში: სამკურნალო საშუალებასა და უჯრედს შორის განვითარებული ქიმიური რეაქციის დროს უჯრედის დამაზიანებელი ენერგია ძალზე სწრაფად გამოიყოფა, რაც სივრცის მცირე უბანში “ძლიერ აფეთქებას” და დარტყმითი ტალღის ზემოქმედებით უჯრედის დაზიანებას იწვევს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დღეს მიმდინარეობს ფართო კვლევები სიმსივნეების “დამიზნებითი თერაპიისათვის” (target therapy) ისეთი წამლების შესაქმნელად, რომელთა ზემოქმედების ეფექტიც “ბრაქითერაპიის” ანალოგიური იქნება.

დასკვნა

რენტგენის სხივების აღმოჩენიდან მოყოლებული, რადიოლოგები წარმატებით იკვლევდნენ ახალ ტექნიკურ საშუალებებს შინაგანი ორგანოების ვიზუალიზაციისათვის და მათი შემდგომი მკურნალობისათვის. განსაკუთრებული წარმატება პოვა ბირთვულმა მაგნიტურმა რეზონანსმა და უშუალოდ დაზიანების უბნისაკენ მიმართული ნეიტრონების ნაკადით დასხივებამ. ამ მხრივ განსაკუთრებით ეფექტური აღმოჩნდა “ბრაქითერაპია”, როდესაც ნუკლონები უშუალოდ ავთვისებიანი სიმსივნის არეშია შეყვანილი.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. მ. ჯიბლაძე. სამედიცინო ფიზიკა. თბ.: ცოდნა, 2014.
2. მ. ჯიბლაძე. ატომის ბირთვის კრისტალური მოდელი თბ.: ცოდნა, 2014.
3. მ. ჯიბლაძე. ფიზიკა და მედიცინა // მეცნიერება და კულტურა, ტ. 1, 2013, გვ. 68-80.
4. Джибладзе М. Кристаллическое строение атомного ядра. “LAP LAMBERT Academic Publ.”, 2014.
5. Джибладзе М. Ядерные реакции. “LAP LAMBERT Academic Publ.”, 2014
6. Джибладзе М. Строение атомов и молекул//Инженерная физика, №6, 2015.
7. Джибладзе М. И. Горение водорода и гелия при ядерных реакциях// Инженерная физика, №3, 2015, стр. 3-14.
8. M. Jibladze. Substance Structure and Nuclear Reactions. “LAP LAMBERT Academic Publ”, 2015.

NEW TECHNOLOGIES

NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHY AND RADIO NUCLIDE THERAPY

M. Jibladze, D. Kordzaia

(Institute of Morphology of I. Javakhishvili Tbilisi State University)

Resume: There is discussed the modern medical approach related with the achievements of nuclear physics and the phenomenon of a nuclear magnetic resonance. The explanation of the positive effects of radio nuclide neutron branch therapy of different cancers are provided.

Key words: nuclear; magnetic resonance; neutron.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЯДЕРНАЯ МАГНИТНАЯ РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ И РАДИОНУКЛИДНАЯ ТЕРАПИЯ

Джибладзе М. И., Кордзаиа Д. Дж.

(Институт морфологии Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили)

Резюме: Рассмотрены явление ядерного магнитного резонанса и основанный на его базе принцип работы компьютерного томографа. Представлены достижения радионуклидной, особенно нейтронной терапии при лечении злокачественных опухолей.

Ключевые слова: ядро; магнитный резонанс; нейтрон.

ბიომეტრიის პერსპექტივები საარჩევნო პროცესში*

ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, ნ. იაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: XXI საუკუნეში კი არჩევნების გაყალბების და დარღვევების გარეშე ჩატარება პრობლემად რჩება თითქმის ყველა ქვეყნისათვის. არსებობს არჩევნების ფალსიფიცირების სხვადასხვა ხერხი, რომლებიც კლასიფიცირებული და განხილულია სტატიაში. სტატიის ავტორები მიდიან დასკვნამდე, რომ არჩევნების ფალსიფიცირების ძირითადი მიზეზები უნდა ვეძიოთ ამომრჩევლის იდენტიფიცირების არასაიმედოობასა და სუბიექტურობაში.

პრობლემის დაძლევის ერთ-ერთ ალტერნატივად მიჩნეულია ამომრჩევლის იდენტიფიცირება ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენებით, რომელიც ამომრჩევლის იდენტიფიცირების საიმედოობის თვალსაზრისით არის პერსპექტიული, რამდენადაც ამოორიცხავს პიროვნების იდენტიფიცირების სუბიექტურ ფაქტორებს.

კვლევა ცხადყოფს, რომ ბიომეტრიის გამოყენება საარჩევნო სიების შედგენისას, საარჩევნო უბანზე რეგისტრირებისას და ხმის მიცემის კაბინაში, პრაქტიკულად ამოორიცხავს დღეისათვის არსებულ ფალსიფიცირების ყველა ხერხს.

საკვანძო სიტყვები: ბიომეტრია; არჩევნების პროცესი და ტექნოლოგიები; გაყალბება.

შესავალი

არჩევნების თავისუფლად, დემოკრატიულად და ყოველგვარი დარღვევის გარეშე ჩატარება მეტად აქტუალური პრობლემაა თითქმის ყველა ქვეყნისთვის, მათ შორის დასავლეთ ევროპის განვითარებული სახელმწიფოებისა და თვით აშშ-ისთვისაც. ეს პრობლემა განსაკუთრებით აწუხებს განვითარებად და, რა თქმა უნდა, განუვითარებელ ქვეყნებსაც. ამდენად, უნდა ვაღიაროთ, რომ XXI საუკუნეში კი არჩევნების გაყალბების და დარღვევების გარეშე ჩატარება დღესაც ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხად რჩება [1] მიუხედავად იმისა, რომ პრობლემის მოგვარების მიზნით ჯერ კიდევ ედისონის პერიოდიდან ხდებოდა მექანიკური თუ ელექტრონული საარჩევნო სისტემების შექმნა [2].

ზოგადად არჩევნების გაყალბებად (ანუ ფალსიფიცირებად) შეიძლება ჩაითვალოს მოქმედი კანონმდებლობებით გათვალისწინებული ყველა იმ წესის, რიგითობის და პროცედურის ნებისმიერი დარღვევა, რასაც შეუძლია გავლენა იქონიოს არჩევნების შედეგებზე [3]. როდესაც საუბარია არჩევნების გაყალბებაზე, პირველ რიგში ეს ეხება საარჩევნო სიების შედგენისა და ხმის მიცემის პროცესებს, მაგრამ მთავარი მაინც ხმის მიცემისა და შედეგების დათვლის პროცესებია, როდესაც გაყალბების გზით გაცილებით მეტი, უფრო ქმედითი და სასურველი შედეგების მიღების შესაძლებლობები არსებობს.

* პროექტი განხორციელდა შოთა რუსთაველის სახელობის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი № დ183/1-100/13). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლებელია არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის სახელობის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ძირითადი ნაწილი

არჩევნების გაყალბების სხვადასხვა მეთოდი და ხერხი არსებობს. ყველა სახის გაყალბება (ფალსიფიცირება), რომელიც შესაძლოა განხორციელდეს სხვადასხვა დონის არჩევნების ჩატარებისას, შესაძლებელია დაიყოს ორ ჯგუფად:

- გაყალბება ამომრჩევლის მონაწილეობის გარეშე;
- გაყალბება ამომრჩევლის მონაწილეობით.

ასეთი სახის ფალსიფიცირება შესაძლებელია განხორციელდეს არჩევნების ჩამტარებელი ორგანოს მიერ ან მისი მონაწილეობით. ამავე დროს არსებობს ისეთი გაყალბებები, რომლებიც ვერ განხორციელდება, თუ მათში ჩართული არ იქნებიან უშუალოდ ამომრჩევლები. ამ დროს ამომრჩეველი თვითონ მონაწილეობს ხმის მიცემის პროცესის ფალსიფიცირებაში, თუმცა ეს შესაძლოა მოხდეს როგორც ამომრჩევლის ნება-სურვილით, ისე მის გარეშე. პირველ შემთხვევაში ფალსიფიცირების ინიციატორი თავად ამომრჩეველია და ის აღნიშნულ ქმედებას საარჩევნო ორგანოსთან შეთანხმების გარეშე აკეთებს. მეორე შემთხვევა კი გულისხმობს ამომრჩეველზე ძალდატანებასა და დაშინებას.

საარჩევნო პროცესების გაყალბების მეთოდები და ხერხები ზოგადად ასე კლასიფიცირდება:

- საარჩევნო სიების ფალსიფიცირება;
- წინასაარჩევნო ფალსიფიცირება (მაგალითად, საარჩევნო ბიულეტენების ფალსიფიცირება სტამბაში);
- ირიბი ფალსიფიცირება;
- ხმის მიცემის პროცესის ფალსიფიცირება;
- ხმების დათვლის და ოქმების ფალსიფიცირება.

საარჩევნო სიების ფალსიფიცირება.

- „მკედარი სულები“. იგულისხმება გარდაცვლილი და საერთოდ არარსებული პიროვნებების საარჩევნო სიაში მოხვედრა;
- არასრულწლოვანი „ამომრჩევლები“;
- ახალი საარჩევნო უბნის შექმნა ძველის გადაფარვით.

წინასაარჩევნო ფალსიფიცირება:

- „დაპროგრამებული ბიულეტენი“. ამ ბიულეტენში სასურველი კანდიდატის გვარი გამოყოფილია ვიზუალურად: ე.ი. დაბეჭდილია განსხვავებული შრიფტით, ფერით და ა.შ. კანდიდატების საერთო სიაში დანარჩენი კანდიდატები ამომრჩევლის მიერ აღიქმება რაღაც „ტექნიკურ ტექსტად“. ეს ყველაზე გავრცელებული მეთოდია, რამდენადაც საარჩევნო კომისიისათვის შეიცავს ნაკლებ რისკებს. მსგავსი „ხარვეზი“ ყოველთვის შეიძლება გადააბრალონ სტამბას. თუ კომისია საჭიროდ მიიჩნევს იგი შეიძლება ჩათვალოს ხარვეზად, თუ არა და, არა;
- „ხარვეზიანი ბიულეტენი“ გულისხმობს ტიპოგრაფიული ხარვეზის დასმას ბიულეტენზე რომელიმე კანდიდატის ხმის მიცემის ველში ან გვარის გასწრივ და ა.შ. ნორმალური ბიულეტენების საერთო მასაში ასეთი ხარვეზების მქონე ბიულეტენი საარჩევნო კომისიის მიერ შემჩნეული იქნება ან არ იქნება შემჩნეული, რაც ხმის დათვლის პროცესში შეიძლება აღმოჩნდეს ბიულეტენის ანულირების მიზეზი. ამ ხერხის „გენიალობა“ ისაა, რომ თუ ხარვეზი ამომრჩევლის მიერ მონიშნულ უჯრაშია, მაშინ იგი შეუმჩნეველია, მაგრამ, თუ ხარვეზი ერთი კანდიდატის უჯრაშია, ხოლო ამომრჩეველმა მონიშნა სხვა კანდიდატი, მაშინ მონიშნული აღმოჩნდება ორი კანდიდატი და ბიულეტენი ანულირდება;
- საარჩევნო ბიულეტენების დამატებითი ტირაჟის დამზადება;
- ხმის მიცემა არჩევნებამდე.

ირიბი ფალსიფიცირება:

- ამომრჩევლის მოსყიდვა;
- საარჩევნო უბანზე აგიტაცია.

ხმის მიცემის პროცესის ფალსიფიცირებისას გამოიყენება:

- „დამუხტული ურნა“. იგულისხმება ხმების „ჩაყრა“ ურნაში ხმის მიცემის პროცესის დაწყებამდე;

- „კარუსელი“ – ფალსიფიცირების ყველაზე უფრო გავრცელებული ფორმა, როდესაც ამომრჩეველთა ჯგუფი გადაჰყავთ ერთი საარჩევნო უბნიდან მეორეზე და ხდება ერთი ამომრჩეველის მიერ ხმის რამდენჯერმე მიცემა. კარუსელის უფრო „კლასიკური“ ფორმაა „ამომრჩეველის“ მიერ საარჩევნო უბნიდან „სუფთა“, შეუსვებელი ბიულეტენის გამოტანა, რომელსაც გადასცემს სხვა პიროვნებას, რათა უკვე „სწორად“ შევსებული ბიულეტენი შეიტანოს უბანში და მოათავსოს ურნაში. ამავე ამომრჩეველს გამოაქვს თავისი შეუსვებელი ბიულეტენი და გადასცემს „სუფთა“ ბიულეტენს სხვა ამომრჩეველს და ა.შ;
- ბიულეტენის მიღება პირადობის დამადასტურებელი დოკუმენტის წარმოდგენის გარეშე;
- ამომრჩეველზე ორი და მეტი ბიულეტენის გაცემა. ერთ ამომრჩეველზე გაიცემა რამდენიმე ბიულეტენი, რომელსაც იგი ერთიანად ავსებს და ათავსებს ურნაში;
- შეუსვებელი ბიულეტენის ყიდვა საარჩევნო უბნის გარეთ. ამომრჩეველს წინდაწინ აძლევენ შევსებულ ბიულეტენს, რომლითაც ის აძლევს ხმას, ხოლო ბიულეტენი, რომელიც მან მიიღო საარჩევნო უბანში, გამოაქვს საარჩევნო უბნის გარეთ;
- კაბინაში კალმის მაგივრად არის ფანქარი. ამომრჩეველს კაბინაში კალმის ნაცვლად ხვდება ფანქარი. ის იძულებულია ფანქრით შემოხაზოს მისთვის სასურველი კანდიდატი. ეს კი იძლევა შესაძლებლობას, რომ საარჩევნო კომისიამ შემდეგ უკვე კალმით შემოხაზოს მათთვის სასურველი კანდიდატი და წაშალოს ფანქრით შემოხაზულის კვალი. დღეისათვის უკვე არის უფრო თანამედროვე საშუალება – კალამი, რომლის კვალი გარკვეული დროის შემდეგ უჩინარდება;
- არჩევნებზე გამოუცხადებელი ამომრჩეველის მაგივრად ხმის მიცემა;
- დამკვირვებლებისათვის მუშაობაში ხელის შეშლა;
- ამომრჩეველის მიერ შევსებული საარჩევნო ბიულეტენის ფოტო და ვიდეოგადაღება;
- გადასატანი ურნა.

ხმების დათვლის და ოქმების ფალსიფიცირება:

- ბიულეტენების „არასწორი“ დალაგება;
- ხმების არასწორი დათვლა;
- ბიულეტენების შერევა. ნამდვილ ბიულეტენებში ანუღირებულების შერევა ან პირიქით;
- ოქმის უხეში გაყალბება;
- შედეგების გაუქმება საარჩევნო უბანზე;
- არასასურველი კანდიდატის ბიულეტენის გაფუჭება.

საარჩევნო პროცესების გაყალბების ზემოთ ჩამოთვლილ მეთოდებსა და ხერხებს ემატება ელექტრონული საარჩევნო სისტემებისათვის დამახასიათებელი ფალსიფიცირება:

- კომპიუტერული ვირუსი. წინდაწინ არის შექმნილი სპეციალური კომპიუტერული ვირუსი, რომელიც მოქმედებს როგორც საარჩევნო უბნების სისტემებზე, ასევე ცენტრალური საარჩევნო ორგანოს სერვერებზე. ვირუსი შეიძლება მიმართული იყოს საარჩევნო პროცესის ჩაშლისაკენ ან კანდიდატების მიერ მიღებული ხმების რაოდენობის ფალსიფიცირებაზე;
- მონაცემთა ბაზებზე ზემოქმედება ხდება საარჩევნო სიების და შედეგების ფალსიფიცირების მიზნით;
- კიბერშეტევა გამოიყენება ელექტრონულ საარჩევნო სისტემებზე შეტევისათვის, რომელთა არქიტექტურა და ფუნქციონირება ეყრდნობა ერთიან გლობალურ კომპიუტერულ ქსელს;
- საარჩევნო ტექნიკის მწყობრიდან გამოყვანა მიმართულია საარჩევნო პროცესის ჩაშლისაკენ, რაც იწვევს საარჩევნო უბნის შედეგების გაუქმებას;
- ენერგომომარაგების მიწოდების შეწყვეტა. ასევე მიმართულია საარჩევნო პროცესის ჩაშლისაკენ, რასაც თან სდევს საარჩევნო უბნის შედეგების გაუქმება. სისტემას აუცილებლად უნდა ჰქონდეს ლოკალური სარეზერვო ენერგომომარაგება.

ამდენად, არჩევნების გაყალბება დაკავშირებულია ამომრჩეველების და საარჩევნო ორგანოს პერსონალის, საარჩევნო პროცესებზე დამკვირვებლების სუბიექტურ ფაქტორებთან როგორც წინასაარჩევნო, ასევე ხმის მიცემის და შედეგების დაჯამების პროცესებში. აქედან იკვეთება საარჩევნო სისტემისადმი წაყენებული მთავარი ამოცანა: ისეთი საარჩევნო სისტემის შექმნა, რომელიც მაქსიმალურად გამორიცხავს ამომრჩეველების და საარჩევნო ორგანოს პერსონალის

სუბიექტურ ფაქტორებს, ანუ მათ წინასწარ განზრახულ ქმედებებს, რომლებიც მიმართულია არჩევნების ფალსიფიცირებისაკენ.

არჩევნების გაყალბებასთან ბრძოლის არსებული მეთოდები:

მტკიცებას არ საჭიროებს, რომ ტრადიციული სისტემით (ქაღალდის ბიულეტენი) არჩევნების ჩატარებისას მთელი რიგი ორგანიზაციული თუ ტექნიკური ღონისძიებების (საარჩევნო უბნის აღჭურვა კამერებით, ამომრჩეველთა მარკირება და ა.შ.) გატარება საარჩევნო პროცესში ფალსიფიცირების ღონის შემცირების მიზნით შედეგს არ იძლევა. უკეთესი შედეგები მიიღწევა ელექტრონული საარჩევნო სისტემების გამოყენებისას [4], როდესაც უმეტეს შემთხვევაში (მაგრამ, არა ყოველთვის) გამორიცხულია საარჩევნო ორგანოს პერსონალის სუბიექტური ქმედებები. ჩვენს მიზანს არ წარმოადგენს არსებული ელექტრონული სისტემების (რომლებიც მრავალია) კრიტიკული ანალიზი. შევნიშნავთ მხოლოდ, რომ არსებულ ელექტრონულ სისტემებში ამომრჩევლის იდენტიფიცირება საარჩევნო ორგანოს პერსონალის მიერ სუბიექტურ ხასიათს ატარებს, რამდენადაც ხორციელდება ამომრჩევლის პირადობის დამადასტურებელი დოკუმენტის (თუნდაც ელექტრონული) საფუძველზე. ამდენად, თანამედროვე ელექტრონული საარჩევნო სისტემები ვერ უზრუნველყოფს ამომრჩევლის იდენტიფიცირების პროცესში სუბიექტური ფაქტორების გამორიცხვას.

ბიომეტრიის დადებითი გავლენა საარჩევნო პროცესზე.

ბიომეტრია გამოიყენება ყველგან და ყველგან, სადაც საჭიროა პიროვნების იდენტიფიცირება, იქნება ეს დაშვების ფიზიკური სისტემები, ინფორმაციულ სისტემებში აუტენტიფიცირება თუ საბანკო ავტომატი და ა.შ. აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის ბიომეტრიის გამოყენება ხდება მხოლოდ ელექტრონულ საშუალებებში, ანუ IT-ტექნოლოგიებში. შესაბამისად, როცა ვსაუბრობთ ბიომეტრიულ საარჩევნო სისტემებზე, ვგულისხმობთ ინფორმაციულ და ციფრულ ელექტრონულ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ სისტემას. ამჟამად ადამიანის იდენტიფიცირების საუკეთესო საშუალებად ბიომეტრია ითვლება [5]. 1-ლ ცხრილში მოცემულია პიროვნების იდენტიფიცირების ტრადიციული და ბიომეტრიული იდენტიფიკატორების შედარებითი ანალიზი.

ცხრილი 1

პიროვნების იდენტიფიცირების ტრადიციული და ბიომეტრიული იდენტიფიკატორების შედარებითი ანალიზი

იდენტიფიცირების საშუალებები	დადებითი მხარეები	უარყოფითი მხარეები
პირადობის დამადასტურებელი ტრადიციული დოკუმენტი	მარტივია	• იდენტიფიცირება სუბიექტურია • გადაცემა სხვა პირზე • დაკარგვა • დაზიანება • აღრევა • მორგება • არ ექვემდებარება ავტომატიზაციას
პირადობის დამადასტურებელი ელექტრონული დოკუმენტი	• ექვემდებარება ავტომატიზაციას • საიმედოა	• იდენტიფიცირება სუბიექტურია • გადაცემა სხვა პირზე • დაკარგვა • დაზიანება • აღრევა • მორგება
ბიომეტრიული მონაცემი	• იდენტიფიცირება ავტომატურია • ექვემდებარება ავტომატიზაციას • ერგონომიულია • საიმედოა	• FAR-ზე დამოკიდებულება • მორგება

მიუხედავად იმისა, რომ ბიომეტრიული იდენტიფიკატორი არ არის პიროვნების იდენტიფიცირების იდეალური საშუალება (შეცდომებისაგან არც ის არის დაზღვეული [6]), იგი თავისუფალია იდენტიფიცირების დროს სუბიექტური გადაწყვეტილებისაგან, რაც მას უდავოდ დიდ უპირატესობას ანიჭებს სხვა საიდენტიფიკაციო საშუალებებთან შედარებით. ამიტომაცაა, რომ ბიომეტრია დღეისათვის IT ტექნოლოგიების ყველაზე უფრო პროგრესირებადი მიმართულებაა [5]. გამოყენების ამა თუ იმ კონკრეტულ სფეროში ბიომეტრია უნდა აკმაყოფილებდეს კონკრეტულ მოთხოვნებს [7]. ამ თვალსაზრისით გამონაკლისი არც საარჩევნო სისტემაა.

ნაშრომში [8] ჩამოყალიბებულია ბიომეტრიის მიმართ წაყენებული ის მოთხოვნები, რომლებიც საჭიროა საარჩევნო სისტემაში გამოყენებისას. ესენია: საიმედოობა, გაყალბებისადმი მდგრადობა, ერგონომიულობა, ბიომეტრიული მანევრებლის სტაბილურობა, მისადებლობა (გამოსადევობა) და გარემოს მიმართ სტაბილურობა. ელექტრონულ საარჩევნო სისტემებში მთავარ პრობლემას წარმოადგენს პროცესში მონაწილე სუბიექტის გარანტირებული იდენტიფიცირება. ამ პრობლემის გადაწყვეტას ზოგიერთი ნაშრომის [7] ავტორი ხედავს ამომრჩევლების რამდენიმე ბიომეტრიული მანევრებლის კომბინირებულ გამოყენებაში. ნაშრომში [9] წარმოდგენილია ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის სინთეზის მოდელი, რომლის მიხედვით საარჩევნო სისტემაში ამომრჩევლის ბიომეტრიული იდენტიფიცირება ხდება:

- საარჩევნო სიის ფორმირებისას;
- საარჩევნო უბანზე რეგისტრირებისას;
- ხმის მიცემის კაბინაში.

ტრადიციული საარჩევნო სისტემის შემთხვევაში ამომრჩევლის სუბიექტური იდენტიფიცირება ხდება მხოლოდ ორჯერ: საარჩევნო სიის ფორმირებისას და საარჩევნო უბანზე რეგისტრირებისას. ხმის მიცემის კაბინაში ამომრჩევლის ბიომეტრიული იდენტიფიცირება გამორიცხავს საარჩევნო უბანზე მარეგულირებლების არსებობას, რაც კიდევ უფრო ზრდის საარჩევნო პროცესის საიმედოობას.

პიროვნების ბიომეტრიული იდენტიფიცირების არსი და ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის სინთეზის მოდელი არსებითად ცვლის საარჩევნო პროცესის არსს ფალსიფიცირების მეთოდების და ხერხების გამორიცხვის თვალსაზრისით.

მე-2 ცხრილში წარმოდგენილია არჩევნების ფალსიფიცირების ზემოთ განხილული მეთოდები და ხერხები – ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის სინთეზის მოდელის განხორციელების შემთხვევაში თუ რა შედეგები იქნება მიღებული.

ცხრილი 2

არჩევნების ფალსიფიცირების მეთოდები და ხერხები

ფალსიფიცირების მეთოდი ან ხერხი	ბიომეტრიის ზემოქმედება	შედეგი
საარჩევნო სიების მომზადება		
მკვდარი სულები	საარჩევნო სიაში ბიომეტრიული რეგისტრაციისათვის ამომრჩეველი ფიზიკურად უნდა გამოცხადდეს; დაქტილოსკოპიური რეგისტრაციისათვის საჭიროა ათივე თითის ანაბეჭდი; თვალის ფერადი გარსის რეგისტრაციისათვის საჭიროა ორივე თვალის იდენტიფიცირება.	მთლიანად გამორიცხავს საარჩევნო სიაში „მკვდარ სულებს“
არასრულწლოვანი „ამომრჩეველი“	არ ხდება. შენიშვნა: თუ სისტემა სინქრონიზებული იქნება საჯარო რეესტრის მონაცემებთან, მაშინ ასეთი შემთხვევები ავტომატურად გამოირიცხება.	ვერ გამოირიცხავს
ახალი საარჩევნო უბნის შექმნა ძველის გადაფარვით	ბიომეტრიული მონაცემთა ბაზა არ დაუშვებს ბიომეტრიული მონაცემების განმეორებას.	გამორიცხავს
წინასაარჩევნო ფალსიფიცირება		
„დაპროგრამებული ბიულეტენი“	ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემა არ საჭიროებს სასტამბო პროცესს;	გამორიცხავს

	თუ ელექტრონულ ბიულეტენში ვიზუალურადაა გამოყოფილი რომელიმე კანდიდატი, ეს არ შეიძლება იყოს მხოლოდ ზოგიერთ ბიულეტენში, რაც, ცხადია, თვალსაჩინო იქნება დამკვირვებლებისათვის.	
„ხარვეზიანი ბიულეტენი“	ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემა არ საჭიროებს სასტამბო პროცესს; თუ ელექტრონულ ბიულეტენში არის ტექნიკური ხარვეზი, მაშინ იგი გავრცელდება მთელი სისტემის მასშტაბით, რაც საარჩევნო კომისიის ხარვეზი იქნება.	გამორიცხავს
საარჩევნო ბიულეტენების დამატებითი ტირაჟის დამზადება	სისტემა გასცემს მხოლოდ იმდენ ბიულეტენს, რამდენი ამომრჩეველიცაა რეგისტრირებული საარჩევნო უბანზე; ტექნიკურად შეუძლებელია ელექტრონული ბიულეტენების შეგნებულად თუ შეუგნებლად გაფუჭება.	არ საჭიროებს
ხმის მიცემა არჩევნებამდე	ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემით საარჩევნო პროცესის (უბნის) გახსნა ხდება ავტომატურად (აღამიანზე დამოკიდებული არ არის) ყველა საარჩევნო უბნისათვის ერთდროულად; ამდენად, საარჩევნო უბნის გახსნამდე „ხმის მიცემა“ ტექნიკურად შეუძლებელია.	გამორიცხავს
ირიბი ფალსიფიცირება		
ამომრჩეველის მოსყიდვა	გამორიცხულია	ვერ გამოირიცხავს
საარჩევნო უბანზე აგიტაცია	გამორიცხულია	ვერ გამოირიცხავს
ხმის მიცემის პროცესის ფალსიფიცირება		
„დამუხტული ურნა“	შეუძლებელია „ხმების ჩაყრა“ საარჩევნო უბნის გახსნამდე და გახსნის შემდეგ, რადგანაც ხმის მიცემა ამომრჩეველის ბიომეტრიული მანევრების გარეშე ვერ მოხდება.	გამორიცხავს
„კარუსელი“	ამომრჩეველი ორ ან მეტ საარჩევნო უბანზე ბიომეტრიულ იდენტიფიცირებას ვერ გაივლის, რადგანაც საარჩევნო სია ერთიანია, სადაც ამომრჩეველი წარმოდგენილია უნიკალური ბიომეტრიული მანევრებით.	გამორიცხავს
ბიულეტენის მიღება პირადობის დამადასტურებელი დოკუმენტის წარმოდგენის გარეშე	საარჩევნო უბანზე ამომრჩეველმა რეგისტრაცია უნდა გაიაროს ბიომეტრიული მანევრების საშუალებით, რითაც ხდება მისი იდენტიფიცირება. პრინციპში, პირადობის მოწმობის წარდგენა აუცილებელი არ არის.	გამორიცხავს
ამომრჩეველზე ორი და მეტი ბიულეტენის გაცემა	ბიომეტრიულ საარჩევნო სისტემაში ბიულეტენი ამომრჩეველზე გაიცემა ავტომატურად და მხოლოდ ერთი. ორი ან მეტი ბიულეტენის გაცემა სისტემაში ხარვეზის გარეშე ვერ მოხდება, რაც აისახება ყველა ამომრჩეველზე.	გამორიცხავს
შეუვსებელი ბიულეტენის ყიდვა საარჩევნო უბნის გარეთ	ბიულეტენი გაიცემა ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის მიერ ელექტრონულად, რადგან ბიულეტენი საერთოდ არ არსებობს	გამორიცხავს
კაბინაში კალმის მაგივრად არის ფანქარი	ელექტრონული ბიულეტენის შევსებისათვის საერთოდ არ გამოიყენება საწერი საშუალება. ამდენად, ხმის მიცემის შემდეგ ამომრჩეველის მიერ შევსებული ბიულეტენის ჩასწორება ფიზიკურად შეუძლებელია.	გამორიცხავს
არჩევნებზე გამოუცხადებელი ამომრჩეველის მაგივრად ხმის	ბიომეტრიულ საარჩევნო სისტემაში ბიულეტენის გაცემისათვის საჭიროა ამომრჩეველის	გამორიცხავს

მიცემა	ბიომეტრიული რეგისტრაცია, რაც საარჩევნო უბანზე მის გამოუცხადებლად შეუძლებელია.	
დამკვირვებლებისათვის მუშაობაში ხელის შეშლა	არ ხდება	ვერ გამორიცხავს
ამომრჩევლის მიერ შეესებული საარჩევნო ბიულეტენის ფოტო-ვიდეოგადაღება	უშუალოდ ხმის მიცემის დილაკზე თითის დაჭერამდე ამომრჩეველს შეუძლია მის მიერ მიღებული გადაწყვეტილების რამდენჯერმე შეცვლა (ბიულეტენის თავიდან შევსება). „ხმის მიცემის“ დილაკზე თითის დაჭერით ელექტრონული ბიულეტენი იხურება მომენტალურად. ასეთი მიდგომა გამორიცხავს ფოტოგადაღებას, ამიტომაც ვერ ხერხდება იმის დადგენა, გადაღებული ბიულეტენი ხმის მიცემის წინ შეიცვალა თუ არა. ამომრჩეველს შეუძლია მთლიანად გადაიღოს (ვიდეო) ხმის მიცემის პროცესი.	გამორიცხავს ფოტოგადაღებას. ვერ გამორიცხავს ვიდეოგადაღებას.
გადასატანი ურნა	გადასატანი ბიომეტრიული საარჩევნო სისტემის არქიტექტურა განსხვავდება სტაციონარული საგან ერთ პორტატიულ კომპიუტერში რეგისტრირების და ხმის მიცემის ქვესისტემების შეთავსებით.	–
ხმების დათვლის და ოქმების ფალსიფიცირება		
ბიულეტენების არასწორი დალაგება	სისტემა ბიულეტენის დალაგებას საერთოდ არ საჭიროებს	გამორიცხავს
ხმების არასწორი დათვლა	სისტემა ხმებს ითვლის ავტომატურად, რაც გამორიცხავს შეცდომებს.	გამორიცხავს
ბიულეტენების შერევა	ელექტრონული ბიულეტენების ერთმანეთში „შერევა“ გამორიცხებულია, რამდენადაც ადამიანს ხელი არ მიუწვდება ელექტრონულ ბიულეტენებზე.	გამორიცხავს
ოქმის უხეში გაყალბება	საარჩევნო ოქმი, რომელსაც აქვს საიდენტიფიკაციო მონაცემები, იბეჭდება ავტომატურად საარჩევნო უბნის დახურვისთანავე. იგივე ოქმი ავტომატურ რეჟიმში იგზავნება ცენტრალურ საარჩევნო კომისიაში. ამდენად, ადგილზე მისი გაყალბება შეუძლებელია.	გამორიცხავს
შედეგების გაუქმება საარჩევნო უბანზე	საარჩევნო უბნის შედეგების გაუქმება შეიძლება ორი მიზეზით: • საარჩევნო უბანზე ორგანიზაციული ქაოსის შექმნით; • ამომრჩევლის რეგისტრირებიდან და უშუალოდ ხმის მიცემის პროცესიდან გამომდინარე.	პირველ შემთხვევას ვერ გამორიცხავს. მეორე შემთხვევას გამორიცხავს.
არასასურველი კანდიდატის ბიულეტენის გაფუჭება	ელექტრონულ სისტემაში ფიზიკურად შეუძლებელია, რამდენადაც პერსონალს ხელი არ მიუწვდება ელექტრონულ ბიულეტენებთან.	გამორიცხავს
კომპიუტერული ვირუსი	პროგრამული უზრუნველყოფა ტესტირებულია. საარჩევნო უბნის გახსნამდე ხდება ანტივირუსული პროგრამის ავტომატური გაშვება.	გამორიცხავს
მონაცემთა ბაზებზე ზემოქმედება	მონაცემთა ბაზებთან პირდაპირი დაშვება არ ხდება.	გამორიცხავს
კიბერშეტევა	საარჩევნო სისტემის არქიტექტურა არ გულისხმობს საარჩევნო პროცესში გლობალური კომპიუტერული ქსელის გამოყენებას.	გამორიცხავს
საარჩევნო ტექნიკის მწყობრიდან გამოყვანა	პრაქტიკულად არ ხდება, თუ მიზანმიმართულად არ ეცდებიან ტექნიკური აღჭურვილობის მწყობრიდან გამოყვანას.	ვერ გამორიცხავს
ენერგომომარაგების შეწყვეტა	საჭიროა ლოკალური სარეზერვო კვება	გამორიცხავს

დასკვნა

ამრიგად, იმდენად მრავალფეროვანია საარჩევნო პროცესის ფალსიფიცირების ხერხები, რომ მათ წინააღმდეგ ბრძოლის არსებული მეთოდები ვერ უზრუნველყოფს საარჩევნო სისტემის საჭირო საიმედოობას. შედარებით ახალ აღტერნატივას წარმოადგენს ბიომეტრიის გამოყენება საარჩევნო პროცესში, რომელიც, როგორც გამოკვლევა გვიჩვენებს, საიმედოობის თვალსაზრისით გაცილებით პერსპექტიულია, რამდენადაც გამორიცხავს პიროვნების იდენტიფიცირების სუბიექტურ ფაქტორებს. გამოკვლევის შედეგებმა დაადასტურა, რომ ბიომეტრიის გამოყენება საარჩევნო სივრცის შედგენისას, საარჩევნო უბანზე რეგისტრირებისას და ხმის მიცემის კაბინაში პრაქტიკულად გამორიცხავს დღეისათვის არსებულ ფალსიფიცირების ნებისმიერი ხერხის გამოყენებას.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Лисовский С. Ф. Избирательные технологии: история, теория, практика. М., 2000.
2. History of E-Voting. Modern Democracy Magazine. № 1, 2011, p. 8,9.
3. არჩევნების ადმინისტრირება: შესავალი. გაეროს განვითარების პროგრამა UNDP/Georgia. ტრენინგის მასალები. ბათუმი, 2011.
4. Нейман П. Критерии безопасности для систем электронного голосования. 2009.
5. ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, ა. ტიტვინიძე. ბიომეტრია: მითები და რეალობა. ბიზნეს-ინჟინერინგი, №1, 2012, გვ. 43-50.
6. Technical Document about FAR, FRR and EER. by SYRIS Technology Corp., 2004.
7. Anil K. Jain. An Introduction to Biometric Recognition. IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, Vol. 14, No. 1, 2004, p. 4-20.
8. Имнаишвили Л. Ш., Бединеишвили М. М., Киркитадзе Н. М., Иашвили Н. Г. К вопросу выбора биометрического показателя с целью применения в системах голосования//Тезисы докладов VII Международной научно-практической конференции: Современные проблемы и достижения в отрасли радиотехники, телекоммуникации и информационные технологии. 17 - 19 сентября, Запорожье, 2014, с. 158 - 159.
9. ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი, მ. ბედინეიშვილი, ნ. კირკიტაძე, ზ. მაცაბერიძე. ბიომეტრიული ტექნოლოგიების გამოყენება საარჩევნო პროცესში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. №18, 2014, გვ. 25-30.
10. Парамонов Д. О., Кириченко В. В. Методы фальсификаций выборов. М., 2003.
11. Максимов А. А. Чистые и грязные технологии выборов. М., 1999,- 448 с.
12. Гречишников С. Избирательные технологии. М.: Канон, 2011.

THE PROSPECTS FOR APPLICATION OF BIOMETRY TO ELECTION PROCESSES

L. Imnaishvili, M. Bedineishvili, N. Iashvili

(Georgian Technical University)

Resume: To hold election without falsification and violation of procedures remains a problem in the majority of countries in the XXI century. There are main ways of falsification of elections, the classification of which is considered in the paper. The authors inferred, that we should look for the cause of falsification of elections in unreliable and subjective identification of electors.

They believe, that one of alternative solutions of the problem is application of biometric technology to the identification of electors.

The diametric identification is promising from the standpoint of reliability, because it rubs out subjective factors, when identifying the electors.

Key words: biometry, elective process and technologies, falsification.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПЕРСПЕКТИВЫ БИОМЕТРИИ В ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Имнаишвили Л. Ш., Бединеишвили М. М., Иашвили Н. Г.

(Грузинский технический университет)

Резюме: Проведение выборов без фальсификации и нарушения процедур даже в XXI веке остается проблемой почти во всех странах мира. Существуют разные способы фальсификации выборов, которые классифицируются в статье. Авторы приходят к выводу, что основные причины фальсификации нужно искать в ненадежности и субъективности идентификации избирателей.

Одним из альтернативных решений проблемы считается применение биометрических технологий для идентификации избирателей. Применение биометрических технологий для идентификации избирателей является перспективным с точки зрения надежности, так как исключает субъективные факторы при идентификации избирателей.

Исследования показывают, что использование биометрии при составлении избирательных списков, регистрации на избирательные участки и голосовании практически устраняет все существующие методы фальсификации.

Ключевые слова: биометрия; избирательные процессы и технологии; фальсификация.

საქართველოში მცირე ბიზნესის განვითარების ხელშეწყობელი

ზოგიერთი ფაქტორის შესახებ

რ. ოთინაშვილი, მ. იაშვილი

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე ეტაპზე საქართველოსთვის მნიშვნელოვანია მცირე ბიზნესის განვითარება. ამიტომ ყოველთვის აქტუალურია იმ ხელშეწყობელი ფაქტორების ანალიზი, რომლებიც აფერხებს ქვეყანაში მცირე ბიზნესის განვითარებას.

სტატიაში განხილულია ავტორთა მიერ ქ. თბილისში მცირე ბიზნესის სხვადასხვა ობიექტზე ჩატარებული გამოკითხვის შედეგები. აღმოჩნდა, რომ მცირე ბიზნესში დღეისათვის არსებული სურათი არასახარბიელოა. მდგომარეობის გაუმჯობესების მიზნით სახელმწიფომ უნდა გაატაროს ბიზნესის ხელშეწყობის პოლიტიკა. ჩამოთვლილია დასავლეთის ქვეყნებში აპრობირებული მცირე ბიზნესის მხარდაჭერის ძირითადი მიმართულებები.

საკვანძო სიტყვები: მცირე ბიზნესი; განვითარების ტენდენციები; ხელშეწყობელი ფაქტორები.

შესავალი

საქართველოში მცირე ბიზნესი საკმაოდ არასახარბიელო მდგომარეობაშია. მიუხედავად იმისა, რომ მცირე მეწარმეთა პრობლემებზე ბევრს საუბრობენ, იმართება შეხვედრები, კონფერენციები და დისკუსიები, ამ სფეროში არსებული მრავალი პრობლემა კვლავ მოუგვარებელია. მცირე მეწარმეთა და მათი შემოსავლების ზრდის ნაცვლად ხდება მსხვილი ბიზნესის გაფართოება. 2014 წლის ქვეყნის პრემიერ-მინისტრის ანგარიშში აღნიშნულია, რომ 2012 წლიდან მოყოლებული ქვეყანაში მსხვილი გადამხდელების რაოდენობა გაიზარდა, რაც აისახა მათი შემოსავლების დაახლოებით 5 მლრდ ლარამდე ზრდით. ეს, რა თქმა უნდა, დადებითი ტენდენციაა, მაგრამ ქვეყნისთვის ამ ეტაპზე ბევრად მნიშვნელოვანი სწორედ მცირე ბიზნესის ზრდა-განვითარებაა.

ძირითადი ნაწილი

არსებობს მთელი რიგი ხელშეწყობელი ფაქტორები, რომლებიც აფერხებს ქვეყანაში მცირე და საშუალო ბიზნესის განვითარებას. ერთ-ერთი პირველი მიზეზი ეროვნული ვალუტის გაუფასურება და, აქედან გამომდინარე, არასტაბილური ფასებია, ეს კი უარყოფითად მოქმედებს მცირე ბიზნეს-ობიექტების როგორც შესყიდვებზე, ისე რეალიზაციაზე.

აღნიშნულთან უშუალო კავშირშია მოსახლეობის დაბალი მსყიდველობითი უნარი, რაც განპირობებულია მათი უდიდესი ნაწილის არასაკმარისი შემოსავლებით.

დასავლეთის ქვეყნებში შემოსავლების მიხედვით მსჯელობენ პიროვნების პოლიტიკურ შეხედულებაზე, გემოვნებასა და განათლებაზე, მის ასაკსა და სიცოცხლის ხანგრძლივობაზეც კი. მცირე შემოსავლების დროს ილახება ადამიანის როგორც მატერიალური, ისე სულიერი ცხოვრება. ამიტომ უკეთესი ცხოვრებისა და შემოსავლების ზრდისაკენ სწრაფვა ბუნებრივი პროცესი და ნებისმიერი პიროვნებისთვის ეკონომიკური ლოგიკით ნაკარნახევი საბოლოო მიზანია.

დაბალი მსყიდველობითი უნარის გარდა, მცირე მეწარმეებისათვის ბიზნესის გაფართოების ერთ-ერთ ბარიერად მაღალი გადასახადები ითვლება. დღეისათვის მცირე მოვაჭრეებს არა აქვთ საშუალება ბიუჯეტში გადაიხადონ მხოლოდ მიღებული შემოსავლების რაოდენობის პროპორციულად განაწილებული გადასახადები. ცხადია, ეს მცირე მეწარმის ბიზნესზე უარყოფითად აისახება.

ექსპერტების ერთ ჯგუფს მიაჩნია, რომ სახელმწიფო სათანადოდ ვერ უზრუნველყოფს მცირე და საშუალო ბიზნესის ხელშეწყობის პოლიტიკას. აღნიშნული საწარმოები უყურადღებოდაა მიტოვებული უკვე მრავალი წლის განმავლობაში, მაშინ როდესაც უმუშევრობასთან გამკლავება სწორედ მცირე საწარმოებში მოქალაქეთა დასაქმებით არის შესაძლებელი.

ქვეყანას დღემდე არ გააჩნია აღნიშნული ბიზნესების განვითარების სტრატეგია, ხოლო ის პროგრამები, რომლებსაც მთავრობა ახორციელებს, იმდენად მიზერულია, რომ მცირე ბიზნესის განვითარების პერსპექტივები საკმაოდ ბუნდოვანია.

როგორც „საწარმოთა ინოვაციური განვითარების ცენტრის“ ერთ-ერთ კვლევაშია აღნიშნული, საქართველო მსოფლიოში ერთადერთი ქვეყანაა, რომელსაც მცირე და საშუალო ბიზნესის შესახებ კანონიც კი არა აქვს. მართლაც, თუ გადავხედავთ ევროპის განვითარებული ქვეყნების კანონმდებლობას, დავინახავთ, რომ მათ ყველას აქვთ მიღებული კანონი მცირე მეწარმეთა მხარდასაჭერად, ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ ასეთი კანონი ჯერ კიდევ არ შეუქმნავებიათ, მაშინ აღნიშნული ქვეყნები ევროკავშირის კანონმდებლობით სარგებლობენ.

ჩვენ მიერ ჩატარდა მცირე ბიზნესით დაკავებული ობიექტების გამოკვლევა. წინასწარ შედგენილი კითხვარის მიხედვით გამოკითხულ იქნა ქ. თბილისის ვაკისა და საბურთალოს რაიონების რამდენიმე მცირე საწარმო-ობიექტი; კერძოდ: სილამაზის სალონები, პურის საცხობები, საჩუქრების მაღაზია, სამშენებლო მასალების მაღაზია, ხილ-ბოსტნეულისა და მცირე ზომის სასურსათო (სამოთხეპეციანი) მაღაზიები. თავდაპირველად ძნელი იყო დასმულ შეკითხვებზე პასუხების მიღება, თუმცა გარკვეული საუბრების შემდეგ ბიზნეს-ობიექტების მფლობელები და იქ დასაქმებულები უფრო თავისუფლად პასუხობდნენ შეკითხვებზე.

გამოკვლევაში ჩართულ მცირე საწარმოთა მენეჯერებს პრიორიტეტების მიხედვით უნდა დაეღაგებინათ და შესაბამისი ქულა მიენიჭებინათ მათთვის საკუთარი ბიზნესის განვითარების ხელშეშლელი ფაქტორებისათვის. შედეგებმა ცხადყო, რომ მცირე მეწარმეთათვის ყველაზე შემაფერხებელი ფაქტორი ეროვნული ვალუტის გაუფასურებაა (იხ. ცხრილი). ეროვნული ვალუტის გაუფასურებისა და არასტაბილური ფასების გამო მომხმარებელი ხშირად ვერ იძენს მისთვის სასურველ საქონელს და ყალიბდება მომხმარებელთა დაბალი მსყიდველობითი უნარი. ეს კი პირდაპირპროპორციულად აისახება მცირე ბიზნესის მდგომარეობაზე. ამგვარად, შექმნილია ე.წ. „მანკიერი წრე“, სადაც დაბალი შემოსავლების გამო ვერ ვითარდება მცირე ბიზნესი. კიდევ ერთ შემაფერხებელ ფაქტორად მეწარმეთა მხრიდან დასახელდა გადასახადები. მართლაც, მათ მძიმე ტვირთად აწევა საშემოსავლო, მოგების, დამატებითი ღირებულების, აქციზის და საბაჟო გადასახადების განაკვეთები. აღნიშნულს ემატება სულ უფრო მზარდი კომუნალური და იჯარის გადასახდელები. მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში ამ გადასახადებზე მეწარმეთათვის გარკვეული შეღავათებია დაწესებული. ვერავითარ კრიტიკას ვერ უძლებს საბანკო პოლიტიკაც დამწყები ბიზნესის მიმართ. მეწარმეებს არა აქვთ ბიზნესის დასაწყებად საჭირო საწყისი კაპიტალის კრედიტად აღების საშუალება, რადგან, როგორც წესი, საქართველოში ბიზნესის წამოწყების საწყისი ეტაპი, ე.წ. start-up, არ ფინანსდება. ამასთან, ძალზე რთულდება მაღალი საპროცენტო განაკვეთით გაცემული სესხის ყოველთვიური დაფარვა.

ზემოთ ჩამოთვლილ ფაქტორებს ჩვენი მხრიდან დავამატებდით მოსახლეობაში არსებული სათანადო ბიზნეს-განათლებისა და შესაბამისი საბაზრო ჩვევების სიმწირეს.

კარგი იქნებოდა ანალოგიური გამოკითხვების რეგულარული ჩატარება გარკვეული პერიოდულობით, თუნდაც წელიწადში ერთხელ. გარდა ამისა, სასურველია ასეთი გამოკვლევების ჩატარება როგორც თბილისის სხვა უბნებში, ისე საქართველოს სხვა რეგიონებშიც. ეს საშუალებას მოგვცემს გავაანალიზოთ მცირე ბიზნესის განვითარების პრობლემები დროისა და რეგიონების მიხედვით.

მცირე ბიზნესის განვითარების ხელშეშლელი ფაქტორები

№	ფაქტორი	%
1	ეროვნული ვალუტის გაუფასურება	27
2	არასტაბილური ფასები	20
3	მომხმარებელთა დაბალი მსყიდველობითი უნარი	17
4	გადასახადების (მათ შორის კომუნალური გადასახდელების) მაღალი განაკვეთები	11
5	არაადეკვატური საბანკო პოლიტიკა	10
6	მოძველებული ტექნოლოგიები	2
7	სხვა მიზეზები	5
8	არ უპასუხა	8

დასკვნა

მაშასადამე, მცირე ბიზნესში დღეისათვის არსებული მდგომარეობა არასახარბიელოა. მისი გაუმჯობესების მიზნით საჭიროა სახელმწიფომ ხელი შეუწყოს ბიზნესის სტრატეგიული პოლიტიკის გატარებას.

განვითარებულ ქვეყნებში მცირე და საშუალო ბიზნესის მხარდაჭერის მდიდარი გამოცდილება არსებობს. მისი საქართველოს პირობებთან ადაპტაციისათვის საჭიროა კონცეპტუალურ საფუძველზე დამყარებული მცირე ბიზნესის მხარდაჭერის შემდეგ ძირითად მიმართულებებზე გადასვლა:

- საბაზრო ინფრასტრუქტურის ფორმირება და განვითარება;
- ისეთი საგადასახადო შეღავათების სისტემის შექმნა, რომელიც ხელს შეუწყობს ლეგალური ბიზნესის განვითარებას;
- შეღავათიანი მიზნობრივი დაკრედიტება. ფინანსური დახმარების პროგრამების მომზადება ბიზნესის დაწყების, გაფართოებისა და მოდერნიზაციისათვის, მოწყობილობის და ნედლეულის შესაძენად და სხვ.;
- უმუშევრობის დასაძლევად სახელმწიფო პროგრამების შემუშავება, რაც სტიმულს მისცემს მსურველებს საკუთარი საქმის წამოწყებაში;
- მცირე ფირმების ინოვაციური საქმიანობისა და სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების განვითარების პროგრამების შექმნა;
- რეგისტრაციისა და ლიცენზირების გამარტივებული წესების შემოღება;
- საჭირო ინფორმაციის შეგროვება, შენახვა, ანალიზი და პროგნოზირება;
- სანედლეულო, მატერიალურ-ტექნიკურ და სხვა სახის რესურსებთან მისაწვდომობის შეღავათიანი პირობების შექმნა;
- თანამშრომლების და ხელმძღვანელობის მომზადება და კვალიფიკაციის ამაღლებაში დახმარება;
- სასწავლო კურსების, საინფორმაციო ბიულეტენების და მეთოდური გამოცემების მომზადება, გამოკვლევების ჩატარება ბიზნესის მართვის პრობლემებზე;
- სახელმწიფო შესყიდვები და მხარდაჭერა სახელმწიფო კონტრაქტების მიღებაში;
- მეწარმეობის ახალი დარგებისა და მიმართულებების განვითარების ხელშეწყობა;

- მცირე ბიზნესის განვითარების რეგიონული ცენტრების ფართო ქსელის შექმნა ცენტრალური და ადგილობრივი რესურსების კოორდინაციისათვის;
- დახმარება საგარეო-ეკონომიკური საქმიანობის განხორციელებაში, საერთაშორისო ეკონომიკურ ურთიერთობებში: ექსპორტ-იმპორტის, სამეცნიერო-ტექნიკური, უცხოური ინვესტიციების მოზიდვაში მხარდაჭერა.

ლიტერატურა–REFERENCES–ЛІТЕРАТУРА

1. რ. ოთინაშვილი. საქართველოს ეკონომიკა. სახელმძღვანელო. სტუ, თბ., 2012.- 556 გვ.
2. რ. ოთინაშვილი. ეკონომიკური უსაფრთხოება, ანალიზის ანტიკრიმინალური ასპექტები. სტუ, თბ., 2005.- 440 გვ.
3. ო. გოგიაშვილი. მცირე და საშუალო ბიზნესის პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები საქართველოში. სადისერტაციო ნაშრომი ეკონომიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. ა. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, 2013.
4. დ. ჯაფარიძე. საქართველოში მცირე ბიზნესის ხელშეწყობის პოლიტიკის ანალიზი. თბ., 2012.
5. მცირე და საშუალო ბიზნესი საქართველოში. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების სამინისტრო, სტატისტიკის დეპარტამენტი, თბ., 2009.
6. თ. როსტიაშვილი. მცირე და საშუალო ბიზნესის მხარდაჭერის და განვითარების სტრატეგია. სადისერტაციო ნაშრომი ეკონომიკის დოქტორის სამეცნიერო აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. სტუ, თბ., 2009.
7. www.geostat.ge
8. www.mof.ge

ABOUT SOME RESTRICTING FACTORS OF SMALL BUSINESS DEVELOPMENT IN GEORGIA

R. Otinashvili, M. Iashvili

(Georgian Technical University)

Resume: Nowadays, at the modern stage of economic development, small business plays a main role in the development of Georgian economy. Thus, there is always relevance to analyze the factors, which restricts growing of small business in our country.

The article shows results of the survey held in a small business enterprises located in the different regions of Tbilisi. There was discovered, that the picture of the recent small business market is not successful. It's necessary to hold a direct and purposeful state policy for improving small business. The article describes the main directions used by European democratic countries for encouraging small business in Georgia.

Key words: small business; development trends; restrictive factors.

ЭКОНОМИКА И БИЗНЕС

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ РАЗВИТИЮ МАЛОГО БИЗНЕСА В ГРУЗИИ

Отинашвили Р. Г., Иашвили М. Н.

(Грузинский технический университет)

Резюме: Малый (и средний) бизнес играет значительную роль в развитии экономики Грузии. Поэтому вопрос анализа факторов, мешающих развитию малого бизнеса, является весьма актуальным.

В статье отражены результаты опроса сотрудников предприятий малого бизнеса, расположенных в различных районах города Тбилиси. Было установлено, что состояние на рынке малого бизнеса не является успешным. Необходимо разработать целенаправленную государственную политику (программу) для малого бизнеса. В статье приведены данные о состоянии малого бизнеса в развитых странах мира.

Ключевые слова: малый бизнес; тенденции развития; факторы, мешающие бизнесу.

საყრდენ შუალედურ სადგურებთან მისასვლელი ლიანდაგების მიერთება და სატვირთო რაიონის ტიპის შერჩევა

ბ. დიდებაშვილი, გ. თელია, ა. კაკაბაძე, ტ. კოტრიკაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში განხილულია როგორც საქართველოს რკინიგზის განვითარების, ისე ქვეყნის მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში დაწყებული რეფორმების წარმატებით განხორციელების საკითხები. წარმოდგენილია საყრდენი შუალედური სადგურების სქემების განვითარების ვარიანტები, შუალედურ სადგურებთან მისასვლელი ლიანდაგების მიერთებისა და მძლავრი სატვირთო რაიონების განლაგების ოპტიმალური ვარიანტები, რომლებიც უზრუნველყოფს ამ სადგურის გამართულ მუშაობას, მის სათანადო გამტარობას, სამუშაოთა დაჩქარებას, გადამუშავების უნარის გაზრდას, ვაგონების მოცდენის შემცირებას, საექსპლუატაციო ხარჯების ეკონომიას და ვაგონის დამუშავების თვითღირებულების შემცირებას; ამასთან, სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო დაწესებულებებისა და ობიექტების ეფექტიან მომსახურებას.

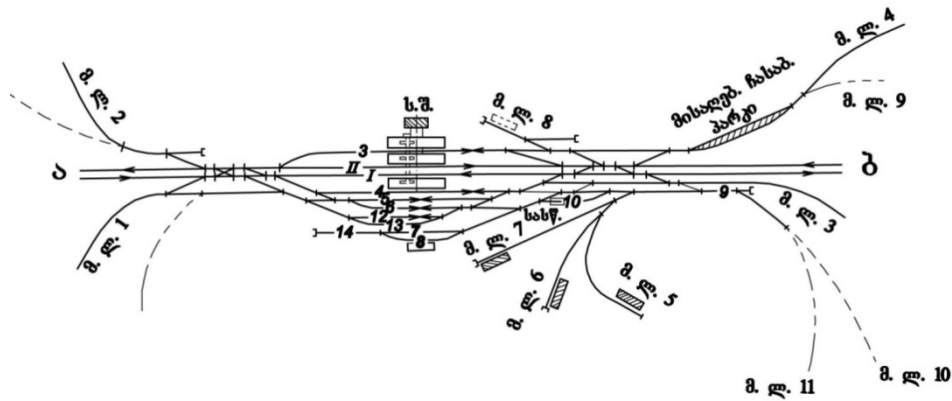
საკვანძო სიტყვები: საყრდენი სადგური; მისასვლელი ლიანდაგი; სატვირთო რაიონი; გამტარობის უნარი; სამანევრო ჩიხი; სატვირთო რაიონების ტიპები; გამჭოლი, ჩიხობრივი, კომბინირებული.

შესავალი

XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან საქართველოში დაიწყო საყრდენ შუალედურ სადგურთა ჩამოყალიბება, მაგრამ დიდი ხნის განმავლობაში ვერ მოხერხდა ამ ღონისძიებათა ბოლომდე განხორციელება. მხოლოდ 90-იანი წლების ბოლოდან გახდა შესაძლებელი საქართველოს რკინიგზის აღდგენა და საყრდენ შუალედურ სადგურთა ჩამოყალიბება.

ძირითადი ნაწილი

უნდა აღინიშნოს, რომ რკინიგზის ეფექტური მუშაობისათვის აუცილებელია განსაკუთრებული ყურადღება მიექცეს საყრდენ შუალედურ სადგურთან მისასვლელი ლიანდაგების რაციონალურ და მოხერხებულ მიერთებას. სწორედ ეს უზრუნველყოფს ამ სადგურის გამართულ მუშაობას, სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო დაწესებულებებისა და ობიექტების ეფექტიან მომსახურებასა და სადგურის სათანადო გამტარობის უნარს. 1-ლ ნახ-ზე ნაჩვენებია მისასვლელი ლიანდაგების სადგურთან მიერთების შესაძლო ვარიანტები, ხოლო მე-2-ზე – ჩვენ მიერ შემუშავებული ორლიანდაგიანი ხაზის განივი წყობის საყრდენი შუალედური სადგურის სქემა, რომელიც განკუთვნილია გაზრდილი ადგილობრივი მუშაობის პირობებისათვის. თუ სადგურში ბ მხრიდან მე-5 და მე-6 მისასვლელი ლიანდაგებისათვის დიდი რაოდენობით ადგილობრივი ვაგონი შემოდის, მაშინ მიზანშეწონილია სადგურიდან ვაგონების გატანა-შემოტანა განხორციელდეს მთავარი ხაზების სხვადასხვა დონეზე გადაკვეთით, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს ამ სადგურის მარცხენა ყელის საჭირო გამტარობა და თვით სადგურის სიმძლავრეც.

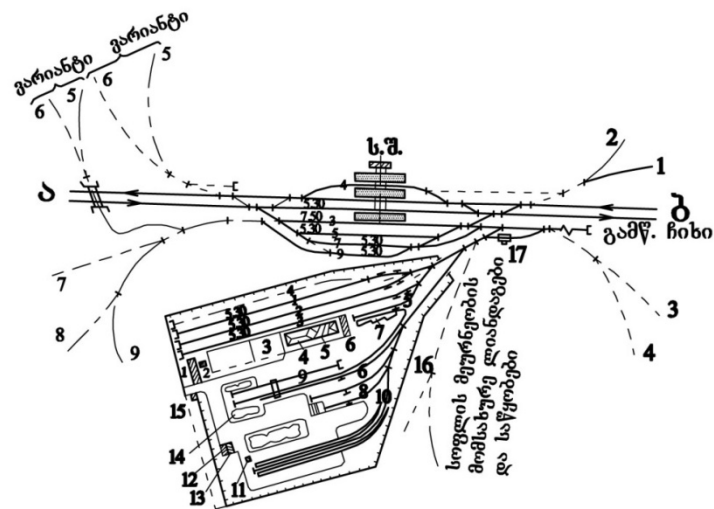


ნახ. 1. მისასვლელი ლიანდაგების სადგურთან მიერთების შესაძლო ვარიანტები

როგორც ცნობილია, გამოკვეთილი და მძლავრი სატვირთო რაიონების განლაგება ხდება არა მარტო რკინიგზის საუბნო და მახარისხებელ სადგურებში, არამედ თვით სატვირთო და საყრდენ შუალედურ სადგურებშიც.

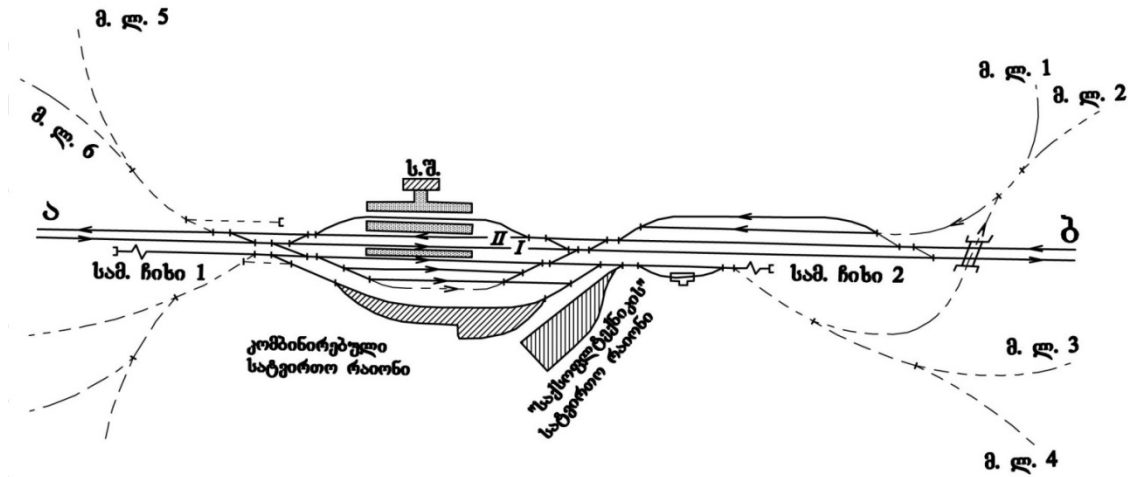
კონსტრუქციისა და საწყობების ურთიერთგანლაგების მიხედვით გვხვდება სამი ტიპის სატვირთო რაიონი: გამჭოლი, ჩიხური და კომბინირებული. დაპროექტებისას სატვირთო რაიონის ტიპი შეირჩევა ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით. მხედველობაშია მისაღები აგრეთვე სადგურის სქემა, გამწვევი ლიანდაგების განლაგება, სადგურის ყელების დატვირთულობა, საწყობებისა და ტვირთის სახეობები, მანევრების ორგანიზება და სხვ.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჩიხური ტიპის სატვირთო რაიონში ვაგონთა გატანა-შემოტანის სამანევრო სამუშაოების შესრულება შესაძლებელია მხოლოდ ერთი მხრიდან, ე. ი. გარკვეულ წილად შეზღუდულია მანევრებისა და მთლიანად რაიონის მუშაობის ინტენსიფიკაცია. ამ მხრივ კიდევ უფრო მოხერხებული და მიზანშეწონილია გამჭოლი და კომბინირებული სატვირთო რაიონების მშენებლობა, რადგან ამ პირობებში სამანევრო სამუშაოები შესაძლებელია განხორციელდეს ორივე მხრიდან, ე. ი. სატვირთო რაიონის ორივე ბოლოდან.



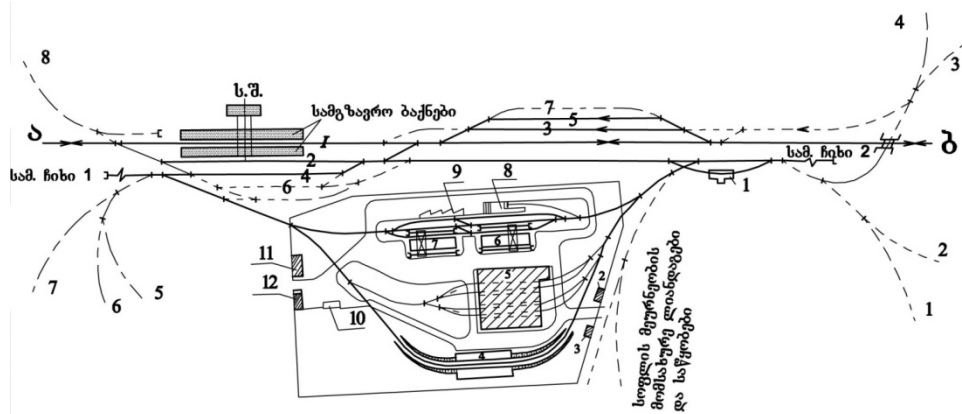
ნახ. 2. გაზრდილი ადგილობრივი მუშაობის პირობებში ორლიანდაგიანი ხაზის განივი წყობის საყრდენი შუალედური სადგურის სქემა: 1 – სატვირთო კანტორა; 2 – სატრანსფორმატორო ქვესადგური; 3 – ღია ბაქანი; 4 და 5 – დახურული საწყობები; 6 – აკუმულატორების დასამუხტი შენობა; 7 – ბაქანი ტვირთის პირდაპირი გადაცემისათვის – ავტომობილი-ვაგონი; 8 – მაღალი ბაქანი ბორბლებიანი ტვირთისათვის; 9 – საკონტინერო მოედანი; 10 – ამადლებული ლიანდაგი; 11 – ავტომობილების ასაწონი სასწორი; 12 – სამომსახურო-ტექნიკური შენობა; 13 – ავტომობილების პარკი; 14 – მწვანე გაზონები; 15 – საკონტროლო პოსტი; 16 – ღობე; 17 – ვაგონების ასაწონი სასწორი

მე-3 ნახ-ზე მოცემულია ჩვენ მიერ შემუშავებული ორლიანდაგიანი ხაზის გრძივი წყობის საყრდენი შუალედური სადგურის სქემა კომბინირებული სატვირთო რაიონით, სადაც ნაწილი საწყობებისა ჩიხურია, ხოლო ნაწილი – გამჭოლი. სატვირთო რაიონებში სამანევრო სამუშაოები შესაძლებელია ორივე (1 და 2) სამანევრო ჩიხიდან, რაც უზრუნველყოფს სამუშაოთა დაჩქარებას, გადამუშავების უნარის გაზრდას, ვაგონების მოცდენის შემცირებას, საექსპლუატაციო ხარჯების ეკონომიას და ვაგონის დამუშავების თვითღირებულების შემცირებას, საექსპლუატაციო ხარჯების ეკონომიას და ვაგონის დამუშავების თვითღირებულების შემცირებას.



ნახ. 3. ორლიანდაგიანი გრძივი წყობის საყრდენი შუალედური სადგურის სქემა, სადაც მოცემულია სადგურის შენობა (ს. შ.), რომელშიც განლაგებულია კომბინირებული (ნახევრად გამჭოლი) ტიპის სატვირთო რაიონი და „შაქსოფლტექნიკის“ სატვირთო მოწყობილობანი, აგრეთვე მისასვლელი ლიანდაგები (მ. ლ.) სხვადასხვა შესაძლო ვარიანტით

მე-4 ნახ-ზე ნაჩვენებია ერთლიანდაგიანი ხაზის გრძივი წყობის საყრდენი შუალედური სადგურის სქემა. სქემაზე წარმოდგენილი სატვირთო რაიონი გამჭოლია, რომელიც ორივე სამანევრო ჩიხიდან ერთდროულად მუშაობის მაქსიმალურ შესაძლებლობას იძლევა. ეს საკმაოდ ეფექტიანი ღონისძიებაა, რასაც საყრდენი შუალედური სადგურის დაპროექტებისას სათანადო ყურადღება უნდა დაეთმოს.



ნახ. 4. გამჭოლი სატვირთო რაიონისა და „შაქსოფლტექნიკის“ სატვირთო მოწყობილობათა განლაგების ვარიანტი ერთლიანდაგიან საყრდენ შუალედურ სადგურზე: 1 – სასწორი; 2 – სატვირთო კანტორა; 3 – გასასვლელი; 4 – ამადლებული ლიანდაგი; 5 – ძირითადი დახურული საწყობი; 6 – საკონტეინერო მოედანი; 7 – მოედანი მძიმეწონიანი ტვირთებისა და ხე-ტყის მასალებისათვის; 8 – მაღალი ბაქანი ბორბლებიანი ტვირთისათვის; 9 – ბაქანი ტვირთის პირდაპირი გადაცემისათვის – ავტომობილი-ვაგონი; 10 – ავტომობილების ასაწონი სასწორი; 11 – სატვირთო კანტორა და შენობა სატვირთო რაიონში მომუშავეთათვის; 12 – გასასვლელი

დასკვნა

ამრიგად, საქართველოში ტვირთზიდვის გაზრდა და სოფლის მეურნეობის მომსახურების გაფართოება აუცილებელი პირობაა საყრდენ სადგურებში ახალი მექანიზებული სატვირთო რაიონების მშენებლობის დასაწყებად. საჭიროა ამ პრობლემაზე მუშაობა და საყრდენ სადგურთა განვითარება, მათი სატვირთო რაიონების სიმძლავრის გაზრდა და ყოველგვარი სერვისის კონცენტრაცია-ინტენსიფიკაცია.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко И. Е., Акулиничев В. М., Правдин Н. В. и др. Железнодорожные станции и узлы/ Под ред. В. М. Акулиничева. М.: Транспорт, 1992.
2. Ветрухов Е. А., Гулев Я. Ф. Грузовые станции. М.: Транспорт, 1974.
3. Правдин Н. В., Щубко В. Г. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты). М.: Маршрут, 2005.

CONNECTION OF LOCAL RAILWAYS ON SUPPORT INTERMEDIATE STATIONS AND SELECTION OF FREIGHT REGION

B. Didebashvili, G. Telia, A. Kakabadze, T. Kotrikadze

(Georgian Technikal University)

Resume: There are considered issues for development of Georgian railway as well as for successfully implementation of reforms in industry and agriculture of country. There are presented variants of support intermediate stations lay-out development with connection of local railways and arrangement of large capacity freight regions, that provides operation of these stations in running order, effective service of industrial, agriculture enterprises and objects, appropriate capacity of station, acceleration of operation, improvement of processing capability, reduce in detention of cars, savings in operational costs and reducing in prime cost of car's processing.

Key words: support station; local railway; freight region; capacity; shunting yard, types of freight regions; through; deadlock; combined.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

ПРИСОЕДИНЕНИЕ ПОДХОДНЫХ ПУТЕЙ И ПОДБОР ТИПА ГРУЗОВОГО РАЙОНА ДЛЯ ОПОРНЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Дидебашвили Б. Ш., Телиа Г. Ш., Какабадзе А. А., Котрикадзе Т. И.

(Грузинский технический университет)

Резюме: Рассмотрены вопросы актуальные как для развития Грузинской железной дороги, так и для успешной реализации начавшихся в стране реформ в сфере промышленности и сельского хозяйства. Представлены варианты развития схем промежуточных станций, подсоединения подходных путей и расположения мощных грузовых районов, что обеспечивает оптимальную работу станций, эффективное обслуживание промышленных и сельскохозяйственных организаций и объектов, надлежащую способность пропускной станции, ускорение работ, увеличение способности переработки, уменьшение времени простоя, экономию эксплуатационных расходов и уменьшение себестоимости обработки вагонов.

Ключевые слова: опорные станции; подходные пути; грузовые районы; пропускная способность; маневровый тупик; типы грузовых районов: сквозной, тупиковый и комбинированный.

მცენარე აბუსალათინი (*Ricinus communis*) – სასიკვდილო ლექტინის შემცველი

ნ. ალექსიძე

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში აღწერილია ერთ-ერთი ძლიერტოქსიკური ლექტინის – რიცინის გავრცელებისა და მისი ადამიანებზე ზემოქმედების მექანიზმი. წარმოდგენილია მკვლევლობისა და ტერორიზმის მიზნით მისი გამოყენების ფაქტები. რიცინით მოწამვლისაგან თავის არიდება შეუძლებელია სათანადო ანტიდოტისა და შრატის არარსებობის გამო. აბუსალათინისაგან (*Ricinus communis*) მიღებული ლექტინი განსაკუთრებით სახიფათოა ბავშვებისათვის, რომლებსაც ძალიან მოსწონთ აღნიშნული მცენარის ლამაზი ფოთლები და ნაყოფები და ცდილობენ მათ გამოყენებას სამკაულების დასამზადებლად. ამიტომ საჭიროა მცენარე აბუსალათინის ამოძირკვა და განადგურება, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ადამიანებისათვის ხელმისაწვდომ ადგილებში მათი გავრცელება.

საკვანძო სიტყვები: ლექტინი; რიცინი; აბუსალათინი; აგლუტინაცია; ტოქსიკური პეტეროდიმერი.

შესავალი

ლექტინები დაბალმოლეკულური პეპტიდები და ცილებია, რომლებიც შერჩევითად და შექცევადად უკავშირდება ნახშირწყლებს და იწვევს უჯრედებისა და ქსოვილების აგლუტინაციას, აქტიურად მონაწილეობს ორგანიზმის ისეთ სასიცოცხლო პროცესებში, როგორიცაა უჯრედული კომუნიკაციები, სასიგნალო სისტემები, ადჰეზია და სხვ. თავიდან ისინი აგლუტინაციის უნარის მქონე ცილების სახით იყო ცნობილი. ბიოქიმიურ ლიტერატურაში ლექტინის სახელწოდება მას შემდეგ შემოიღეს, რაც ისინი ცხოველებშიც იქნა აღმოჩენილი.

ძირითადი ნაწილი

აგლუტინაციის უნარის მქონე მცენარეული წარმოშობის პირველი ლექტინი ტარტუს უნივერსიტეტის დოქტორანტის პეტრე ჰერმან სტილმარკის მიერ 1888 წელს იქნა გამოყოფილი მცენარე აბუსალათინის (*Ricinus communis*) თესლებიდან (მისგან გამოხდილი ზეთის ნარჩენებიდან) და მას რიცინი უწოდა. რიცინი, როგორც ძლიერი ტოქსიკური ნივთიერება, ფართოდ გამოიყენებოდა ტერორისტული აქტების მოსაწყობად. ეს მცენარე გავრცელებულ იქნა საქართველოშიც*.

მოსალოდნელი ბიოტერორისტული საფრთხის თავიდან აცილების მიზნით საჭირო იყო მისი დროული განადგურება საზოგადოებისა და ბავშვების თავშეყრის ადგილებში.

ბრიტანეთის ანტიტერორისტული პოლიციის მიერ ბოლო ხანებში 300-ზე მეტი ბიო- და სხვადასხვა სახის ტერორიზმში ეჭვმიტანილი პიროვნება იქნა დაპატიმრებული. ლიტერატურაში აღწერილია ტერორიზმის მიზნით ადამიანთა რიცინით მოწამვლის მრავალი შემთხვევა; მაგალითად, 1978 წელს ბულგარელი დისიდენტი BBC-ის ჟურნალისტი გიორგი მარკოვი ლონდონში, ვატერლოს ხიდზე რიცინით დამუშავებული ქოლგის წვერის ჩხვლეტით იქნა მოკლული. ეს ფაქტი ცნობილია, როგორც „ქოლგით მკვლელობა“. მსგავსი მოქმედებით იმავე წელს პარიზში იქნა მოწამლული

* რუსეთის საინფორმაციო საშუალებების მიერ რიცინის მწარმოებელთა და გამავრცელებელთა შორის მოხსენიებული იყო საქართველოც, კერძოდ, პანკისის ხეობა.

ვლადიმერ კოზლოვი. მართალია, ის სიკვდილს გადაურჩა, მაგრამ დიდი ხნის განმავლობაში მძიმედ იყო ავად.

1991 წელს ამერიკის მარშლის მეკვლეობის მცდელობაც იყო. ტერორისტმა დიშეთილსუფოქსიდში გახსნილი რიცინით დაამუშავა მარშლის მანქანის კარის სახელური, თუმცა განზრახვა ვერ განახორციელა, ტერორისტი შეიპყრეს და დააპატიმრეს.

1995 წელს დაკავებულ იქნა ალასკიდან კანადაში მიმავალი მოქალაქე, რომელსაც თეთრი ფხვნილის სახით რიცინი გადაჰქონდა.

1997 წელს ერთ-ერთმა მამაკაცმა რიცინით დაამუშავებული ლითონის საგნით ძლიერი ტრავმა მიაყენა თავის გერს, რის შედეგადაც იგი გარდაიცვალა.

2002 წელს ბრიტანეთის პოლიციამ მანჩესტერში დააკავა ტერორისტები. ჩხრეკისას მათ ბინაში აღმოჩენილ იქნა ლაბორატორია, რომელიც რიცინის აწარმოებდა.

2003 წელს ბრიტანეთის პოლიციამ ერთ-ერთი რეიდის დროს დააკავა ჩეჩენი ტერორისტები, რომელთაც აღმოუჩინეს რიცინი. მათ აღიარეს, რომ გამიზნული ჰქონდათ რუსეთის საელჩოზე თავდასხმა.

2003-2004 წლებში ტერორისტული მიზნების განსახორციელებლად გეგმავდნენ რიცინის გამოყენებას თეთრ სახლშიც, სამხრეთ კაროლინას საფოსტო ოფისში, ამერიკის სატრანსპორტო დეპარტამენტში და სხვაგან.

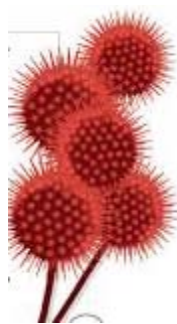
აბუსალათინი, როგორც დეკორატიული მცენარე, ფართოდაა გავრცელებული საქათველოს მთელი რიგი ქალაქების პარკებში, სკვერებსა და, განსაკუთრებით, სასაფლაოებზე. რასაც არც თუ სასიამოვნო შედეგები მოჰყვა.

სოფლებსა და ცალკეულ რეგიონებში, რკინიგზის მიმდებარე ტერიტორიებზე აღინიშნა ცხოველთა დაცემა, რაც დღემდე აუხსნელი რჩება. ცნობილია, რომ ცხოველები პარკოსან მცენარეებს ერიდებიან ტოქსიკური ლექტინების შემცველობის გამო, მაგრამ, სავარაუდოა, რომ აღნიშნულ შემთხვევაში აბუსალათინი ცხოველების მიერ გამოყენებული იყო საკვებად, რაც მათი სიკვდილის მიზეზიც გახდა. ძალზე სახიფათოა ისიც, რომ აბუსალათინის ღამაში თესლებისაგან ბავშვები ხშირად ამზადებენ მძივებს, იკიდებენ კისერზე, რამაც შესაძლებელია კანის ძლიერი დაზიანება და ზოგჯერ სიკვდილიც კი გამოიწვიოს.

აბუსალათინის ქვესახეობის სხვადასხვა ფორმა აფრიკის ტროპიკებშია გავრცელებული. ფოთლები გამოირჩევა რადიალურად გამჭოლი მწვანე ან რუხი წითელი შეფერილობით. ყვავილები მწვანე, ვარდისფერი ან წითელია, რის გამოც იგი საკმაოდ მიმზიდველია (იხ. ნახ. 1).



1



2



3

ნახ. 1. აბუსალათინი (*Ricinus communis*): 1 – მცენარე, 2 – ყვავილები, 3 – თესლები

აბუსალათინი განეკუთვნება Ophiaceae-ს ოჯახს. იგი გამოირჩევა უხვპროდუქტიულობით. აქვს ღამაში თესლები და ფოთლები, რაც ისე იზიდავს ბავშვებს, რომ საფრთხეს უქმნის მათ სიცოცხლეს. სამწუხაროდ, რიცინით მოწამვლის ხშირი შემთხვევა სწორედ ბავშვებში იქნა დაფიქსირებული. რიცინით მოწამვლის ხარისხი და სიძლიერე დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა გზით მოხვდება ის ორგანიზმში. მაგალითად, ინჰალაციის გზით მოწამვლის პირველი ნიშნები შეინიშნება 8 სთ-ის, ხოლო ინექციის პირობებში – 6 სთ-ის შემდეგ.

ინჰალაციით მოწამვლისას აღინიშნება ტკივილები მუცლის არეში, დიარეა, წყლის დაკარგვა და ხშირად სისხლდენა, კანის გაღურჯება, წნევის დაცემა, გულისრევა, ღვიძლის, თირკმლებისა

და ნაღვლის ბუშტის ფუნქციონირების შეწყვეტა, რაც საბოლოოდ ადამიანის სიკვდილით მთავრდება. ზრდასრული ადამიანისათვის რიცინის სასიკვდილო დოზა 1 მგ-ია.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ბავშვები მკაცრად უნდა მოვარიდოთ ამ მცენარეს, ვინაიდან ფოთლისა და თესლის ღებვის ან გადაყლაპვის შემთხვევაში ეს შეიძლება სასიკვდილო აღმოჩნდეს.

აღსანიშნავია, რომ უცხოეთში კატეგორიულადაა აკრძალული აბუსალათინის საკარმიდამო ბაღებსა და დასასვენებელ პარკებში კულტივირება, უკიდურეს შემთხვევაში, მცენარეს არ უნდა მიეცეს ყვავილობისა და ნაყოფის მომწიფების საშუალება.

რიცინის სასიკვდილო მოქმედება განპირობებულია რიბოსომებზე ცილების ბიოსინთეზის შეუქცევადად შეკავებით. გამოვლენილია რიცინის გლიკოზილირებული 30 kDa მოლეკულური მასის მქონე 2 ტიპი: პირველია მონომერი და მეორე – რიბოსომების ინაქტივაციის უნარის მქონე ცილები (RIPs).

უჯრედში რიცინის შეღწევისათვის და რიბოსომებთან დასაკავშირებლად საჭიროა უჯრედის გლიკოკალიქსში გალაქტოზის და გლიკოპროტეინების არსებობა. მონომერები ცილებს უკავშირდება დისულფიდური ბმით და წარმოიქმნება ტოქსიკური ჰეტეროდიმერი, მეორე ტიპის რიბოსომის ინაქტივაციის ცილები (RIPs). სწორედ ამ ტიპის ძლიერი ციტოტოქსინი წარმოიქმნება აბუსალათინის ფოთლებსა და თესლებში, რაც ადამიანისა და ცხოველისათვის სასიკვდილოა.

დღეისათვის კარგად არის დასაბუთებული, რომ რიცინის სინთეზი ხდება ნაყოფის თესლის ენდოსპერმული უჯრედის ენდოპლაზმურ რეტისკულუმში. შემდეგ იწყება მისი სეკრეცია და ოლიგოსაქარიდული მოდიფიკაცია გოლჯის აპარატში. სათანადო ვეზიკულებით ტრანსპორტირების შემდეგ ე. წ. „ცილის სხეულების“ სახით რიცინი ინახება ვაკუოლებში.

ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში რიცინის შეჭრა ხდება უჯრედების ზედაპირის გლიკოპროტეინების ტერმინალურ გალაქტოზასთან დაკავშირების შემდეგ. ამ გზით ერთეულ უჯრედთან შეიძლება რიცინის 110-მდე მოლეკულის დაკავშირება, უჯრედის გასანადგურებლად კი რიცინის ერთი მოლეკულაც კი საკმარისია. მისი მოქმედებით წუთში ხდება 15000-მდე რიბოსომის ინაქტივაცია და უჯრედის მომენტალური სიკვდილი.

სამკურნალო ანტიდოტისა თუ სათანადო ვაქცინის არარსებობის გამო მოწამვლის შემდეგ ადამიანის გადარჩენის შანსი ძალზე მცირეა. 100 კმ²-ზე მოსახლეობის 50 %-ით გასანადგურებლად ან შრომის უნარის დაქვეითების მიზნით საკმარისია 3 მკგ/კგ აეროზოლი, ინიექციით ან საკვებსა თუ წყალში რიცინის დამატებით შესაძლებელია ადამიანების ინდივიდუალური ან მასობრივი განადგურება.

დასკვნა

სამწუხაროდ, დღეს ჩვენთვის უცნობია საქართველოში აბუსალათინის გავრცელების ტერიტორიები და სიხშირე, თუმცა იგი შემჩნეულია თბილისის მთელ რიგ რეგიონებში, კერძოდ ვერის სასაფლაოზე, გორში, კახეთში და დასავლეთ საქართველოს სოფლების ეზოებში. ეს მცენარე, ცხადია, საკმაოდ კარგადაა ადაპტირებული საქართველოს კლიმატური პირობების მიმართ, ამიტომ საჭიროა აღმოჩენისთანავე მისი ამოძირკვა და სრული განადგურება, რადგან ზედაპირული მოცულობით იგი გამრავლების უნარს ინარჩუნებს.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. ნ. ალექსიძე. ნორმალური და პათოლოგიური ბიოქიმია მედიკოსებისათვის. თბ.: უნივერსალი, 2008.
2. ნ. ალექსიძე, გ. ალექსიძე. ეკოლოგიური ბიოქიმიის საფუძვლები. თბ.: უნივერსალი, 2010.
3. <Data:text/html;charset=utf-8,%3Cdiv%20id%22subheader%22%20style%22width%3D%22width%3A%20580px%3B%20height%3A%2040px%20clear%3A%2>

CASTOR-OIL PLANT (*RICINUS COMMUNIS*) – CONTAINING FATAL LECTINS

N. Aleksidze

(I. Javakhishvili Tbilisi State University)

Resume: Research is addressing to toxic lectin–ricin, its spread and mechanism of action on humans. Moreover, there is discussed its use in terrorism and murders. There is no chance of a proper defense from ricin poisoning, since there are no antidotes and serum against it. Lectin from „*Ricinus communis*” is particularly dangerous for children, because plant with beautiful leaves and fruit encourage children for jewelry making. Therefore, we need to be destroyed „*Ricinus communis*”, to prevent people from gathering places its spread.

Key words: lectin; ricin; castor-oil; agglutination; toxic heterodimer.

БИОЛОГИЯ

РАСТЕНИЕ КАСТОРИК (*RICINUS COMMUNIS*), СОДЕРЖАЩЕЕ СМЕРТЕЛЬНЫЙ ЛЕКТИН

Алексидзе Н. Г.

(Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили)

Резюме: Описан механизм распространения и воздействия на организм человека одного из сильнейших токсических лектинов – рицина. Представлены факты его использования в целях убийства и осуществления террористических актов. Не существует никаких шансов спасения от отравления рицином, поскольку не существует соответствующих антидотов и сывороток. Поэтому необходимо своевременно уничтожить это растение путем выкорчёвывания, чтобы избежать его распространение в местах скопления людей. Особую опасность это растение представляет для детей, поскольку его красивые листья и ягоды используются для изготовления украшений.

Ключевые слова: лектин; рицин; касторник; аглютинация; токсический гетеродимер.

ხულოს რაიონის ალგოფლორის შესწავლისათვის (განყოფილება – EUGLENOPHYTA, XANTHOPHYTA, DINOPHYTA)

ლ. კუხალიშვილი

(ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბოტანიკის ინსტიტუტი)

რეზიუმე: ხულოს რაიონის (მთიანი აჭარა) ალგოფლორის შესწავლისას იქ არსებულ წყალსატევებში ევგლენოფიტოვან წყალმცენარეთა განყოფილების (Euglenophyta) 13 სახეობა და სახეობის შიგა ტაქსონი იქნა აღმოჩენილი, რომლებიც განაწილებულია 4 გვარში და გაერთიანებულია Euglenaceae-ს ოჯახში. მათგან მხოლოდ *Euglena proxima* იყო ფართოდ გავრცელებული. 3–4 ადგილიდან აღინიშნა ორი სახეობა – ერთი *Euglena*-ს, მეორე – *Lepocinclis*-ის გვარიდან. დანარჩენების გავრცელება ფრიად შეზრდილია და 1–2 ადგილსამყოფლით შემოიფარგლება; ამასთან, ისინი უმთავრესად მცირე რაოდენობით არიან განვითარებული.

საკვლევ რაიონში აღმოჩენილი ევგლენოფიტოვნები ძირითადად ბინადრობენ დაჭაობებულ ადგილებსა და გუბებში.

ევგლინოფიტოვანთა გარდა, მოცემული რეგიონის წყალსატევებში გამოვლინდა 12 სახეობა ყვითელმწვანე წყალმცენარეთა განყოფილებიდან (Xanthophyta) და ერთი სახეობა Dinofita-ს განყოფილებიდან.

ყვითელმწვანე წყალმცენარეთა განყოფილება აქ წარმოდგენილია 3 რიგით: *Tribonematales*, რომელშიც *Tribonema*-ს გვარის 10 სახეობა შედის, *Ophiocytiales* და *Vauchetiales*, რომლებსაც თითო-თითო სახეობა განეკუთვნება.

Tribonematales-ის რიგიდან ფართოდ იყო გავრცელებული *Triboneta minus* და *T. vulgare*; ამასთან, ისინი უმთავრესად უხვად იყვნენ განვითარებული. დანარჩენები 1–3 ადგილას აღინიშნა, თუმცა საკმაოდ დიდი რაოდენობით.

საკვანძო სიტყვები: ევგლენოფიტა; ყვითელმწვანე; წყალმცენარეები; გვარი; სახეობა.

შესავალი

ცნობები ხულოს რაიონის წყალმცენარეთა, კერძოდ ევგლენოფიტოვან (Euglenophyta), ყვითელმწვანე (Xanthophyta) და დინოფიტოვან (Dinophyta) წყალმცენარეთა შესახებ არ არსებობს. ზემოაღნიშნულ რაიონში ჩატარებული ალგოლოგიური კვლევების შედეგად იქ არსებულ წყალსატევებში გამოვლინდა ევგლენოფიტოვან წყალმცენარეთა განყოფილების 13 ტაქსონი, ყვითელმწვანე წყალმცენარეთა განყოფილების 12 სახეობა და დინოფიტოვანთა განყოფილებიდან ერთი სახეობა. საკვლევ რეგიონში მოპოვებული მასალის დამუშავებისას ჩვენ გამოვიყენეთ საბჭოთა კავშირის მტკნარი წყლების წყალმცენარეთა სარკვევების მე-5–7 და მე-13 ტომები [1–4]. გარდა ამისა, ზ. ვეტროვას «Флора водорослей континентальных водоемов Украинской ССР» [5] და მისივე «Флора водорослей континентальных водоемов Украины» [6]. წყალმცენარეთა სახეობების ავტორთა გვარებს წარმოგიდგენთ ჟურნალ «Альгология»-ში შემოთავაზებული უნიფიკაციით [7].

ძირითადი ნაწილი

ხულოს რაიონის წყალსატევებში აღმოჩნდა წყალმცენარეთა (კაჟოვანების გარდა) 124 ტაქსონი. მათგან ამჟღავნად შევსებით ევგლენოფიტოვან, ყვითელმწვანე და ღინოფიტოვან წყალმცენარეთა განყოფილებებს. ევგლენოფიტოვან წყალმცენარეთა განყოფილებიდან შევსებით 13 წარმომადგენლის იდენტიფიკაცია. ისინი ოთხი სხვადასხვა გვარიდან არიან და *Euglenales* რიგის *Euglenaceae*-ს ოჯახს მიეკუთვნებიან. ამ გვარებს შორის 5 წარმომადგენლით ლიდერობს *Euglena*-ს გვარი; 4 ეკუთვნის *phacus*-ის გვარს; 3 – *Trachelomonas*-ის გვარს და 1 – *Lepocinclis*-ის გვარიდანაა.

Euglenophyta-ს განყოფილებიდან მხოლოდ *Euglena proxima* შეგვხვდა ყველაზე ხშირად. მას 6 ადგილსამყოფელში მივაკვლიეთ. 4 და 3 ადგილიდან აღინიშნა, შესაბამისად, გვარი *Euglena*, რომლის სახეობამდე იდენტიფიკაცია ვერ მოხერხდა ფიქსირებული მასალის გამო, და *Lepocinclis ovum*; დანარჩენები, *Euglena spirogyra*-ს გარდა, რომელიც 2 ადგილსამყოფელში აღმოჩნდა, თითო-თითო ადგილიდან აღინიშნა; ამასთან, ძირითადად მცირე რაოდენობით. შედარებით უხვად იყო განვითარებული: *Euglena glacilis*, *Phacus caudatus* var. *minor* და *Ph. pleuronectes* var. *hyalinus*.

მოცემულ რაიონში აღმოჩენილი ევგლენოფიტოვნები ძირითადად ბინადრობდნენ დაჭაობებულ ადგილებსა და გუბებში, მათ შორის საქონლისაგან დაბინძურებულშიც; მხოლოდ ორი მათგანი – *Phacus caudatus* var. *minor* და *Ph. pleuronectes* – აღმოჩნდა შავ ტბაში (ნაპირთან). გარდა ამისა, აბანოსეელის გოგირდოვან მინერალურ წყაროში მცირე რაოდენობით ვნახეთ *Lepocinclis ovum* და შედარებით უხვად – *Euglena proxima*. ეს უკანასკნელი ერთეული ეგზემპლარების სახით სოფ. რიყეთის საძოვრებზე (იაილებზე) ოდნავ გამდინარე თხელ წყალშიც აღმოჩნდა.

საკვლევ რაიონში ყვითელმწვანე წყალმცენარეთა განყოფილება (*Xanthophyta*) 12 სახეობითაა წარმოდგენილი, რომლებიც 3 რიგს განეკუთვნება. მათ შორის მრავალრიცხოვნობით გამოირჩევა *Tribonematales*-ის რიგი. მას 10 სახეობა ეკუთვნის. ისინი *Tribonemataceae*-ს ოჯახში შემავალ *Tribonema*-ს გვარიდან არიან, ხოლო *Ophiocytiales*-ისა და *Vaucheriales*-ის რიგები თითო გვარს მოიცავს თითო-თითო სახეობით; ესენია, შესაბამისად, *Ophiocytium parvulum*, რომელიც დიდი რაოდენობით აღმოჩნდა შავი ტბის მახლობლად არსებულ დაჭაობებულ ადგილას, და ვოშერიას (*Vaucheria*) გვარის სტერილური ძაფები, რომლებიც მასობრივად იყო განვითარებული წყაროში, სოფ. ოქრუაშვილებში.

Tribonematales რიგიდან შედარებით ფართოდ იყო გავრცელებული *Tribonema minus* და *T. vulgare*. ამასთან, ისინი უხვდაც იყვნენ განვითარებული. დანარჩენებს კი 1–3 ადგილას მოვაკვლიეთ და ისინიც დიდი რაოდენობით აღინიშნენ.

საკვლევ რაიონში *Dinophyta*-ს განყოფილებიდან მხოლოდ ერთ სახეობას მივაგენით. ეს იყო *Massartia stigmatica* *Cymnodiniales*-ის რიგიდან და ისიც ერთეული ეგზემპლარების სახით. იგი აღმოჩნდა დაჭაობებულ ადგილას სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში.

აქვე წარმოგიდგენთ სტატიაში განხილული წყალმცენარეების ანბანურ ჩამონათვალს განყოფილებების მიხედვით:

Euglenophyta

Euglena gracilis klebs – საქონლისაგან დაბინძურებულ ჭაობიანში, შქერნალის საძოვრებზე (იაილებზე), გოდერძის უღელტეხილთან;

E. proxima Dang. – ნიადაგზე წყაროს წყლისგან შექმნილ გუბებში (ადგილ დასილულთან) სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში; აბანოსეელის მინერალურ წყაროში ოქტომბრის მთის ძირას; დაჭაობებულ ადგილებში შავი ტბის მახლობლად და აბანოსეელის მინერალურ წყაროსთან, კურორტ ბეშუმში; საქონლისაგან დაბინძურებულ ჭაობიანში, შქერნალის საძოვრებზე (იაილებზე) გოდერძის უღელტეხილთან; ნიადაგზე ოდნავ გამდინარე თხელ წყალში, სოფ. რიყეთის საძოვრებზე (იაილებზე) გოდერძის უღელტეხილის მიდამოებში;

E. sp. – საქონლისაგან დაბინძურებულ გუბებში სოფ. ვაშლოვანის (ოქტომბრის) საძოვრებზე (იაილებზე); დაჭაობებულ ადგილებში, მათ შორის საქონლისაგან დაბინძურებულშიც; შქერნალის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილის მიდამოებში, აბანოსეელის მინერალურ წყაროსთან, კურორტ ბეშუმში და სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში (გზის პირას არსებულ სასადილოსთან);

E. spirogira Ehrenb. – ნიადაგზე წყაროს წყლისაგან შექმნილ გუბეში (ადგილ დასილულთან), სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში და ოქტომბრის მთის ძირას (ადგილი აბანოსყელი);

E. spirogyra Ehrenb. var. *laticlavus* Hübner – საქონლისაგან დაბინძურებულ გუბეში სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე (იაილებზე);

Lepocinclis ovum (Ehrenb.) Mink. – იქვე და ნიადაგზე წყაროს წყლისაგან შექმნილ გუბეში (ადგილ დასილულთან) სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში, აბანოსყელის მინერალურ წყაროში ოქტომბრის მთის ძირას;

Phacus caudatus Hübner var. *minor* Drež – შავ ტბაში, ნაპირთან;

Ph. orbicularis Hübner – ჭაობიანში, სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში (გზის პირას სასადილო სთან);

Ph. pleuronectes (Ehrenb.) Duj. – იქვე;

Ph. pleuronectes (Ehrenb.) Duj. var. *hyalinus* Klebs – შავ ტბაში, ნაპირთან;

Trachelomonas abrupta Swir. – საქონლისაგან დაბინძურებულ გუბეში სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე (იაილებზე);

Tr. hispida (Perty) Stein emend Defl. var. *volicensis* Drež – საქონლისაგან დაბინძურებულ ჭაობიანში, შქერნალის საძოვრებზე, გოდერძის უღელტეხილის მიდამოებში;

Tr. oblonga Lemmerm. – საქონლისაგან დაბინძურებულ გუბეში სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე (იაილებზე).

Xanthophyta

Ophiocytium parvulum A. Braun – ჭაობიანში, შავი ტბის მახლობლად;

Tribonema aequale Pascher – აბანოსყელის მინერალურ წყაროში, ოქტომბრის მთის ძირას; ქვებზე, ნაძვისძირის ტბაში, ნაპირთან, სოფ. დიდაჭარის საძოვრებზე (იაილებზე);

T. affine West – მინერალურ წყაროში დასილულის მთის ძირას გუბეში და მინერალურ წყაროში ოქტომბრის მთის ძირას (ადგილი აბანოსყელი);

T. ambiguum Skuja – წყაროს წყლისაგან შექმნილ გუბეში ოქტომბრის მთის ძირას (ადგილი აბანოსყელი);

T. elegans Pascher – ნიადაგზე მინერალურ წყაროში, კურორტ ბეშუმში;

T. minus Hazen – ნიადაგზე წყაროს წყლისაგან შექმნილ გუბეში, ადგილ დასილულთან და ბეტონის კედლებზე, წყაროში, აღდენას გორის ძირას (ადგილი დასილული) სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში; დასილულის მინერალურ წყაროში, დასილულის მთის ძირას; აბანოსყელის მინერალურ წყაროში, ოქტომბრის მთის ძირას; ხის ღარზე წყაროში, სოფ. ვაშლოვანის საძოვრებზე (იაილებზე);

T. sp. – აბანოსყელის მინერალურ წყაროში. ოქტომბრის მთის ძირას; ქვებზე, ნაკადულში, გოდერძის უღელტეხილზე;

T. spirotaenia Ettl – დასილულის მინერალურ წყაროში, დასილულის მთის ძირას; აბანოსყელის წყაროსაგან შექმნილ გუბეში ოქტომბრის მთის ძირას;

T. ulotrichoides Pascher – დასილულის მინერალურ წყაროში, დასილულის მთის ძირას; აბანოსყელის მინერალურ წყაროში;

T. viride Pascher – ბეტონის კედლებზე, წყაროში, აღდენას გორის ძირას (ადგილი დასილული); თხელ დამდგარ წყალში, სოფ. კვატიაში;

T. vulgare Pascher – დასილულის მინერალურ წყაროში, დასილულის მთის ძირას; ნიადაგზე და რკინის მილზე წყაროში, სოფ. ოქრუაშვილებში; ნიადაგზე მინერალურ წყაროში და ჭაობიანში აბანოსყელის მინერალურ წყაროსთან, კურორტ ბეშუმში;

Vaucheria sp. – ნიადაგზე და რკინის მილზე წყაროში, სოფ. ოქრუაშვილებში.

Dinophyta

Massartia stigmatica (Lindem) Schiller – წელის მცენარეებს შორის ჭაობიანში, სოფ. დანისპარაულის მიდამოებში.

დასკვნა

ამრიგად, ხულოს რაიონის ალგოფლორის შესწავლისას აღმოჩენილი ევგლენოფიტოვანი, ყვითელმწვანე და დინოფიტოვანი წყალმცენარეები პირველადაა მითითებული მოცემული რეგიონისათვის. ამ წყალმცენარეთა ფლორისტულ-სისტემატიკურ ანალიზს პრაქტიკულ მნიშვნელობასთან ერთად გარკვეული მეცნიერული ღირებულებაც აქვს.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Дедусенко-Щеголева Н. Т., Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5, М.-Л.: Наука, 1962,- 271 с.
2. Киселев И. А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6, Л.-М.: Советская Наука, 1954, с.89-190.
3. Попова Т. Г. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 7, М.: Советская Наука, 1955.- 282 с.
4. Виноградова К. Л., Голлербах М. М., Зауер Л. М., Сдобникова Н. В. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13, Л.: Наука, 1980, с. 110-152.
5. Ветрова З. И. Флора водорослей континентальных водоемов Украинской ССР. Вып. 1, Киев, 1986.- 245 с.
6. Ветрова З. И. Флора водорослей континентальных водоемов Украины. Вып. 2, Киев, 2004.- 263 с.
7. Царенко П. М. Рекомендации по унификации цитирования фамилий авторов таксонов водорослей. Т. 20, № 1, Алгология, Киев, 2010, с. 86-120.

TO THE STUDY OF THE ALGAL FLORA OF KHULO REGION (SECTIONS EUGLENOPHYTA, XANTHOPHYTA, DINOPHYTA)

L. Kukhaleishvili

(Institute of Botany of Ilia State University)

Resume: While investigating the algal flora of Khulo region (mountain Achara) 13 species and varieties of Eeuglenophytas were discovered in basins of the mentioned region. They belong to 4 genera of the family *Euglenaceae*. Among them only *Eeuglena proxima* was distinguished with wide dissemination. Two species from the genera *Euglena* and *Lepocinclis* were found in three or four habitats, while others were met only in one or two places. Moreover, mostly they were developed very weakly. Revealed representatives of Eeuglenophyta mainly inhabited wet-lands and ponds in the studied area. 12 species of the section of yellow-green (*Xanthophyta*) algae and one species from the section Dinophyta were discovered besides Eeuglenophyta in basins of the mentioned region.

Section of Xanthophita here was presented with three orders: Tribonematales, comprising 10 species of the genus Tribonema; also – *Ophiocytals* and *Vaucheriales*, each is presented with one species.

From the order *Tribonematales* species *Tribonema minus* and *T. vulgare* were wide spread. moreover, they were developed in big amaunt. Others were mentioned onle in 1 – 3 habitats, but were developed quite well.

Key words: Eeuglenophyta; yellow-green algae (*Xanthophyta*); genus; species.

БОТАНИКА

К ИЗУЧЕНИЮ АЛЬГОФЛОРЫ ХУЛОЙСКОГО РАЙОНА (ОТДЕЛЫ EUGLENOPHYTA, XANTHOPHYTA, DINOPHYTA)

Кухалеишвили Л. К.

(Интститут ботаники Государственного университета Ильи)

Резюме: Во время исследования альгофлоры Хулойского района (горная Аджара) в водоемах данного региона из отдела эвгленофитовых водорослей (Euglenophyta) обнаружено 13 видов с разновидностями. Они принадлежат к 4 родам семейства *Euglenaceae*. Среди них широким распространением выделяется лишь *Euglena proxima*. Из 3 и 4 местообитаний отмечены 2 вида из родов *Euglena* и *Lepocinclis*. Распространение остальных ограничено одним – двумя местообитаниями, к тому же, в большей степени они были развиты очень слабо.

Выявленные в исследуемом районе эвгленофитовые водоросли в основном обитали в заболоченных местах и лужах.

Кроме эвгленофитовых водорослей в водоемах данного региона обнаружено 12 видов отдела желтозеленых (*Xanthophyta*) и один вид отдела динофитовых (*Dinophyta*) водорослей.

Отдел желтозеленых водорослей (*Xanthophyta*) здесь представлен 3 порядками – *Tribonematales*, который объединяет 10 видов рода *Tribonema*; *Ophiocytals* и *Vaucheriales*, к которым принадлежат по одному виду.

Из порядка *Tribonematales* широко были распространены *Tribonema minus* и *T. vulgare*, вместе с тем, они в основном развивались в большом количестве. Остальные отмечены с 1–3 местообитаниями, хотя были развиты довольно хорошо.

Ключевые слова: эвгленофитовые; желтозеленые; водоросли; род; вид.

ბიოლოგიურად აქტიური ლექტინების ბიოქიმიური დახასიათება და მათი გამოყენების პერსპექტივები

6. აღექსიძე

(ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: ნაშრომში განხილულია ლექტინების როლი ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციურ აქტიურობაში, მათი გამოყენების პერსპექტივები მედიცინაში, ბიოლოგიაში, გენურ ინჟინერიაში, სოფლის მეურნეობასა და მეცნიერების სხვა დარგებში. წარმოდგენილია მონაცემები მცენარეებისა და ადამიანთა განაყოფიერებაში. დეტალურადაა განხილული აგრეთვე ლექტინებით უმძიმესი დაავადებების პრევენციის საკითხები.

საკვანძო სიტყვები: ლექტინები; განაყოფიერება; აზოტფიქსაცია; რეკმატოიდული ართრიტი.

შესავალი

ბიოქიმიის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ინტენსიურად ვითარდება ახალი სამეცნიერო მიმართულება – ლექტინოლოგია (მეცნიერება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების – ლექტინების შესახებ). ლექტინები არაიმუნური ცილებია, რომლებსაც ნახშირწყლებთან შერჩევითად, არაკოვალენტურად, შექცევადად დაკავშირების უნარი აქვს (ალინისნება პიდროფობური კავშირებიც) და იწვევს ერთროცობისა და სხვა ტიპის უჯრედების აგლუტინაციას. ლექტინები აქტიურად მონაწილეობს ისეთ სასიცოცხლო პროცესებში, როგორიცაა უჯრედული კომუნიკაციები, სასიგნალო სისტემები, ადჰეზია და სხვ. (F. Harrison, 1980; A. Pusztai, 1987; R. Knibs, 1991; S. Balzarini, 1992; A. Ayoub, 1994; B. Hilder, 1995; Y. Imai et al., 1999; W. Hirabayashi, 2001). ლექტინების ფუნქციებიდან გამომდინარე, ისახება მათი გამოყენების დიდი პერსპექტივები მედიცინაში, ბიოლოგიაში, გენურ ინჟინერიაში, სოფლის მეურნეობასა და მეცნიერების სხვა დარგებში. კერძოდ, ლექტინების ანტიკანცეროგენულმა, ანტიალერგიულმა და იმუნომოდულატორულმა თვისებებმა უკვე პოვა პრაქტიკული გამოყენება კლინიკურ მედიცინაში, იმუნური პროცესების მოდულაციაში (N. Kawazaki, 1992; D. Rogers, 1991; H. Kaltner, 1996, ნ. აღექსიძე, 1999), კიბოს და მთელი რიგი ინფექციური დაავადებების დიაგნოსტიკასა და მკურნალობაში (S. Agrawal, 1989; K. Miller, 1989; H. Kortling, 1988; L. Lageron, 1989; H. Kaltner, 1996; J. Favero, 1994). ნახშირწყლებთან სპეციფიკურად დაკავშირების თვისობის საფუძველზე ლექტინები ეფექტურად გამოიყენება ბიოქიმიურ და პისტოქიმიურ კვლევებშიც (H. Holthoffen, 1988; J. Imamura, 1989; R. Griffin, 1995; N. Kavabata, 1999); ლექტინების საშუალებით შესაძლებელი გახდა გლიკოპროტეინების სუფთა სახით გამოყოფა და ბიომემბრანების ტერმინალური ნახშირწყლების ზონდირება (V. Schollhorn, 1993; V. Baisel, 1999).

ლექტინებს ახასიათებს დაკავშირების ერთზე მეტი ცენტრი. დღეისათვის გამოყოფილია ლექტინების ორი ტიპი: მემბრანასთან დაკავშირებული და ხსნადი. ლექტინების რეცეპტორების როლში ძირითადად გლიკოკონიუგატები, გლიკოპროტეინები, პროტეოგლიკანები და გლიკოლიპიდები გვევლინება.

ძირითადი ნაწილი

1899 წელს შტილმარკის მიერ აბუსალათინისაგან (*Ricinus communis*) გამოყოფილ იქნა პირველი ლექტინი (ფიტოჰემაგლუტინინი). ტერმინი „ლექტინი“ (ლათინურად *legere* – ამორჩევა,

შეწებება) შემოთავაზებული იყო ბოილის მიერ 1954 წელს. მან შეცვალა ფართოდ გავრცელებული ტერმინი „ფიტოჰემაგლუტინინი“. ამის აუცილებლობა შეიქმნა მას შემდეგ, რაც მცენარეების გარდა, ლექტინური აქტიურობის მქონე ცილები აღმოჩენილ იქნა ცხოველებშიც, ცოცხალი ორგანიზმების განვითარების ყველა დონეზე, ბაქტერიებიდან და ვირუსებიდან დაწყებული და ადამიანით დამთავრებული, ცოცხალი ორგანიზმის ორგანოიდებსა და ორგანოებში, მემბრანებში, ციტოპლაზმაში, სუბუჯრედულ სტრუქტურებში, ენდოპლაზმურ რეტიკულუმში, გოლჯის აპარატში, მიტოქონდრიებში, ბირთვსა და სხვ.

ლექტინები მონაწილეობს მეტაბოლიტების ტრანსპორტირებაში, ენზიმების მოქმედების მოდულაციასა და მათ ღუზირებაში, უჯრედული კომუნიკაციების, სასიგნალო სისტემის, უჯრედების დიფერენცირების, განაყოფიერების, ანთებითი პროცესების, მიკრობთა ადჰეზიის, სინაპსური გადაცემის და სხვა პროცესებში.

მრავალი ლექტინი გამოირჩევა მიტოგენური აქტიურობით. ლექტინების აქტიურობის შეკავების მიზნით გამოიყენება ჰაპტენები (უპირატესად ნახშირწყლები), რომელთა მეშვეობით წინასწარ ხდება ლექტინის დამაკავშირებელი ცენტრების ბლოკირება, რის შედეგადაც ლექტინი კარგავს ჰემაგლუტინაციის უნარს. ლექტინის წინასწარი ინაქტივაცია (ჰაპტენინჰიბიტორული პრინციპი) ფართოდ გამოიყენება ლექტინების მოქმედებისა და მათი ბიოლოგიური როლის შესწავლის მიზნით.

ზოგიერთი ლექტინი ამჟღავნებს ჰორმონის მსგავს თვისებას. მაგალითად, ხორბლის ჩანასახის (WGA) აგლუტინინი უკავშირდება უჯრედის ინსულინის რეცეპტორს და არსებით გავლენას ახდენს ცხოველურ ორგანიზმებში ნახშირწყლების მეტაბოლიზმზე. მემბრანის არხის ცილებთან ლექტინების დაკავშირების შედეგად საგრძნობლად იცვლება ნივთიერებათა შეღწევადობა. არის მოსაზრება, რომ ზოგიერთი ლექტინის ტოქსიკური მოქმედება სწორედ მემბრანის არხებზე მათი ზემოქმედებითაა განპირობებული.

ცხოველურ ორგანიზმებში მცენარეული წარმოშობის მრავალი ლექტინი ციტოკინების მსგავს იმუნომოდულატორულ აქტიურობასაც ამჟღავნებს. მაგალითად, ევროპულ აბრეშუმას (*Cuscuta europaea*) ლექტინი სპეციფიკურად უკავშირდება კომპლემენტის სისტემის C_3 კომპონენტს. ლექტინების თანაობისას აღინიშნება სხვადასხვა სახის ციტოკინების გამოთავისუფლება (ლიმფოციტების გამა-აქტიურებელი ფაქტორი, მიტოგენური ნივთიერებები, ციტოკინები – უჯრედის გაყოფის პროცესი ორი შეილესი უჯრედის წარმოქმნით). მათი მოქმედების მიხედვით ლექტინები 3 ჯგუფად დაყოფილი: I ჯგუფის ლექტინები იწვევს IL-2-ისა და γ -INF-ის სეკრეციას; II ჯგუფის ლექტინები – IL-4-ისა და IL-10-ისას, III ჯგუფის ლექტინები – IL-6-ის, γ -INF-ისა და IL-1-ის სეკრეციას. ლექტინით პრაქტიკულად ხდება თითქმის ყველა ციტოკინის გამოთავისუფლების გააქტიურება. ამ დროს ყველაზე დიდი რაოდენობით გამოიყოფა IL-2, IL-6, IL-10 და γ -INF, ყველაზე მცირე რაოდენობით – IL-4.

ლექტინები განსაკუთრებულ როლს ასრულებს როგორც მცენარეთა, ისე ცხოველთა განაყოფიერებაში. მცენარეთა განაყოფიერებისას ლექტინების როლი ექსპერიმენტულად იქნა დამტკიცებული დინგისა და მტვრიანას ურთიერთქმედების მაგალითზე. მხოლოდ დინგისა და მტვრიანას შეთავსებადობის, შეწყვილების განმსაზღვრელი გენის (+, -) არსებობის პირობებში იწყება განაყოფიერება. ამ დროს დინგთან მტვრიანას დაკავშირების შედეგად ჩქარდება მისი შეღწევა სამტვრე მილში, რაც ხელს უწყობს განაყოფიერებას. დინგისა და მტვრიანას შეუთავსებლობისას, პირიქით ხდება – მილში მტვრიანების შეღწევადობა ფერხდება შეუთავსებადი ლექტინით (ჰაპტენინჰიბიტორული შეკავება), აღინიშნება სპეციფიკური კოჟრების ინტენსიური წარმოქმნა და მტვრიანებთან ერთად მცენარიდან დაკოჟრებული ქსოვილის მოცილება. ეს პროცესი დადასტურებულ იქნა სპოროფიტების, ჯვაროსანი (*Cruciferae*) და რთულყვავილოვანი (*Compositae*) მცენარეების მაგალითზე. კონკანავალინით (კონ-A) ხმალას (*Gladiolus*) დინგის რეცეპტორების წინასწარი ბლოკირებისას დინგში სამტვრე მილის ჩაზრდა კავდება.

ცნობილია, რომ მტვრიანები შეიცავს დაბალმოლეკულურ შაქრებს, ლიპიდებს, პიგმენტებსა და ლექტინებს; დინგის ზედაპირზე კი წარმოდგენილია ენზიმები (ესთერაზები) და ლექტინების დამაკავშირებელი ლიპოპოლისაქარიდული ბუნების ცენტრები. ხმალას (*Gladiolus gandaveis*) დინგიდან გამოყოფილ იქნა არაბინგალაქტანური ცილები, რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული მცენარეებში. მათი 80 % გლიკოზილირებულია და ტერმინალური შაქრების სახით შეიცავს არაბინოზას,

გალაქტოზასა და ურონის მჟავებს. მათი ცილოვანი კომპონენტი მდიდარია ჰიდროქსიამინმჟავებით (ჰიდროქსიპროლინი, სერინი).

დამტკვერვისა და განაყოფიერების პროცესში ლექტინ-რეცეპტორული ურთიერთობის განსაკუთრებულ როლზე მიუთითებს ის ფაქტიც, რომ, როცა Caryophyllaceae-სა და Iridaceae-ს ოჯახის ზოგიერთი წარმომადგენლის ღინგი დამუშავდა ენზიმ პრონაზათი, თავისუფალი სახით გამოიყო გლიკოპეპტიდები, რის შედეგადაც შეკავდა სამტვრე მილის ჩაზრდა ბუტკოში. ანალოგიური შედეგი იქნა მიღებული, როცა მცენარის ღინგი დაამუშავეს შეუთავსებადი მცენარის მტვრიანას ექსტრაქტით.

განაყოფიერების მექანიზმებში ლექტინების როლი განსაკუთრებით მკვეთრად გამოვლინდა ქლამიდომონასის (Clamydomonas) განაყოფიერების პირობებში (N. Vizi, 1974). როგორც ცნობილია, განაყოფიერების ერთ-ერთი წინაპირობაა საწინააღმდეგო სქესის უჯრედების შეცნობა და მათი შემდგომი აგლუტინაცია. ყველა შემთხვევაში აგლუტინაცია აღინიშნება განსხვავებული „+“ და „-“ უჯრედების ალელების ურთიერთქმედებისას (მაგალითად, აგლუტინაცია არის, როცა გვაქვს „+“ + „-“ და აგლუტინაცია არ არის, როცა გვაქვს „+“ + „+“ ან „-“ + „-“. ამ პროცესში ლექტინების მონაწილეობის დადგენის მიზნით დაზუსტებულ იქნა ქლამიდომონას „+“ და „-“ უჯრედებზე მტვრიანებსა და ღინგზე ლიგანდისა და რეცეპტორის განაწილება. დადგინდა, რომ „+“ გამეტაზე არის ლექტინის დამაკავშირებელი რეცეპტორი (გლიკოკონიუგატი), ხოლო „-“ გამეტაზე – ლექტინი. აღნიშნულიდან გამომდინარე, განაყოფიერება აღინიშნება მხოლოდ შერწყმის განმსაზღვრელი გენის „+“ და „-“ შემცველი უჯრედების ურთიერთქმედების შემთხვევაში, ანუ, როცა ხდება სასქესო უჯრედების აგლუტინაცია.

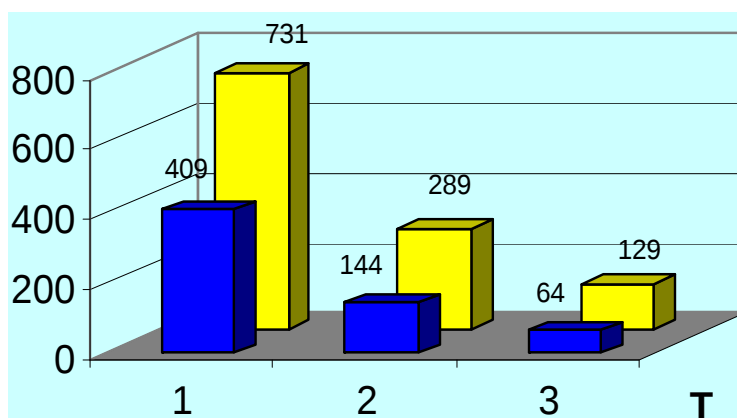
უაღრესად საინტერესო შედეგები იქნა მიღებული ონტოგენეზის, განაყოფიერების, გასტრულაციისა და დიფერენციაციის პროცესებში ლექტინ-რეცეპტორული ურთიერთობების როლის დადგენისას. ნახშირწყალსპეციფიკური სხვადასხვა ლექტინის გამოყენებით ფართოდ იქნა შესწავლილი ნახშირწყალშემცველი ბიოპოლიმერების თვისებრივი და რაოდენობრივი ცვლილებები განაყოფიერებისას. სხვადასხვა ცხოველისა და ადამიანთა სასქესო უჯრედებში აღმოჩენილ იქნა სპეციფიკური გლიკოკონიუგატები და მათდამი შეთავსებადი ენდოგენური ლექტინები.

გამეტები, ისე როგორც სომატური უჯრედები, მკვეთრად განსხვავდება ლექტინებისადმი მგრძნობიარობით. ირკვევა, რომ გამეტოგენეზის დროს კვერცხუჯრედის გამჭვირვალე გარსის გლიკოკონიუგატების სინთეზს ფოლიკულოციტები განაპირობებს, რის შედეგადაც ოოციტების მომწიფების პარალელურად გლიკოკონიუგატების ბუნების რეცეპტორების მგრძნობიარობა იცვლება. მაგალითად, თავის ოოციტის განვითარებისას მატულობს ხორბლის ნასკვის ლექტინებისადმი მგრძნობიარე რეცეპტორების რაოდენობა (სპეციფიკურია N-აცეტილგლუკოზამინისადმი), პარალელურად აღინიშნება არაქისის ლექტინისადმი მგრძნობიარე რეცეპტორების შემცირება (სპეციფიკურია β-D-გალაქტოზისადმი).

სპერმატოგენეზის დროს ასევე იცვლება გლიკოკონიუგატების განაწილება სპერმატოზოიდებზე, რასაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მათი მოძრაობის პროცესში. სპერმატოზოიდის ზედაპირის დაზიანებით ფერხდება მათი ტრანსპორტირება. თავის მხრივ, თვით კვერცხუჯრედი მასზე ლოკალიზებული რეცეპტორებით აკონტროლებს ოოციტში სპერმატოზოიდის შეღწევას მკაცრად განსაზღვრულ უბანში. ცხადია, ეს რეაქციებიც ლიგანდრეცეპტორების ურთიერთობის პრინციპს ემყარება. სპერმატოზოიდით კვერცხუჯრედის შეცნობაში წამყვანი როლი ფუკოზილირებულ და სიალიზირებულ გლიკოკონიუგატებს ენიჭება. ადამიანის კვერცხუჯრედის გარსი, რომელიც სპეციფიკური აღმოჩნდა სპერმატოზოიდის მიმართ, სპეციფიკურია ფუკოზის მიმართაც. ამ გზით ხდება შეცნობა და ადჰეზია, რაც განაყოფიერებისათვის ერთ-ერთი აუცილებელი წინაპირობაა.

ლექტინების ფუნქციური აქტიურობიდან გამომდინარე, მიზნად იქნა დასახული ახალი კონტრაცეპტივის შექმნა ლექტინ-ინჰიბიტორული პრინციპის გათვალისწინებით. სპეციალურად იქნა შესწავლილი ადამიანის სპერმატოზოიდის ლექტინები და ნახშირწყალსპეციფიკური მათი თვისობა. კვლევის ობიექტად ვიყენებდით ადამიანის ნორმალურ (ნორმოზოოსპერმია), პათოლოგიურ (ოლიგო-სპერმია) და *Chlamidia trachomatis*-ით ინფიცირებულ სპერმას. კვერცხუჯრედის განაყოფიერების შეკავების მიზნით დავადგინეთ სპერმატოზოიდის ლექტინების აგლუტინაციისა და კვერცხუჯრედთან დაკავშირების შემაკავებელი ნახშირწყალსპეციფიკური ორი ჰაბტენ ინჰიბიტორი, N-აცეტილ-D-გლუკოზამინი და ლაქტოზა. აღნიშნული ჰაბტენების მეშვეობით მოხერხდა ადამიანის ჯან-

მრთელი და დაავადებული სპერმატოზოიდებიდან SpL-GlcNAc და Sp-Lac ლექტინების გამოყოფა და მათი ტოტალური და სპეციფიკური აქტიურობის დადგენა.



ნახ. 1. სპერმატოზოიდიდან გამოყოფილი ლექტინის სუმარული (ლურჯი) და გასუფთავებული SpL-GlcNAc ლექტინის (ყვითელი) აქტიურობა საკონტროლოსთან შედარებით (1)

როგორც 1-ლი ნახ-დან ჩანს, სპერმატოზოიდიდან გამოყოფილი ლექტინის სუმარული და გასუფთავებული SpL-GlcNAc ლექტინის აქტიურობა საკონტროლოსთან შედარებით (1) მნიშვნელოვნად შემცირებული, ოლიგოსპერმიისა (2) და Chlamydia trachomatis-ით (3) ინფიცირების დროს. შესაბამისად, ლექტინდამოკიდებული ამოცნობის სისტემების მოქმედების მექანიზმების შესწავლა საშუალებას მისცემს მედიკოსებს დაავადების პირობებში ეს შედეგები გამოყენებულ იქნეს, როგორც დაავადების შესაძლო მარკერი ან კორექციის გზების დადგენის მანიშნებელი.

ნათლად იქნა დადასტურებული განაყოფიერებაში ლექტინ-რეცეპტორული ურთიერთობის წამყვანი როლი ღორის ოოციტზე. In vitro ცდებში ღორის ოოციტების ხორბლის ჩანასახის ლექტინით დამუშავების შედეგად განაყოფიერება კავდება მაშინ, როცა სოიის ლექტინი გავლენას ვერ ახდენს განაყოფიერებაზე. ეს შედეგები კიდევ ერთი დამამტკიცებელი საბუთია, რომ ცხოველური ორგანიზმების განაყოფიერებაში, ისე როგორც მცენარეებში, ლექტინ-რეცეპტორული ურთიერთობით კონტროლდება განაყოფიერების პროცესები.

ბოლო ხანებში განსაკუთრებით მწვავედ დაისვა ხორბლის ჩანასახის ლექტინ WGA-ის ადამიანებზე უარყოფითი გავლენის საკითხი, რომელიც გამოირჩევა იმუნო-, ნეირო- და კარდიოტოქსიკური ბუნებით. WGA-ის გავლენით გამოვლენილია დარღვევები გენეტიკური აპარატისა და ენდოკრინული სისტემის მოქმედებაში. WGA-ის გავლენით ორგანიზმში საგრძნობლად მცირდება ბუნებრივად მკველელი (NK) უჯრედების რაოდენობა და მათი აქტიურობა. WGA ნაწლავებსა და იმუნურ უჯრედებში ააქტიურებს ბაზოფილებიდან პროანთებითი პროცესების გამააქტიურებელ ინტერლეიკინ 6-ის გამოყოფას, რაც იწვევს წვრილი ნაწლავებისა და სახსრების ქრონიკულ ანთებას და სახსრებში არსებული ხრტილოვანი ქსოვილის დაშლას.



ნახ. 2. სახსრების რევმატოიდული ართრიტის სიმპტომები ადამიანის ხელის მტევანზე

მე-2 ნახ-ზე წარმოდგენილია სახსრების რეგმატოიდული ართრიტის სიმპტომები ადამიანის ხელის მტევანზე. კიდევ ერთი საყურადღებო ფაქტია ის, რომ არსებობს პირდაპირი კავშირი WGA-სა და ადამიანის მეხსიერების დარღვევას შორის. როგორც ჩანს, WGA ხვდება სისხლში, აღწევს თავის ტვინამდე და იწვევს მის დაზიანებასა და აუტოიმუნური დაავადების განვითარებას. WGA-ის თანაობისას ადამიანის სისხლში აღმოჩენილ იქნა ანტისხეულები, რაც აძლიერებს ათეროსკლეროზის, ალცჰაიმერისა და ჰანტინგტონის დაავადების განვითარების რისკს, რის შედეგადაც პრობლემები იქმნება ადამიანების ფსიქიკაში.

რეგმატოიდული ართრიტით დაავადების გამწვავებისას და თავის ტვინის ფუნქციური აქტიურობის გაუარესებისას მაქსიმალურად უნდა შეიზღუდოს ხორბლეულის ფქვილისაგან გამომცხვარი პურისა და ისეთი საკვები პროდუქტების მიღება როგორიცაა: არაქისი, სოია, ქერი, ოსპი, ბრინჯი, ბადრიჯანი და ყველანაირი შეფერილობის წიწკა. რეგმატოიდული ართრიტის სამკურნალოდ ფართოდ გამოიყენება ინტერლეიკინ 6-ის რეცეპტორის ბლოკატორი ACTEMRA, რომლის ზეგავლენით ხდება ინტერლეიკინის მოქმედებისა და, შესაბამისად, ხრტილოვანი ქსოვილის დაშლის შეკავება. რეგმატოიდული ართრიტის დროს ტკივილების გასაყუჩებლად და დაავადების პროგრესირების შესამცირებლად წარმატებით გამოიყენება აგრეთვე ენბრელი (ENBREL).

ლექტინების მოქმედების ნეიტრალიზაციის მექანიზმებში აქტიურად მონაწილეობს ნერწყვში არსებული გლიკოპროტეინი მუცინი, რომლის ტერმინალური ჰაპტენ ნახშირწყალია N-აცეტილ-D-გლუკოზამინი, ამიტომ კვების დროს ლეჭვა უნდა გაგრძელდეს მანამ, სანამ ლუკმა სრულად არ იქნება გაჯერებული ნერწყვით. სასურველია აგრეთვე ახლად გამომცხვარის ნაცვლად მივირთვათ ტოსტერში კარგად გახუხული პური. ამ შემთხვევაში მოხდება ლექტინების სრული დენატურაცია და ინაქტივაცია, რითაც თავიდან იქნება აცილებული ათეროსკლეროზისა და ისეთი მძიმე დაავადების ჩამოყალიბება, როგორიცაა რეგმატოიდული ართრიტი.

განსაკუთრებით დიდია ლექტინების როლი რიზობიუმის გვარის ბაქტერიების ცალკეულ წარმომადგენელთა სიმბიოზური თანაცხოვრებისას, როცა იქმნება აზოტის ფიქსაციის პრობლემა. აღსანიშნავია, რომ ლექტინი უზრუნველყოფს აზოტის ფიქსაციას და ატმოსფეროში მის ბრუნვას, ალაღვენს წონასწორობას სისტემაში **ნიადაგი – მცენარე – ცხოველი – ატმოსფერო**.

დადგენილია, რომ პარკოსან მცენარეებთან სიმბიოზში მყოფი კოურის ბაქტერიებით ყოველწლიურად ერთ ჰექტარზე გადაანგარიშებით ატმოსფეროდან იბოჭება საშუალოდ 100–300 კგ აზოტი, მაშინ როცა ეს მაჩვენებელი კოურის ბაქტერიების გარეშე, 1–3 კგ-ს არ აღემატება.

გ. შლეგელის (Г. Шлегель, 1987) მონაცემებით, მარტო 1974 წელს მთელ დედამიწაზე ატმოსფეროდან შებოჭილ იქნა 175×10^6 ტ აზოტი, აქედან 90×10^6 ტ მოდიოდა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე, ხოლო 40×10^6 ტ – მრეწველობაზე. ცხადია, აზოტის ფიქსაციის უდიდესი ნაწილი რიზობიუმის გვარის ბაქტერიებით ხდება, რომლებიც სიმბიოზშია პარკოსან მცენარეებთან. პარკოსანი მცენარეებით ნიადაგის აზოტით გამდიდრების ფაქტი XIX საუკუნიდანაა ცნობილი. გაირკვა, რომ პარკოსან მცენარეთა ნორმალური განვითარება ნიადაგში აზოტის არსებობის გარეშე შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მის ფესვებზე აღინიშნება კოურის ბაქტერიების თანაობა. ასეთი ბაქტერიები აღმოჩნდა ე.წ. კოურის ბაქტერიები რიზობიუმის გვარიდან, რომელთა შორის განსაკუთრებით ფართოდ არის გავრცელებული *Rizobium leguminosarum*, *R. meliloti*, *R. trifolii*, *R. phaseoli*, *R. lupini*, *R. japonicum* და სხვ. კოურის ბაქტერიებით პარკოსნების „დასენიანება“ ძირითადად ახალგაზრდა ფესვების ბუსუსებიდან იწყება „**ინფექციური ძაფებით**“ და მის ფუძემდე ვრცელდება.

კოურები მოწითალო ფერისაა, რაც განპირობებულია მასში მიოგლობინის მსგავსი ქრომოპროტეინ ლეგჰემოგლობინის არსებობით. როგორც ირკვევა, მხოლოდ ლეგჰემოგლობინის შემცველი ბაქტერიებით ხდება მოლეკულური აზოტის ფიქსაცია. პროსტეტული ჯგუფი პროტოჰემის სახით სინთეზირდება ბაქტერიებში, ხოლო ცილამატარებელი (ქრომოპროტეინის ცილოვანი კომპონენტი) – მცენარის ფესვებში. ლეგჰემოგლობინი უზრუნველყოფს ბაქტერიიდებს ჟანგბადით, რაც აუცილებელია აზოტის ფიქსაციისათვის საჭირო ენერგიის მოსაპოვებლად. დადგენილია, რომ აზოტფიქსაციის ბიოქიმიურ მექანიზმებში პარკოსან მცენარეთა და კოურის ბაქტერიების სიმბიოზურ თანაცხოვრებაში წამყვან როლს ლექტინი ასრულებს. თანაცხოვრების დაწყებისათვის უმთავრესი პირობაა პარკოსანი მცენარის ფესვებთან კოურის ბაქტერიების დაკავშირება და მისი შემდგომი ინფიცირება. აღმოჩნდა, რომ ეს პროცესი ლექტინ-რეცეპტორული ურთიერთობის პრინციპით ხორციელდება.

როცა ბაქტერიის ქრომოსომაში არ არის გენი *Roa*, ის კარგავს პარკოსანი მცენარის ბუსუსთან დაკავშირების უნარს. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ამ ტიპის ბაქტერიაში არ ხდება სპეციფიკური ნახშირწყლის შეცნობის უნარის მქონე ლექტინის სინთეზი. ეს ფაქტი დადასტურებულ იქნა კოჟრის ბაქტერია *R. trifolii*-ს მაგალითზე. *R. trifolii*-ს მემბრანის ზედაპირზე აღმოჩენილ იქნა გლიკოპროტეინული ბუნების ლექტინი ტრიფოლინი, რომელიც უზრუნველყოფს მის დაკავშირებას მცენარის ფესვების ბუსუსებთან, სადაც წარმოდგენილია ლიპოპოლისაქარიდი (რეცეპტორი) ტერმინალური შაქრით (2-დეზოქსი-D-გლუკოზა). თავის მხრივ, ეს უკანასკნელი აღმოჩნდა ლექტინ ტრიფოლიუმის პაპტენი. ამგვარად, პარკოსან მცენარეთა ფესვებზე არსებობს რეცეპტორი, ხოლო კოჟრის ბაქტერიის ზედაპირზე ლექტინი (ნ. ალექსიძე, გ. ალექსიძე, 2010).

ლექტინების მოქმედება და ფუნქცია მარტო ზემოთ აღწერილი ფაქტებით არ შემოიფარგლება. ლექტინებს ფართოდ იყენებენ იზოხეროლოგიაში სისხლის ჯგუფების დასადგენად, მემბრანების გლიკოკალიქსის ზონდირების მიზნით, აფინურ ქრომატოგრაფიაში, ჰისტოქიმიურ კვლევებში, სატრანსპორტო მექანიზმებში და სხვ. ცხოველურ ორგანიზმებში არსებობს მრავალი ნეიროლექტინი, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობს ნეირომედიატირების სეკრეციისა და მეხსიერების ფორმირების მექანიზმებში.

ლიტერატურა—REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Шлегель. Общая микробиология. М.: Мир, 1987.
2. N. Aleksidze. Brain lectins and their possible role in longterm memory formation. Europ. Soc. Neurochem. 10 th ESN- Meeting, N12, Ierusalem, Israel, 1994.
3. თ. ბოლოთაშვილი, ნ. მღებრიშვილი, ნ. ალექსიძე. ადამიანის სპერმის ლექტინები ნორმასა და პათოლოგიაში//საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომები. თბ., 2003.
4. ნ. ალექსიძე. ზოგადი ბიოქიმიის საფუძვლები. თბ.: თსუ, 2005.
5. ნ. მღებრიშვილი. ადამიანის სპერმის ლექტინების გამოყოფა, გასუფთავება და ბიოქიმიური დახასიათება. თბ., 2008.
6. ნ. ალექსიძე. ნორმალური და პათოლოგიური ბიოქიმია მედიკოსებისათვის. თბ.: უნივერსალი, 2008.
7. ნ. ალექსიძე, გ. ალექსიძე. ეკოლოგიური ბიოქიმიის საფუძვლები. თბ.: უნივერსალი, 2010.
8. N. G. Aleksidze, G. I. Aleksidze, N. T. Dumbadze. Ecology and plant lectins. Annals of Agrarian Science, V. 10, № 2, 2012, p. 93-99.

BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BIOLOGICALLY ACTIVE LECTINS AND PROSPECTS OF THEIR USE

N. Aleksidze

(I. Javakhishvili Tbilisi State University)

Resume: Fundamental direction of science – lectinology (which studies biologically active substances – lectins) recently is undergoing rapid development. Lectins are widely distributed practically in all tissues of plant and animal organisms and they are involved in such important processes, as intercellular communication and regulation of the activity of enzymes. Lectins are also responsible for the activation of onset of a series of pathological diseases and take part in other living processes. Proceeding from the function of lectins, their use in practical medicine, medical biotechnology and biochemical research, seems to be very prospective. There is shown, that lectins participate in processes of pollination, fertilization of ovules and nitrogen fixation in plants. Lectins are involved in the development of inflammatory processes, formation of rheumatoid arthritis and they are widely applied for the prevention of a number of arthritis diseases.

Key words: lectins; fertilization; nitrogen fixation; rheumatoid arthritis.

БИОХИМИЯ

БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЛЕКТИНОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Алексидзе Н. Г.

(Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили)

Резюме: В последние годы интенсивно развивается фундаментальное направление — лектинология (наука, изучающая биологически активные соединения, лектины). Лектины широко распространены в разных частях растений и животных и активно участвуют в таких важных процессах, как клеточные коммуникации в регуляции активности ферментов, в процессах памяти и в формировании ряда патологических заболеваний. Исходя из функции лектинов; намечаются большие перспективы их применения в практической медицине, в частности, в медицинской биотехнологии и биохимических исследованиях. Показана их ведущая роль в процессах опыления растений, оплодотворения яйцеклеток, нарушения памяти, в процессах воспаления, в формировании ревматоидного артрита, в фиксации азота, в превенции ряда заболеваний и др.

Ключевые слова: лектины; оплодотворение; азотофиксация; ревматоидный артрит.

430–530 °C-ის ფარგლებში მერყეობს. პარაგენეზისი Crd+Bt+Pl+Qtz პასუხობს რეგიონული მეტამორფიზმის ბიოტიტურ-მუსკოვიტური გენისების ფაციესს, ხოლო იშვიათი მინერალური ასოციაცია კალიუმის მინდვრის შპატი – $\text{Crd+Bt+Pl+Ort}\pm\text{Qtz}$ უფრო მაღალტემპერატურულ ბიოტიტ-სილიმანიტ-კალიშპატურ ფაციესს, სადაც კალიუმის მინდვრის შპატი მუსკოვიტის დაშლის პროდუქტს წარმოადგენს. ვარისკული რეტროგრადული მეტამორფიზმის ან გრანიტიზაციის შედეგად აღნიშნული მაღალტემპერატურული მინერალური ასოციაციები იცვლება დაბალტემპერატურული პარაგენეზისით – $\text{Ms(Ser)+Chl+Ab+Qtz+Mikr}$.

ამრიგად, კორდიერიტიან გენისებში განვითარებულია კალიუმის მინდვრის შპატის ორი ასაკობრივი სახესხვაობა: გრენვილური ორთოკლაზი და ვარისკული მიკროკლინი.

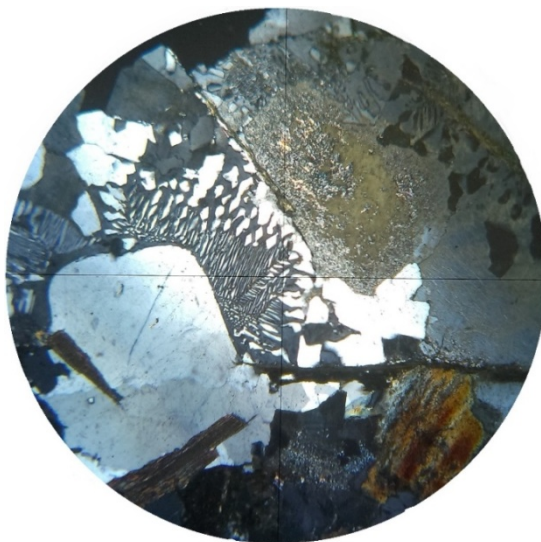
ბიოტიტიან-რქატყუარიანი კვარცდიორიტული გენისები გენისურ-მიგმატიტური კომპლექსის დაახლოებით 2 %-ს შეადგენს. ქანის საღი, შეუცვლელი სახესხვაობები იშვიათად გვხვდება და უმეტესწილად წარმოდგენილია პლაგიოკლაზით, რქატყუარათი და კვარცით. უფრო მცირე გავრცელებით სარგებლობს ბიოტიტი. მათ შეესაბამება პარაგენეზისი Hbl+Bt+Pl+Qtz . კალიუმის მინდვრის შპატი მეორეული მინერალია. იგი დაკავშირებულია ვარისკული გრანიტიზაციის პროცესთან და ყოველთვის მიკროკლინით არის წარმოდგენილი.

მიგმატიტებს შორის გამოიყოფა ორი ასაკობრივ-გენეტიკური სახესხვაობა: პლაგიოგრანიტული და გრანიტული. პირველი სახეობის მიგმატიტების მეღანოსომა წარმოდგენილია რქატყუარით, ბიოტიტით და პლაგიოკლაზით; ლეიკოკრატული ნაწილი – კვარცითა და პლაგიოკლაზით (იშვიათად გვხვდება რქატყუარა), რომელთა ფორმირებაც დაკავშირებულია ულტრამეტამორფიზმის დროს ბიოტიტიან-რქატყუარიანი კვარცდიორიტული გენისების გარდაქმნასთან. ბიოტიტიან-კორდიერიტიანი პლაგიოგენისების ხარჯზე წარმოშობილი მიგმატიტების სუბსტრატში დადგენილი მინერალური პარაგენეზისებია: $\text{Crd+Bt+Ort}\pm\text{Qtz}$; ლეიკოკრატული ნაწილის მინერალური პარაგენეზისისა – $\text{Qtz+Pl}\pm\text{Cum}\pm\text{Bt}\pm\text{Mu}\pm\text{Ort}$.

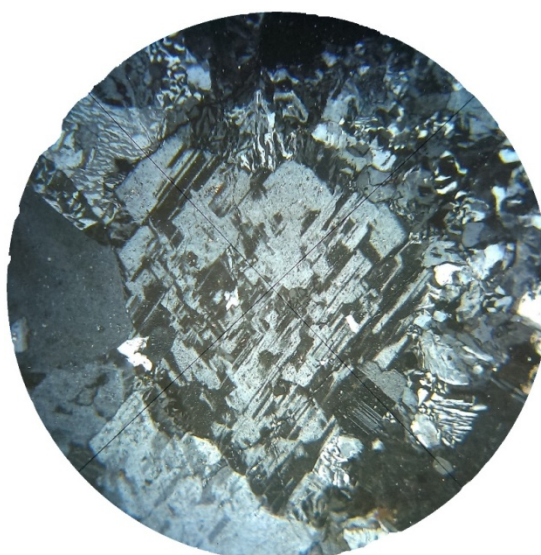
მიგმატიტების ყველა აღნიშნულ სახესხვაობაში ვარისკული გრანიტიზაციის პროცესების შედეგად განვითარებულია მიკროკლინი, რომელიც უპირატესად პორფირობლასტების სახით არის წარმოდგენილი. ამრიგად, მიგმატიტებში, ისევე როგორც გენისებში, განვითარებულია ორი გენერაციის კალიუმის მინდვრის შპატი: გრენვილური ასაკის ორთოკლაზი და ვარისკული მიკროკლინი.

ხრამის კრისტალური მასივის გვიანვარისკული გრანიტიზაციის ასაკი დამაჯერებლად არის დადგენილი U-Pb LA ICP MS ცირკონული მეთოდებით. კერძოდ, 27-წერტილოვანი ანალიზის მონაცემები მოიცავს $321\text{--}331\pm 6.0$ მლნ წლების პერიოდს [4, 5, 6].

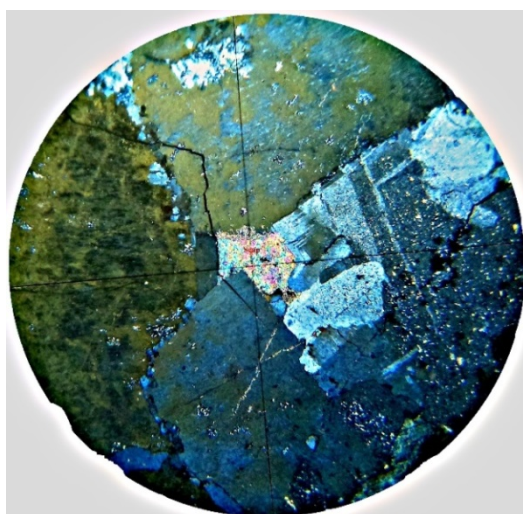
ხრამის მასივის გვიანვარისკული გრანიტიზაციები ოთხი სახესხვაობით არის წარმოდგენილი – ბიოტიტიან-რქატყუარიან-ალანიტიანი, ბიოტიტიანი, ბიოტიტიან-გრანატიანი გრანიტებით და ალიასკიტებით, რომელშიც კალიუმის მინდვრის შპატი მთავარი ქანმაშენი მინერალია. იგი ორი გენერაციისაა: მაგმური მდნარიდან გამოკრისტალებული და მეორეული (უპირატესად მუავე პლაგიოკლაზის ჩანაცვლების პროდუქტია). კალიუმის მინდვრის შპატი მესრიანი ან უმესრო ქსენომორფული გაპელიტებული მიკროკლინია. გვხვდება შედარებით საღი კრისტალებიც: გრანატიან გრანიტებში კალიუმის მინდვრის შპატის $-2V=74\text{--}76^\circ$, ბიოტიტიან-რქატყუარიან და ბიოტიტიან გრანიტებში კი $67\text{--}86^\circ$ ფარგლებში მერყეობს. სხვა მინერალებთან კონტაქტის ზონაში იგი დაბილულია და ძალზე შეცვლილია. კალიშპატი ხშირად ანაცვლებს პლაგიოკლაზს და თითქმის ყოველთვის იძლევა მასთან პერტიტულ შენაზარდებს. არცთუ ისე იშვიათია კალიუმის მინდვრის შპატის და კვარცის პეგმატიტური შენაზარდები (ნახ. 1). ჩვენ მიერ დაფიქსირებულია პლაგიოკლაზის მიკროკლინიზაციის პროცესში გამოთავისუფლებული კალციუმის ხარჯზე სპორადულად განვითარებული სკაპოლიტი (ნახ. 2 და ნახ. 3).



ნახ. 1. „ასოსახული“ სტრუქტურა გრანატიან გრანიტებში (+3.9X8)



ნახ. 2. პლაგიოკლასის მიკროკლინიზაციის პროცესი ბიოტიტიან გრანიტებში (+3.9X8)



ნახ. 3. პლაგიოკლასის გამიკროკლინების პროცესში გაჩენილი სკაპოლიტი (+3.9X8)

გრანიტოიდებში პირველადი კალიუმის მინდვრის შპატი წარმოდგენილია მაღალმოუწესრიგებელი სახესხვაობით, სადაც მერყეობს Δp 0.32–0.92, ხოლო ალიასკიტებში – 0.83–0.97 ფარგლებში. Or:Ab:An ურთიერთდამოკიდებულების მიხედვით აღწერილი კალიშპატების ყველა სახეობისთვის ჰომოგენური მყარი ხსნარები ფორმირდებოდა ერთნაირ თერმოდინამიკურ პირობებში. მინდვრის შპატების კრისტალიზაციის ტემპერატურა ორმინდვრისშპატიან დიაგრამაზე მერყეობს 350–500 °C-ის ფარგლებში [8].

პირველადი პლაგიოკლაზი მიეკუთვნება მაღალმოუწესრიგებელი სტრუქტურის სახესხვაობას, რომელიც ალბიტოლიტოკლაზით არის წარმოდგენილი. ისინი მიკროკლინთან ერთად ქმნიან პერტიტულ და ანტიპერტიტულ სტრუქტურას. მათი კრისტალიზაციის ტემპერატურა მერყეობს 350 – 550 °C-ის ფარგლებში.

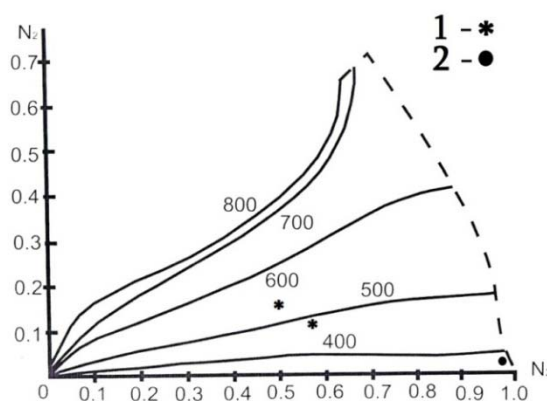
მიკროზონდური ანალიზები (იხ. ცხრილი) გვიჩვენებს, რომ გრანიტებში მაგმური გენეზისის კალიუმის მინდვრის შპატი შეიცავს დიდი რაოდენობით ორთოკლაზის მოლეკულას, რაც მის მაღალმოუწესრიგებელ სტრუქტურაზე მიუთითებს.

გნეისურ-მიგმატიტური კომპლექსის ქანებში გრენვილური ასაკის კალიუმის მინდვრის შპატში ასევე წამყვანია ორთოკლაზური მოლეკულა, ხოლო პლაგიოკლაზი ანდეზინ-ლაბრადორითაა წარმოდგენილი.

კალიუმის მინდვრის შპატის და პლაგიოკლაზის მიკროზონდური ანალიზები*

ნივთიერება	გრანიტები		გნეისური კომპლექსი					
			10-kh		21-kh		9-kh	10-1
	Kfs	Pl	Ort	Pl	Ort	Pl	Pl	Pl
SiO ₂	64.07	68.27	63.88	56.14	64.66	56.47	56.00	55.80
Al ₂ O ₃	18.58	19.66	17.96	27.25	21.00	27.53	27.50	28.02
FeO	-	0	0.25	0.09	0.08	0.10	0.08	0
CaO	-	0.19	0.03	10.54	0.02	10.41	11.54	11.41
Na ₂ O	0.31	11.51	1.60	5.87	0.88	6.00	4.87	5.90
K ₂ O	16.08	0.15	16.08	0.12	16.16	0.10	0.13	0.10
BaO	1.04	0.23	0	0	0	0	0	0
ჯამი	100.08	100.02	99.80	100.01	102.8	100.38	100.12	101.23
Ort	0.92	0.01	0.87	-	0.92	-	-	-
Ab	0.03	0.97	0.13	0.50	0.08	0.57	0.49	0.54
An	-	0.01	-	0.50	-	0.43	0.51	0.46
Cs	0.05	0.01	-	-	-	-	-	-

*ნიმუშები: პლაგიოგნეისები – №10-kh (Crd+Bt+Ort+Pl+Spl), №21-kh (Crd+Bt+Pl+Ort); კვარც-დიორიტული ორთოგნეისები – №9-kh და 10-1 (Hbl+Pl+Bt).



ნახ. 4. ალბიტის მოლეკულის გავრცელების იზოთერმა მინდვრის შპატებში დ. რიაბიკოვის მიხედვით [9]

ორმინდვრის შპატიანი დიაგრამის მიხედვით (ნახ. 4), გრანიტოიდებში პორფირობლასტური მინდვრის შპატების კრისტალიზაციის ტემპერატურა მერყეობს 350 – 500 °C ფარგლებში, ხოლო გნეისურმიგმატიტური კომპლექსის ქანებში – 450 – 650 °C ფარგლებშია, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ გრანიტების პოსტმაგმური ხსნარების გავლენით მოხდა დაბალტემპერატურული მიკროკლინის ჩამოყალიბება.

დასკვნა

ამრიგად, ხრამის კრისტალური მასივის გნეისურ-მიგმატიტურ ქანებში გვხვდება ორი გენერაციის კალიუმის მინდვრის შპატი: პირველი არის მაღალტემპერატურული გრენვილური ასაკის ორთოკლაზი და მეორე – გრანიტების ზეგავლენით ჩამოყალიბებული დაბალტემპერატურული გვიანვარისკული მიკროკლინი.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Гамкრелидзе И. П., Шенгелиа Д. М. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. М.: Научный мир, 2005.- 460 с.
2. დ. შენგელია, ნ. იკოშვილი. ახალი მონაცემები ხრამის კრისტალური მასივის გნეისების შესახებ. სტუ-ის შრომები, №1 (417), 1998, გვ.72-79.
3. თ. წუწუნავა, ნ. იკოშვილი. ხრამის კრისტალური მასივის მეტამორფიზმის შესახებ. სტუ-ის შრომები, №6 (439), 2001, გვ. 78-84.
4. I. Gamkrelidze, D. Shengelia, T. Tsutsunava, Sun-Lin Chung, Han-Vi Chiu, K. Chikhelidze et all. New data on U-Pb zircon age of Pre-Alpine crystalline basement of the Black Sea-Central Transcaucasian terrane and it's geological significance. Bull. of Georgian National Acad. of Sci., vol. 5, №1, 2011, p. 64-76.
5. I. Gamkrelidze, D. Shengelia, T. Tsutsunava, G. Chichinadze. Main stages of formation of Pre-Alpine continental crust of the Black Sea-Central Trancaucasian terrane. 3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region. 2011, p. 71-73.
6. Тедиашвили К. Новые данные об этапах формирования доальпийской континентальной коры Храмского кристаллического массива (Кавказ)//ДАН. Т.453, №5, 2013, с. 522-526.
7. Манвелидзе Р. М. Расчленение гранитоидов Дзирульского массива по различным структурно-оптическим типам калий-натриевых полевых шпатов //Автореф. кандидат. дисс. Тб., 1970,-24 с.
8. Манвелидзе Р. М. Калий-натриевые полевые шпаты палеозойских гранитоидов Храмского и Локского массивов //Тр. ГИН АН Грузии. Нов.сер., вып.59, 1978, с.14-20.

GENETIC TAPES OF K-FELDSPARS FROM PRECAMBRIAN GNEISS-MIGMATITIC COMPLEX AND FROM SUDETIC GRANITOIDS OF THE KHRAMI CRYSTALLINE MASSIF

G. Beridze, K. Tedliashvili, I. Javakhishvili

(A. Janelidze Institute of Geology of I. Javakhishvili Tbilisi State University)

Resume: There are considered the issues of genesis of K-feldspars from precambrian gneiss-migmatitic complex and from Sudetic Granitoids of the Khrami crystalline massif. In gneiss-migmatitic rocks of the Khrami crystalline massif K-feldspars of two generations occur: a high-temperature Grenwell orthoclase and a low-temperature Late Variscan microcline, that is formed under the influence of granites. The accomplished microprobe analysis established, that granites K-feldspar of magmatic genesis contain great amount of orthoclase molecules indicative of its highly disordered structure. In the rocks of the gneiss-migmatitic complex, in K-feldspars as well orthoclase molecules dominate and plagioclase is represented by andesine-labrador.

Key words: the Khrami massif; plagioclase; microcline; scapolite; granite; microzond.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ДОКЕМБРИЙСКОГО ГНЕЙСОВО-МИГМАТИТОВОГО КОМПЛЕКСА И КАЛИЕВЫХ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ СУДЕТСКИХ ГРАНИТОИДОВ ХРАМСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Беридзе Г. М., Тедлиашвили К. Т., Джавахишвили И. Р.

(Институт геологии им. А. Джanelидзе Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили)

Резюме: Рассмотрены вопросы генезиса калиевых полевых шпатов докембрийского гнейсово-мигматитового комплекса и судетских гранитоидов Храмского массива. В гнейсово-мигматитовых породах Храмского массива встречаются две генерации калиевых полевых шпатов: высокотемпературный ортоклаз гренвильского возраста и возникший под воздействием судетских гранитоидов низкотемпературный микроклин. Проведенные микрозондовые анализы показали, что магматические калиевые полевые шпаты судетских гранитоидов и первичные калиевые полевые шпаты гренвильского гнейсово-мигматического комплекса содержат в больших количествах молекулы ортоклаза, что указывает на его неупорядоченную структуру, а плагиоклаз в этих же породах представлен андезин-лабрадором.

Ключевые слова: Храмский массив; плагиоклаз; микроклин; скаполит; гранит; микрозонд.

კლიმატური პარამეტრების ბათვალისწინება მშენებლობაში*

ლ. ქართველიშვილი, ლ. მეგრელიძე, ნ. დეკანოზიშვილი, ლ. ქურდაშვილი

(გარემოს ეროვნული სააგენტო, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: კვლევის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს ახალი სამშენებლო-კლიმატური ნორმების განსაზღვრა კლიმატის ცვლილების დინამიკის გათვალისწინებით, რის შედეგადაც მიღწეული იქნება დაპროექტების ნებისმიერ ეტაპზე მათი გამოყენების შესაძლებლობა და საქართველოს ურბანული განვითარების სამეცნიერო პოტენციალის გაძლიერება. მნიშვნელოვანია ის გარემოებაც, რომ ახალ ნორმებში გათვალისწინებული იქნება კლიმატის რეგიონული ცვლილების თანამედროვე ტენდენციები.

საკვანძო სიტყვები: კლიმატი; კლიმატის ცვლილება; სამშენებლო კლიმატოლოგია; სამშენებლო-კლიმატური ნორმები; რეგიონული კლიმატი.

შესავალი

საქართველოში მიმდინარეობს საკანონმდებლო-ნორმატიული ბაზის განახლება. საქართველოს მთავრობის, გაეროს განვითარების პროგრამის, ეროვნული და საერთაშორისო ორგანიზაციებისა და ფონდების ერთობლივი ძალისხმევით ხორციელდება არსებული სამშენებლო-ტექნიკური ნორმებისა და წესების გადასინჯვა და მოქმედ კანონმდებლობასთან შესაბამისობაში მოყვანა. დღევანდელი კანონმდებლობით ყოფილ საბჭოთა კავშირში მოქმედ სტანდარტებსა და ნორმებს არ გააჩნია იურიდიული ძალა. ამიტომაც აშუამად აუცილებელია მეცნიერულად დასაბუთებული აქტების მომზადება ახალი ნორმატიული ბაზის შექმნისა და მისი ეროვნულ კანონმდებლობასთან ადაპტაციის უზრუნველსაყოფად.

ძირითადი ნაწილი

არსებული სამშენებლო-კლიმატური ნორმები განსაზღვრულია იმ მონიტორინგული მასალების საფუძველზე, რომლებიც ასახავს განსახილველი რეგიონის ტერიტორიაზე განხორციელებული კლიმატური დაკვირვებების მონაცემებს 1960 წლის ჩათვლით. ამ ნორმატიულ დოკუმენტში (პრაქტიკულად აშუამად მოქმედ კლიმატურ სამშენებლო ნორმებსა და წესებს) საქართველო სომხეთთან და აზერბაიჯანთან ერთად მოქცეულია მეოთხე კლიმატურ ზონაში. ეს არ არის სწორი, რადგან სამხრეთ კავკასიის და განსაკუთრებით საქართველოს კლიმატი მისი გეოგრაფიული მდებარეობის თავისებურებების, დიდი ჰიფსომეტრიული განვითარების მქონე რთული რელიეფის და სხვა კლიმატწარმოქმნელი ფაქტორების გამო მნიშვნელოვანი თავისებურებებით ხასიათდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სამხრეთ კავკასიის და, კერძოდ, საქართველოს ტერიტორიის ერთგვაროვნობის დაშვება სამშენებლო ნორმების დადგენის თვალსაზრისით ყოველად

* აღნიშნული პროექტი ხორციელდება შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი №FR /476/9-110/14). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორებს და, შესაძლოა, არ ასახავდეს საქართველოს სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

გაუმართლებელია. შესაბამისად, საჭიროა ეროვნულ სამშენებლო ნორმებში დეტალურად იქნეს გათვალისწინებული ქვეყნის ცალკეული რეგიონების კლიმატური პირობები. ეს მოგვეცემს იმის საშუალებას, რომ სამშენებლო ობიექტები დაცულ იქნეს ადგილობრივი კლიმატური პირობების ნეგატიური ზემოქმედებისაგან, რაც სამომავლოდ დიდი ეკონომიკური ეფექტის მომცემი იქნება (რასაც ვერ ვიტყვით დღევანდელი სიტუაციის მიხედვით, როდესაც დაგეგმილი და მიმდინარე ყველა მშენებლობა ადგილობრივ კლიმატურ ფაქტორებთან დაკავშირებული რისკების გათვალისწინების გარეშე სრულდება).

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება დღევანდელ პირობებში, როდესაც მიმდინარეობს მსუბუქ კონსტრუქციებზე გადასვლა, რომლებიც უფრო მეტად რეაგირებს კლიმატური პირობების ცვლილებაზე. პაერის ტენიანობისა და ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება, თავსებად წვიმებისა და ძლიერი ქარების ზემოქმედება დიდ ზიანს აყენებს სამშენებლო ობიექტებს, რისი შედეგიცაა საექსპლუატაციო დონის შემცირება. სამშენებლო ობიექტების სწორი დაპროექტებისათვის გათვალისწინებული უნდა იქნეს კლიმატური პარამეტრების სხვადასხვა შესაძლების ალბათობები და მათი საანგარიშო სიდიდეები.

დასმული ამოცანების გადაწყვეტისას დიდი მნიშვნელობა აქვს:

- არსებული კლიმატური პარამეტრების დაზუსტებას (ვინაიდან კლიმატური ნორმები განსაზღვრულია 1960 წლამდე პერიოდზე და არ ითვალისწინებს კლიმატის ცვლილების დინამიკას, ბუნებრივ გარემოზე თანამედროვე ანთროპოგენური დატვირთვების ინტენსიურობის მკვეთრ ზრდასთან დაკავშირებით);
- ორი და მრავალგანზომილებიანი კლიმატური ფაქტორების კომპლექსურ ზემოქმედებას სამშენებლო ობიექტებზე;
- საქართველოს ახალ სამშენებლო-კლიმატურ დარაიონებას (ქვეყნის ტერიტორიის რეგიონული თავისებურებების გათვალისწინებით);
- სამშენებლო ობიექტებისა და ექსპლუატაციაში არსებული შენობების კლიმატის ნეგატიური ზემოქმედებისაგან დაცვის ღონისძიებების შემუშავებას.

კვლევის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს სამშენებლო-კლიმატური ნორმების დადგენა-განახლება, რის შედეგადაც მიღწეული იქნება დაპროექტების ნებისმიერ ეტაპზე მათი გამოყენების შესაძლებლობა და საქართველოს ურბანული განვითარების სამეცნიერო პოტენციალის გაძლიერება. მნიშვნელოვანია ის გარემოებაც, რომ ახალ ნორმებში გათვალისწინებული უნდა იქნეს კლიმატის რეგიონული ცვლილების თანამედროვე ტენდენციებიც.

სამშენებლო პრაქტიკაში კლიმატის გათვალისწინება ხდება ამა თუ იმ ობიექტის როგორც დაგეგმარების, ისე მშენებლობის სტადიაში. ამ ზემოქმედების სწორი გათვალისწინების მიხედვით მიმდინარეობს სამშენებლო ობიექტების არქიტექტურულ-გეგმარებითი ღონისძიებების გადაწყვეტა და მასზეა დამოკიდებული აგრეთვე ამა თუ იმ ობიექტის საექსპლუატაციო დონე, ადამიანის ცხოვრების კომფორტული პირობები. სამშენებლო კლიმატოლოგიის ამოცანაა მშენებლებს მისცეს იმ რაიონის კლიმატური მონაცემები, სადაც მიმდინარეობს მშენებლობა, გამოიყენოს მათი დადებითი მხარეები და მიიღოს შესაბამისი ზომები უარყოფითი ზემოქმედებისაგან დასაცავად.

ახალი სამშენებლო მასალების გამოყენებით საცხოვრებელი და სამოქალაქო ნაგებობების მშენებლობის ტემპის გაზრდამ განაპირობა სამშენებლო ნორმებით და წესებით გათვალისწინებული კლიმატური პირობების უფრო ზუსტი განსაზღვრის და შესაბამისი სპეციალიზებული მახასიათებლების დამუშავების აუცილებლობა. ეს კი სამშენებლო კლიმატოლოგიის სწრაფ განვითარებას უზრუნველყოფს.

ამა თუ იმ ობიექტზე კლიმატის ზემოქმედების შესასწავლად უნდა იქნეს დადგენილი ორივე – უარყოფითი და დადებითი კლიმატური ფაქტორი. ბოლო წლებში საჭირო კლიმატური პარამეტრების დასადგენად ფართოდ გამოიყენება როგორც ექსპერიმენტული, ისე თეორიული გამოკვლევები. უნდა აღინიშნოს, რომ ბევრი მახასიათებელი, რომლებიც გამოიყენება მშენებლობაში, გაანგარიშებულია არსებული კლიმატური მახასიათებლების, ე. ი. იმ მახასიათებლების მიხედვით,

რომლებიც მიიღება ზოგადი კლიმატური გამოკვლევების შედეგად. ეს ძირითადად არის ცალკეული მეტეოელემენტების საშუალო და ექსტრემალური მნიშვნელობები.

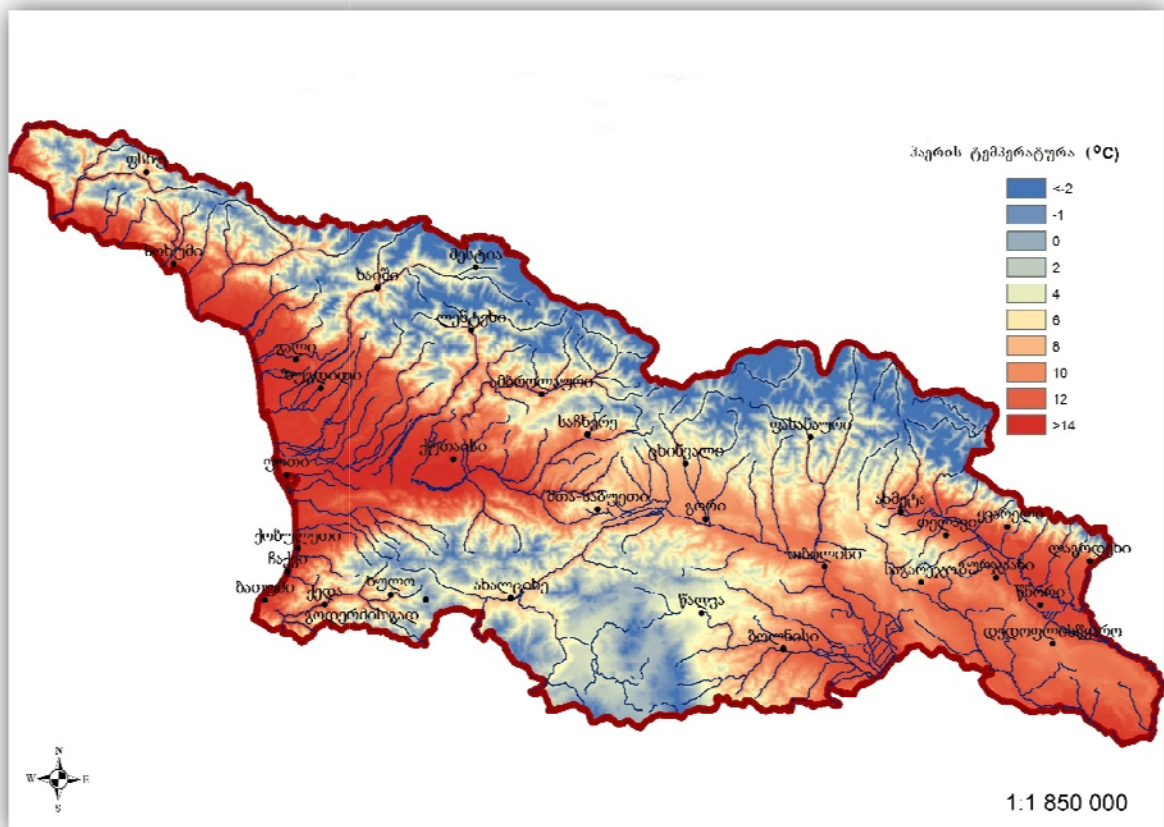
არსებული კლიმატური მახასიათებლების გამოყენება ამარტივებს და აჩქარებს მათ დანერგვას პრაქტიკაში, თუმცა კლიმატის გავლენის გათვალისწინება ცალკეული მეტეოელემენტების საშუალო მნიშვნელობების მიხედვით არ შეიძლება ჩაითვალოს საიმედოდ, რადგან საშუალო მნიშვნელობა დაიკვირვება იშვიათად და საშუალო სიდიდეზე მეტი მნიშვნელობის უზრუნველყოფა 50 %-ია. პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას ამ მონაცემების გამოყენება არასაიმედოა. გარდა ამისა, აუცილებელია არსებული კლიმატური პარამეტრების მნიშვნელობათა დაზუსტება, ვინაიდან, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კლიმატური ნორმები განსაზღვრულია 1960 წლამდე და არ ითვალისწინებს კლიმატის ცვლილების დინამიკას. ამიტომ ახალი სამშენებლო-კლიმატური ნორმების დაზუსტების მიზნით განსაზღვრულ იქნა ცალკეული კლიმატური პარამეტრების (ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები, ჰაერის ტენიანობა, ქარის სიჩქარე) მონაცემები საქართველოს ტერიტორიაზე შერჩეული ძირითადი კლიმატური სადგურებისათვის 1961–2010 წლების მიხედვით. არსებული კლიმატური მახასიათებლები მოცემულია თანამედროვე ელექტრონულ არქივში (CLIDATA). კლიმატის ძირითადი ცალკეული პარამეტრების მიხედვით დადგენილ იქნა საქართველოს ტერიტორიაზე 1961–2010 წლებში მათი განაწილების თავისებურებანი.

იმისათვის, რომ განსაზღვრულ იქნეს სპეციალიზებული კლიმატური მახასიათებლები, საჭიროა მეტეოდაკვირვებათა თავისებურებების ცოდნა, მეტეოროლოგიური და კლიმატოლოგიური ინფორმაციის შეფასება გამოყენებითი თვალსაზრისით, დაკვირვებათა დამუშავების მეთოდები და ცალკეულ მეტეოელემენტებს შორის კავშირი, რათა გამოყენებულ იქნეს ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების ფიზიკური კანონები. ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით, ჩვენ მიერ მოცემული კონკრეტული ამოცანის გადასაწყვეტად განსაზღვრულ იქნა მთელი რიგი სპეციალიზებული მახასიათებლები, რომლებიც დანერგილი უნდა იყოს მშენებლობაში.

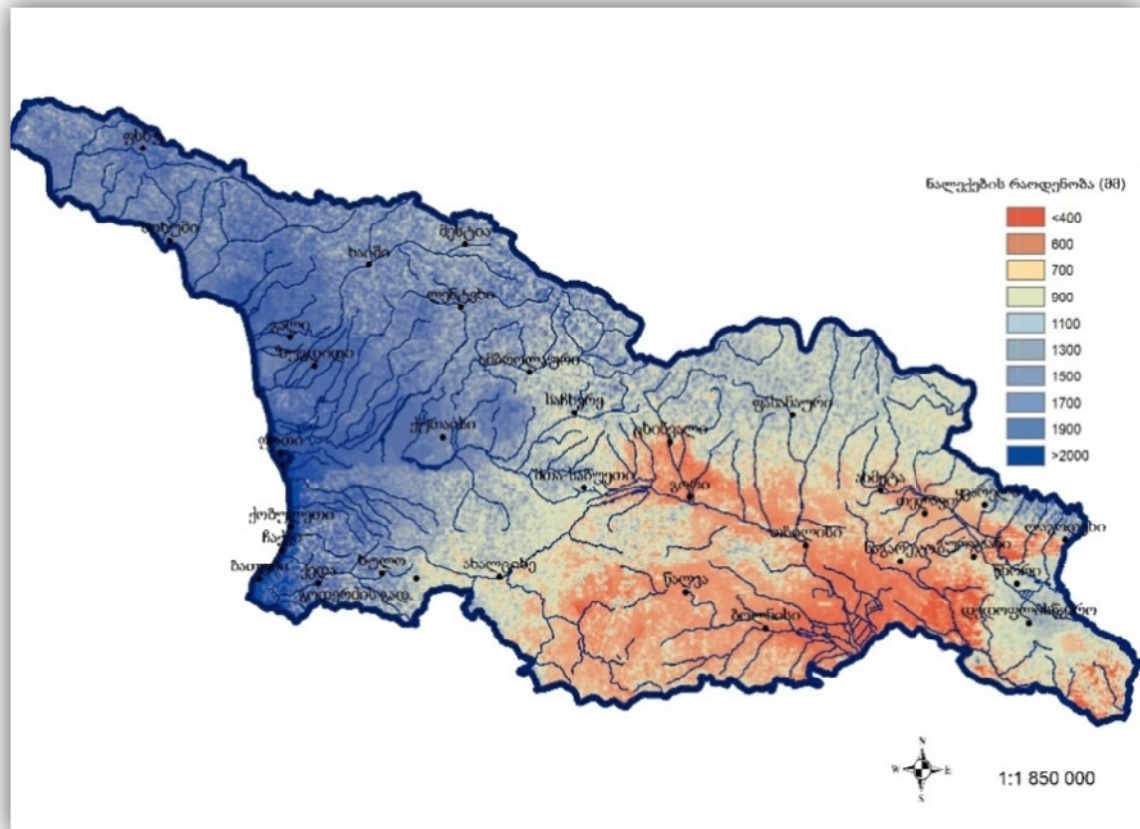
შენობის ექსპლუატაციისას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სათავსის სითბოს რეჟიმს, რომელიც განაპირობებს მის კომფორტს, საწარმოო პროცესების ნორმალურ მიმდინარეობას და შენობის, კონსტრუქციის მდგრადობასა და გამძლეობას. შენობის სითბოს რეჟიმი ეწოდება იმ ფაქტორებისა და პროცესების ერთობლიობას, რომელიც განსაზღვრავს მის სითბურ მდგომარეობას. შენობის სითბურ მდგომარეობას კი განაპირობებს: ჰაერის ტემპერატურა, სინოტივე და მათი განაწილება სიმაღლის მიხედვით, მოსაზღვრე ზედაპირების რადიაციული გამოსხივება და სხვ.

შენობის სითბოს რეჟიმის მთავარი განმსაზღვრელი ფაქტორია ჰაერის ტემპერატურა. ამიტომ აუცილებელია იმის ცოდნა, თუ რა გავლენას ახდენს იგი შენობის თერმულ მდგომარეობაზე. საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების თბოტექნიკური გაანგარიშებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს ის, რომ შენობის შიგა ჰაერის ტემპერატურა არ იყოს 18 °C-ზე ნაკლები (საბავშვო დაწესებულებებსა და საავადმყოფოებში კი 20–22 °C-ზე).

ზამთარში შენობის შიგა ჰაერის ტემპერატურაზე დიდ გავლენას ახდენს გარე ჰაერის ტემპერატურის დაწვეა, რომელიც გრძელდება საკმაოდ დიდხანს. ამ შემთხვევაში, რაც უფრო თხელია შენობის კედლები, მით უფრო სწრაფად აღწევს მასში სიცივე. ჩვეულებრივი სისქის კედლებზე კი მოქმედებს გარე ჰაერის ტემპერატურის დაწვეა, რომელიც განუწყვეტლივ გრძელდება 5 დღის განმავლობაში (ხუთდღიური პენტანდა). ამიტომ შენობების დაპროექტებისას თბოტექნიკოსმა აუცილებლად უნდა იცოდეს გარე ჰაერის ტემპერატურა წელიწადის ყველაზე ცივი პერიოდის დროს, ე. წ. საანგარიშო ტემპერატურა. ტემპერატურის საანგარიშო მნიშვნელობების გაანგარიშებისას გამოყენებულ იქნა ჰაერის ტემპერატურის ბოლო წლების მონაცემები დაკვირვებათა ბოლო პერიოდის ჩათვლით (1961 – 2010 წწ.). 1-ლ და მე-2 ნახ-ებზე მოცემულია საკვლევი პერიოდში ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე.



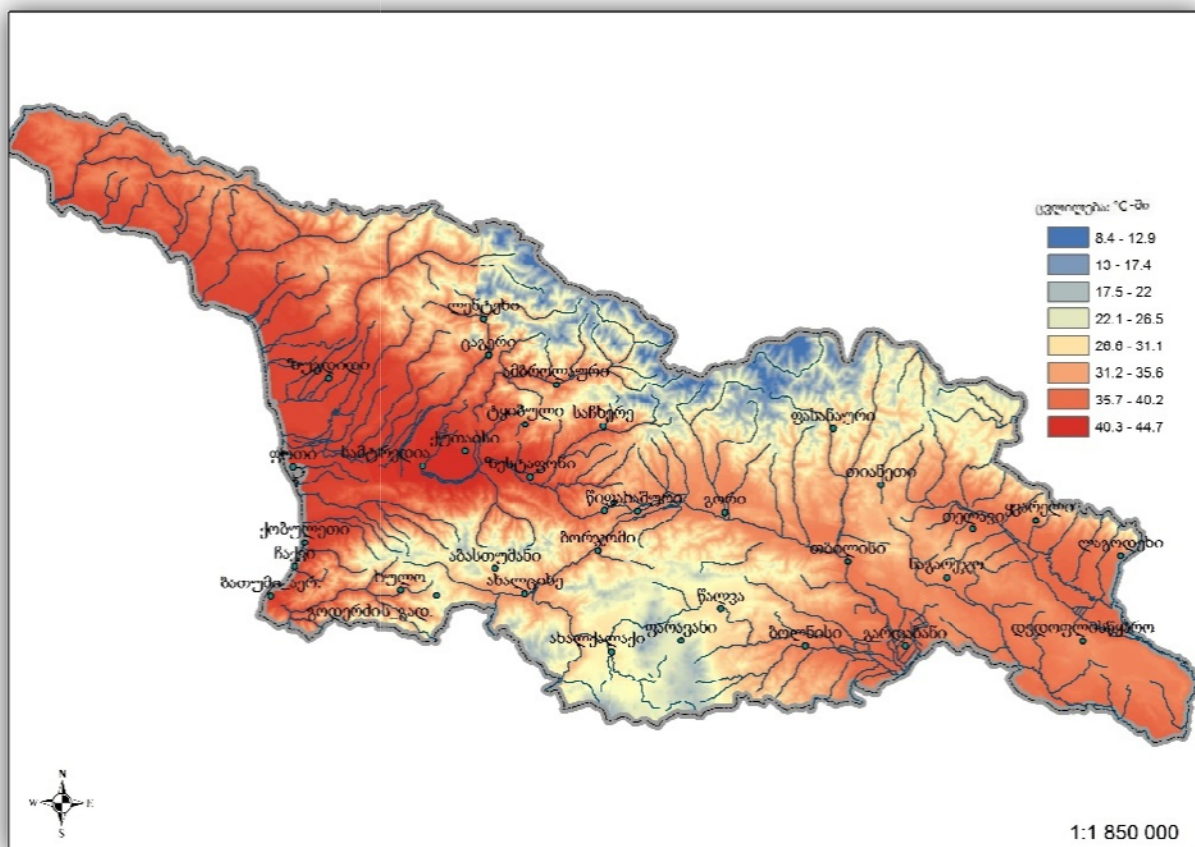
ნახ. 1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე



ნახ. 2 საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების განაწილების რუკა

საანგარიშო ტემპერატურის გამოსათვლელად საჭიროა ვიცოდეთ, თუ როგორია კედლის სისქე. რაც უფრო ნაკლებად მასიურია კედელი, მით უფრო ნაკლები პერიოდით ვასაშუალოებთ საანგარიშო ტემპერატურას. ამას განაპირობებს ის ფაქტი, რომ ნაკლებად მასიური კედელი უფრო სწრაფად რეაგირებს გარე ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებაზე და უფრო მოკლე ხანში ცივდება, ე. ი. კედლის შიგნით ტემპერატურა გარე ტემპერატურასთან შედარებით დაბლა იწევს. ეს გამოიწვევს დისკომფორტს; ზოგ შემთხვევაში კი ორთქლის კონდენსაციას კედლის ზედაპირზე, რაც განაპირობებს მისი ტენიანობისა და სითბოგამტარობის ზრდას.

საანგარიშო ტემპერატურების მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს კედლის საჭირო თერმული წინააღობა და მისი სისქე. ამიტომ შენობის ტემპერატურული დატვირთვის განსაზღვრისათვის აუცილებელია ყველაზე ცივი და თბილი პერიოდების ტემპერატურის დადგენა. ჩვენ მიერ საქართველოს კლიმატური სადგურების მონაცემების გათვალისწინებით განსაზღვრულ იქნა უდიდესი და უმცირესი საშუალო ტემპერატურები და უდიდესი დღეღამური ამპლიტუდა; აგრეთვე ყველაზე ცივი და ცხელი თვის საშუალო თვიური ტემპერატურები 1961–2010 წლების მიხედვით. გარდა ამისა, უდიდესი და უმცირესი საშუალო დღეღამური ტემპერატურები და მათი ამპლიტუდები ყველაზე ცხელი პერიოდისათვის ამორჩეულ იქნა ივნის-აგვისტოში, ხოლო ყველაზე ცივის – დეკემბერ-თებერვალში. საანგარიშო ტემპერატურის მნიშვნელობები განისაზღვრა სტატისტიკური ექსტრაპოლაციის მეთოდით. ყველაზე ცხელი და ცივი თვის საშუალო თვიური ტემპერატურები კი მიღებულ იქნა საშუალო თვიური ტემპერატურების გასაშუალოებით, რომლებიც ამორჩეული იყო ყოველწლიურად ყველაზე ცხელი თვეებისათვის (ნახ. 3).



ნახ. 3. საქართველოს დარაიონების რუკა-სქემა ტემპერატურების საანგარიშო მნიშვნელობების მიხედვით

მიღებული მონაცემების საფუძველზე აგებულ იქნა საქართველოს დარაიონების რუკა-სქემები ტემპერატურების საანგარიშო მნიშვნელობების მიხედვით.

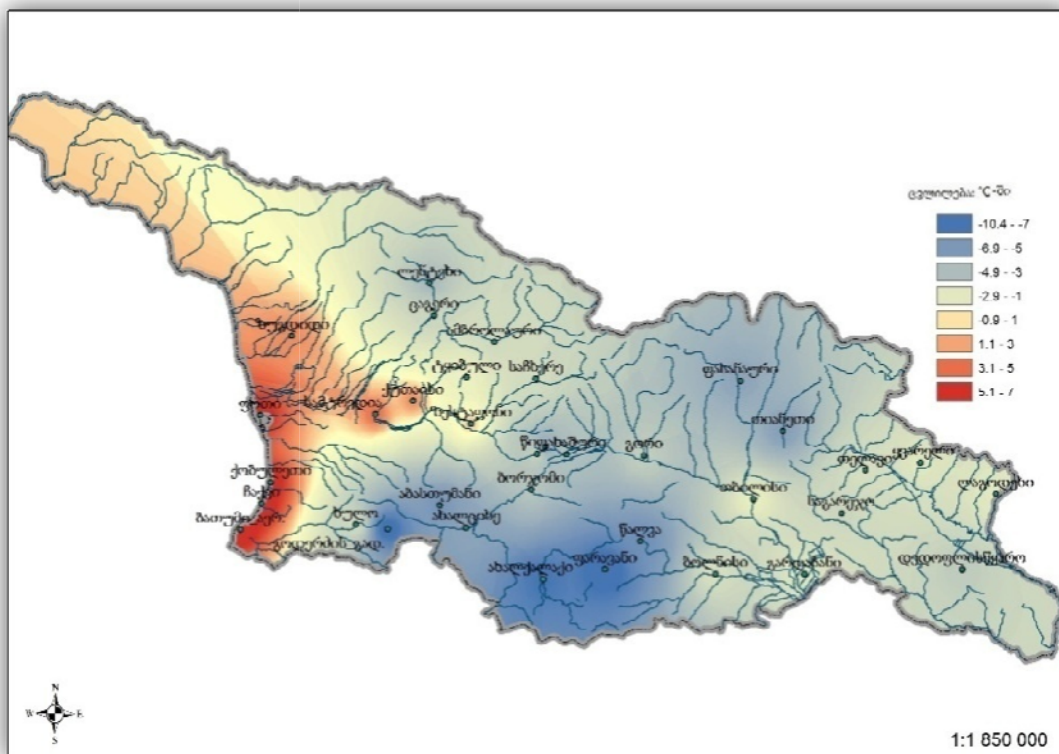
უმცირესი და უდიდესი საშუალო დღეღამური ტემპერატურების განმეორებადობები საჭიროა შენობების კედლების საჭირო თერმული წინაღობის და მისი სისქის გაანგარიშებისათვის. როგორც მიღებული მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, ყველაზე დიდი დღეღამური ტემპერატურის განმეორებადობები წლების მიხედვით დაიკვირვება დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის სანაპიროზე, ხოლო უმცირესი – მაღალმთიან პუნქტებში და ჯავახეთის რეგიონში. ამ მონაცემების საფუძველზე ხდება კედლის მასიურობის გაანგარიშება იმ რაიონებში, სადაც მასიურობის კოეფიციენტი (D) მეტია 7-ზე. კედელი იქნება მასიური, მსუბუქი, თუ $D=4$ -ს, ხოლო D-ს მნიშვნელობისათვის 4-დან 7-მდე გვაქვს საშუალო მასიურობის მქონე კედელი.

სამშენებლო ნორმების მიხედვით გარე ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურად ითვლება:

- მასიური კედლებისათვის – ყველაზე ცივი ხუთდღიურის საშუალო ტემპერატურა;
- მსუბუქი კედლებისათვის – ყველაზე ცივი დღეღამური საშუალო ტემპერატურა;
- საშუალო მასიურობის კედლებისათვის – ყველაზე ცივი სამი დღეღამური საშუალო ტემპერატურა.

გრძელრიგიანი სადგურების (დაკვირვების პერიოდი 40 – 50 წელი და მეტი) მონაცემებით საანგარიშო ტემპერატურის გამოთვლისას ზამთრის ყოველი დღეღამური საშუალო ტემპერატურის მიხედვით შეირჩევა ყველაზე ცივი ხუთდღიურები და გამოითვლება მათი საშუალო ტემპერატურები, რის შედეგადაც მიიღება ყველაზე ცივი პენტანდების საშუალო ტემპერატურების გრძელი რიგი. ამ რიგიდან ამოირჩევა ყველაზე ცივი ხუთდღიურების გარკვეული პროცენტი. საკმაო სიზუსტით არის დადგენილი, რომ ოპტიმალური სიდიდე 16 %-ია ყველაზე ცივი პენტანდებისათვის.

შენობის სითბოს რეჟიმის შესწავლისას პირველ რიგში აუცილებელია განსაზღვრულ იქნეს შენობის შიგნით მიკროკლიმატის ხელოვნური რეგულირების საჭიროება. გარე ჰაერის უარყოფითი ტემპერატურის დროს სითბური ეფექტი შენობაში წარმოიქმნება ძირითადად შემომზღუდი კონსტრუქციების თბოტექნიკური თვისებებისა და მოწყობილობების (ვენტილაცია, გათბობა) მუშაობის ხარჯზე. გათბობის პერიოდი ეწოდება წელიწადის ისეთ მონაკვეთს, როდესაც ჰაერის საშუალო მრავალწლიური დღეღამური ტემპერატურა ნაკლებია ან უდრის 8°C -ს. ამ პერიოდის დასაწყისს და დასასრულს წარმოადგენს საშუალო დღეღამური ტემპერატურის გადასვლის თარიღი 8°C -ზე ზევით შემოდგომასა და გაზაფხულზე, ხოლო ამ თარიღებს შორის დღეების რაოდენობა (ამ თარიღის ჩათვლით) არის გათბობის პერიოდის ხანგრძლივობა. დახურულ სათავსებში ხშირად საჭიროა სუფთა ჰაერის მიწოდება (და გადამუშავებული ჰაერის გამოდევნა), ამავდროულად დროს ზამთარში ჰაერი წინასწარ უნდა გათბეს ოთახის ტემპერატურამდე (18°C), ზაფხულში კი პირიქით, საჭიროა მისი გაცივება. ეს ხდება სპეციალური სავენტილაციო სისტემებით, რომლებიც ისე უნდა იყოს დაყენებული, რომ სათავსში არ იგრძნობოდეს ჰაერის შეწოვა (ან ამოწოვა). შენობაში მოწოდებული ჰაერის გათბობის (ან გაცივების) აუცილებლობა მოითხოვს გარე ჰაერის წლიური და დღეღამური ტემპერატურების გათვალისწინებას და ე. წ. სავენტილაციო ტემპერატურის განსაზღვრას. სავენტილაციო ტემპერატურა წარმოადგენს სათბობი პერიოდის ყველაზე ცივი მონაკვეთის საშუალო ტემპერატურას, რომელიც ტოლია მისი ხანგრძლივობის 15 %-ისა. თუ სათბობი პერიოდის ხანგრძლივობა გრძელდება ექვსი თვე, მაშინ ამ 25 ყველაზე ცივი დღის საშუალო ტემპერატურა არის სავენტილაციო ტემპერატურა. მე-4 ნახ-ზე მოცემულია სავენტილაციო ტემპერატურის განაწილება საქართველოს ძირითადი კლიმატური სადგურების მიხედვით.



ნახ. 4. სავენტილაციო ტემპერატურის განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე

დასკვნა

მიღებული მონაცემების ანალიზი ცხადყოფს, რომ სათავისის სითბურ რეჟიმს აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა შენობის ექსპლუატაციისას. იგი განაპირობებს მის კომფორტს, საწარმოო პროცესების ნორმალურ მიმდინარეობას და შენობის კონსტრუქციის მდგომარეობასა და გამძლეობას. ამიტომ აუცილებელია ტემპერატურის საანგარიშო მნიშვნელობები დაედოს საფუძვლად საქართველოს ტერიტორიაზე საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების თბოტექნიკურ გაანგარიშებებს, რათა შენობები დაცულ იქნეს კლიმატის ნეგატიური ზემოქმედებისაგან.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს სამეცნიერო-გამოყენებითი კლიმატური ცნობარი. ნაწ. I, ცალკეული კლიმატური მახასიათებლები. თბ., 2007.
2. საქართველოს ქარის ენერგეტიკული ატლასი. ქარის ენერგეტიკის სამეცნიერო ცენტრი „ქარენერგო“. თბ., 2004.
3. ლ. ქართველიშვილი. კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება მშენებლობაში. თბ.: ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა, 2005.

BUILDING CLIMATOLOGY

CONSIDERATION CLIMATIC PARAMETERS IN BUILDING INDUSTRY

L. Kartvelishvili, L. Megrelidze, N. Dekanozishvili, L. Kurdashvili

(National Environmental Agency, I. Javakhishvili Tbilisi State University)

Resume: One of the goals of the research is the strengthening of scientific potential of Georgian urban development, what is revealed in the possibility to use specified building-climatic norms at any stage of projecting. The most important is the situation, that this specification would be conducted by considering modern tendencies of global climate change. For Georgia, as for independent state becomes possible to identify science, based building-climatic guidelines considering climate change at the first time.

Key words: climate; climate change; building climatology; building-climatic norms; regional climate.

СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Картвелишвили Л. Г., Мегрелидзе Л. Д., Деканозишвили Н. И., Курдашвили Л. Р.

(Национальное агентство окружающей среды, Тбилисский государственный университет им. И. Джавахишвили)

Резюме: Целью настоящего проекта является определение строительно-климатических норм для некоторых населенных пунктов Грузии, с учетом изменения климатических условий. На основе проведенных исследований новые строительные нормы будут применены при проектировании жилых и общественных зданий на любом этапе их проектирования. Полученные результаты обеспечат повышение научного потенциала урбанистического направления. Важно то обстоятельство, что новые строительные нормы учитывают также тенденции современного регионального климата. Эти данные необходимо шире применять в строительной практике.

Ключевые слова: климат; изменения климата; строительная климатология; строительно-климатические нормы; региональный климат.

ბამომგონებელი ტექნიკური პრობლემის მამოძრავებელია

ც. პაპავა, გ. კოპალეიშვილი, ო. ბარბაქაძე, ს. ბარბაქაძე, თ. ბარბაქაძე

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: სტატიაში საუბარია ბამომგონებლობის მნიშვნელობაზე. ჯერ კიდევ უძველეს დროში ესმოდათ, რომ ყოველი ქვეყნის განვითარება დამოკიდებულია ბამომგონებლობასა და სიახლეების დანერგვაზე. ბევრი მეცნიერისა და საზოგადო მოღვაწის აზრით, ნებისმიერმა სახელმწიფომ მხარი უნდა დაუჭიროს ბამომგონებლებს და ხელი შეუწყოს მათ საქმიანობას. სამწუხაროდ, ჩვენი ქვეყნის კანონმდებლობით ბამომგონებლებს არა აქვთ ამგვარი მხარდაჭერა, რადგან ბამომგონებაზე განაცხადის მოსაკრები თანხა იმდენად დიდია, რომ ხელმიუწვდომელია როგორც მუშა-მოსამსახურეებისათვის, ისე პენსიონერებისა და სტუდენტებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ბამომგონებელი; პატენტი; ინდივიდუალური ბამომგონებელი.

შესავალი:

მრავალი საუკუნის წინათ უდიდესი ფილოსოფოსი სოკრატე აღნიშნავდა: „ბამომგონებლობის გენია სიმდიდრის მამაა“. ეს სიტყვები იმ მიზნით მოვიყვანეთ, რომ ჩვენი ქვეყნის შესაბამის ორგანოებსა და უწყებებს ყურადღება მივაქცევინოთ ბამომგონებლობის მნიშვნელობაზე და, საერთოდ, ბამომგონებელთა დღევანდელ მდგომარეობაზე. ცნობილია, რომ ყოველივე ის, რაც ჩვენ გარშემოა და ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოიყენება, ბუნებისაგან ბოძებული გარდა, შექმნილია ბამომგონებლების მიერ. მაგალითად ქაღალდი, გამოიგონეს ჩინეთში ორი ათასი წლის წინათ. სამწუხაროდ, ბამომგონებლის ვინაობა ისტორიას არ შემოუნახავს. 1840 წელს გერმანელმა ინჟინერმა ლ. კელერმა შექმნა ხის მერქნისაგან ქაღალდის მიღების მეთოდი, რომელიც მცირედენი გაუმჯობესებით (რაც სავსებით ბუნებრივია) ქაღალდის წარმოების თანამედროვე მეთოდებში დღესაც ფართოდ გამოიყენება.

ძირითადი ნაწილი

ხალხური სიბრძნე ამბობს „ყოველივე კარგი შეიძლება კიდევ უკეთესად გააკეთო“ [1]. ფრინველის ფრთა შეცვალა საწერკალამმა, საწერკალამი – ავტოკალამმა, რომელიც შემდგომ კიდევ უფრო გაუმჯობესდა რამდენიმე ბამომგონებლის მიერ. ფოლადის კალამი გამოიგონა აახენის ბურგომისტრის, იანსენის მსახურმა, რომლის სახელიც, ქაღალდის ბამომგონებლის სახელის ანალოგიურად, უცნობია. იმ ინგლისელის გვარი კი, რომელმაც კალმისთვის გრძივი განაჭერის გაკეთების წინადადება წამოაყენა, საყოველთაოდ ცნობილია, ეს იყო ჯეიმს პერი [2].

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ამერიკელმა უოტერმანმა და გერმანელმა დრაშერმა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად გამოიგონეს მეღნიანი ავტოკალამი, რომელიც შემდგომ რამდენჯერმე იქნა გაუმჯობესებული სხვადასხვა ბამომგონებლის მიერ. მათ შორის იყო ამერიკელი სტენლი პარკერი. მის მიერ შექმნილმა კალამმა საბოლოოდ მიიღო „მუდმივი კალმის“ სახელწოდება. XX საუკუნეში მას გაუჩნდა კონკურენტი ამერიკელი ლაუდის სახით – 1888 წელს

მან დააპატენტა საკუთარი კონსტრუქცია, რომელიც უნგრელმა ლასლო ბირომ ბურთულიან ავტოკალმად გადააკეთა და პირველად გამოიყენა პასტა, რამაც გაზარდა მისი შემდგომი რეალიზაცია. ასეთი კალამი დღესაც წარმატებით გამოიყენება, რა თქმა უნდა, მცირედენი გაუმჯობესებით [3].

ანალოგიური ფაქტების მოყვანა უსასრულოდ შეიძლება, მაგრამ ჩვენი მთავარი მიზანი გამოგონებების აღწერა და მათი ავტორების გაცნობა კი არ არის, არამედ შესაბამისი სახელმწიფო ორგანოებისა და მათი ხელმძღვანელების ყურადღების მიპყრობა ჩვენი ქვეყნის გამომგონებლების დღევანდელი მდგომარეობისადმი.

ისტორიული გამოცდილება ადასტურებს, რომ ყველა დროში სწორედ გამომგონებლები წარმოადგენდნენ ტექნიკური პროგრესის საფუძველს. ე. ი. სავსებით კანონზომიერია ის ფაქტი, რომ ტექნიკური პროგრესის ინტენსიურობა პირდაპირაა დამოკიდებული შექმნილი გამომგონებების რაოდენობასა და მათ მნიშვნელობაზე [4].

რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი პ. ვალდერი 1910 წელს წერდა: „ჩვენი ხალხის მომავალი დიდად არის დამოკიდებული ქვეყანაში გამომგონებლების პროფესიის მდგომარეობაზე. ცალსახაა, არსებობისათვის ბრძოლაში ყველაზე ძლიერი ის ქვეყანა იქნება, რომელსაც დამოუკიდებლად და ნაყოფიერად მომუშავე გამომგონებელთა დიდი არმია ეყოლება“ [5, 6].

კ. ციოლკოვსკის [7] აზრით, პროგრესის მამოძრავებელია ის ხალხი, ვისაც კაცობრიობა მიჰყავს ბედნიერებისაკენ, სიხარულისა და შემეცნებისაკენ. იგი ამ ხალხს 6 ძირითად კატეგორიად აჯგუფებდა:

1. ხალხი, ვინც მთელ კაცობრიობას ერთ მთლიან ორგანიზმად აერთიანებს;
2. მანქანების გამომგონებლები, რომლებიც აუმჯობესებენ წარმოებულ პროდუქციას, ამცირებენ და ამსუბუქებენ ხელით შრომას, რითაც ასჯერ და ზოგჯერ ათასჯერაც კი ზრდიან მწარმოებლურობას, ხშირ შემთხვევაში მათ გარეშე შეუძლებელია დასახული მიზნის მიღწევა;
3. დანადგარების გამომგონებლები, რომლებიც იყენებენ ბუნების ძალებს, რომელთაც შეუძლიათ ადამიანის შესაძლებლობების რამდენიმე ათასჯერ გაზარდა;
4. ხალხი, ვინც ზრუნავს ადამიანის გამრავლების, განვითარებისა და გაძლიერებისთვის;
5. ადამიანები, რომლებსაც შეუძლიათ აღმოაჩინონ ბუნების კანონები, ახსნან სამყაროს საიდუმლოებები, მატერიის თვისებები, აღწერონ სამყარო, როგორც თვითგანვითარებადი რთული აგრეგატი;
6. ხალხი, რომელიც შეისწავლის და აითვისებს სხვის მიერ აღმოჩენილ უდიდეს აღმოჩენებს და შემდგომ მას ავრცელებს ფართო საზოგადოებაში.

კ. ციოლკოვსკი ამ კატეგორიების შედარებისას უპირატესობას გამომგონებლებს ანიჭებს და ამბობს: „მეცნიერები უფრო მეტნი არიან, ვიდრე გამომგონებლები და ბრძენები“; ამასთან, იგი გამომგონებლებს კაცობრიობის მარგალიტებს უწოდებს და მოუწოდებს სახელმწიფოს მესვეურებს გამოიჩინონ მათ მიმართ განსაკუთრებული ყურადღება, იზრუნონ და დაეხმარონ მათ.

ერთ-ერთი ცნობილი ფრანგი პოლიტიკოსისა და მეცნიერის სერჟან შრაიბერის აზრით, „სახელმწიფოს სიძლიერე დღეს განისაზღვრება არა გამოშვებული ფოლადის ხარისხითა და მოცულობით, მოპოვებული ქვანახშირით ან ნავთობით, არა სამხედრო პირთა რაოდენობით, არამედ ნაყოფიერად და შედეგიანად მომუშავე გამომგონებელთა რაოდენობით“ [8]. ამ მხრივ საინტერესოა ყოფილი სსრ კავშირის აშშ-თან, იაპონიასთან და სხვა ქვეყნებთან შედარება. მაგალითად, გასული საუკუნის 70-იანი წლებისათვის (როდესაც სსრ კავშირი თავისი განვითარების მწვერვალზე იმყოფებოდა) აშშ-ში რეგისტრირებულ იქნა დაახლოებით 2,5 მლნ პატენტი, ხოლო სსრ კავშირში მხოლოდ 1,3 მლნ. სსრ კავშირში თითქმის ყოველ გამოგონებას ჰყავდა 5–6 ავტორი, მაშინ როდესაც აშშ-ში ასეთი „კოლექტივები“ თითქმის არ არსებობდა.

შემდგომი დაკვირვებების შედეგად დადგინდა, რომ ყოფილ საბჭოთა კავშირში და მის მოკავშირე რესპუბლიკებში ფაბრიკა-ქარხნები მრეწველობის წამყვან დარგებშიც კი ძირითადად (60–70 %) ამორტიზებული მოწყობილობებით მუშაობდა [9]. მდგომარეობის ერთ-ერთ განმსაზღვრელ

ფაქტორად შეიძლება ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ ჩვენს ქვეყანაში გამოგონების პატენტის მისაღებად ხდება ძალიან მცირე რაოდენობით განაცხადის წარდგენა: მაგალითად, ყოფილ სსრ კავშირში ერთ მილიონ მცხოვრებზე რამდენიმე ათეული განაცხადი რეგისტრირდებოდა, მაშინ როცა ეს მაჩვენებელი საფრანგეთში 220-ს აღწევს, აშშ-ში – დაახლოებით 270-ს, დიდ ბრიტანეთში – 350-ს, გერმანიაში – 535-ს, ხოლო იაპონიაში – 2130-ს. აღსანიშნავია, რომ მთელ მსოფლიოში ყველაზე ნაყოფიერი გამოგონებელი იაშო ნაკამატრუ სწორედ იაპონელია, რომელიც თანამედროვე ეპოქაში ერთ-ერთ ყველაზე ჭკვიან ადამიანად ითვლება: 62 წლის ასაკში (დაიბადა 1927 წელს) მას უკვე მიღებული ჰქონდა 2360 პატენტი, რომელთა ნახევარი პრაქტიკულად დანერგილია. მათ შორისაა პერსონალური კომპიუტერების ძირითადი კვანძები, თხევად კრისტალიზატორებზე დამზადებული საათები და მრავალი სხვა (ძირითადად თანაავტორების გარეშე). უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ იაპონია გამოგონებლებისა და რაციონალიზატორებისათვის ხარჯავს ქვეყნის საერთო შემოსავლის 11 %-ს [10].

უდიდესი ყურადღება ექცევა გამოგონებლებს საზღვარგარეთის სხვა ქვეყნებშიც. მაგალითად, ავსტრალიაში არსებობს მათი დახმარების ფონდი, რომელსაც შეიძლება მიმართოს ყველა გამოგონებელმა. ფონდში მაღალი კვალიფიკაციის მქონე სპეციალისტები აღმოუჩენენ მათ ყველა სახის დახმარებას (ნახაზების შედგენა, განაცხადის გაფორმება და ა.შ.) ყოველგვარი თანაავტორობისა და საზღაურის გარეშე [11].

XX საუკუნის შუა ხანებში აშშ-ში ყურადღება მიაქცევს იმას, რომ გამოგონებაზე განაცხადების რაოდენობა, რომლებიც წარდგენილი იყო წერილი ფირმებისა და ცალკეული (ინდივიდუალური) გამოგონებლების მიერ, შემცირდა მხოლოდ რამდენიმე პროცენტით, რამაც ძალზე აღაშფოთა ქვეყნის მესვეურები და მათი განკარგულებით სასწრაფოდ შეიქმნა სპეციალური კომისია, რომელსაც დაევადა გასცნობოდა არსებულ სიტუაციას და შეემუშავებინა ღონისძიებები აღნიშნული მდგომარეობის გამოსასწორებლად. დადგინდა, რომ ყველაზე მნიშვნელოვანი გამოგონებების თითქმის 85 % შექმნილი იყო ინდივიდუალური გამოგონებლების მიერ. კონგრესმა შეიმუშავა სპეციალური პროგრამა ამ კლასის გამოგონებლების დასახმარებლად. ავტორებს, ვისი გამოგონებაც ყურადღებას იმსახურებდა, შეუფერხებლად ეძლეოდათ 50 ათასი აშშ დოლარი თავიანთი „პირმშოს“ დანერგვის სტადიამდე მისაყვანად, ხოლო 1988 წელს დაფუძნდა სპეციალური სასამართლო, რომლის მიზანი იყო ამ კატეგორიის გამოგონებლების ინტერესების დაცვა. მიღებული ღონისძიებების შედეგად საგრძნობლად გაიზარდა ინდივიდუალური გამოგონებლების პროცენტული რაოდენობა. ძალზე მნიშვნელოვანია ის, რომ აშშ-ში გამოგონებელს პონორარის სახით ეძლევა მიღებული ეფექტის 5-დან 45 %-მდე. ზოგ შემთხვევაში თანხა 100 %-მდეც იზრდება [12,13]. აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ აშშ-ში გამოგონებაზე განაცხადის წარსადგენად განმცხადებელი იხდის 170 დოლარს, ხოლო პატენტის მისაღებად – 200 დოლარს (ამერიკელი მოქალაქეებისათვის, ეს გადასახადი არც თუ ისე დიდია).

სრულიად განსხვავებული მდგომარეობა იყო ყოფილ სსრ კავშირში და მასში შემავალ მოკავშირე რესპუბლიკებში, სადაც ანაზღაურება გამოგონებაზე უკიდურესად მცირე იყო, ამასთან, გამოგონებლების დიდმა უმრავლესობამ რეპრესიებიც კი განიცადა. საკმარისია გავიხსენოთ ვ. ბეჩაური და ვ. მიტკევიჩი, რომლებმაც მსოფლიოში პირველად შექმნეს საბრძოლო იარაღი – რადიონალმი.

ცნობილია, რომ დღევანდელი რუსეთი და ყოფილი რესპუბლიკებისაგან ახლად შექმნილი სახელმწიფოები მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების ღონით დიდად ჩამორჩება დანარჩენი მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებს. მაგალითად, აშშ-ის შრომის ნაყოფიერებას ისინი ჩამორჩებიან დაახლოებით 80 წლით, ათეული წლით – ელექტრომრეწველობაში, ეკოლოგიაში და ა.შ. ყოველივე ეს გარკვეულწილად იმას ასახავს, თუ როგორი დამოკიდებულებაა ქვეყანაში გამოგონებლობასა და გამოგონებლებთან და, განსაკუთრებით, ინდივიდუალურ გამოგონებლებთან მიმართებაში.

სამწუხაროდ, ჩვენი ქვეყნის გამოგონებლობის შესახებ კანონში (განსაკუთრებით ახლად მიღებულში) არ არის გათვალისწინებული სტუდენტების, პენსიონერებისა და დასაქმებული

გამომგონებლების ეკონომიური შესაძლებლობები. მაგალითად, სტუდენტებსა და პენსიონერებს გამოგონებაზე განაცხადის წარდგენა 100-120 ლარი უჯდებათ, კომუნალური გადასახადები სულ ცოტა 20-25 ლარს შეადგენს, წამლებისათვის კი, რომლებსაც პენსიონერები თუნდაც მხოლოდ პროფილაქტიკის მიზნით იყენებენ, საშუალოდ 20-25 ლარია საჭირო. დღეს პენსია მხოლოდ 160 ლარია და გამოგონებაზე განაცხადის წარდგენის შემთხვევაში პენსიონერს იმდენად უმნიშვნელო თანხა რჩება, რომლითაც, რბილად რომ ვთქვათ, ცხოვრება შეუძლებელია.

დიდი კვლევების ჩატარება არ არის საჭირო იმის დასადგენად, თუ რა მდგომარეობაში არიან ჩვენი ქვეყნის სტუდენტები. მათ უმრავლესობას არა აქვს სტიპენდია; განათლებას ისინი ხშირად იმ მშობლების ხარჯზე იღებენ, რომელთა შემოსავალიც საკმარისი შეზღუდულია. ამდენად, სტუდენტებს შემოქმედებითი შრომის მოტივაცია ერთმევა, რაც ყველაზე სავალალოა. საქართველოს დასაქმებული მოსახლეობის ეკონომიურ მდგომარეობაზე კი ყურადღებას აღარ გავამახვილებთ, მათ ყოველ გამოგონებაზე 400 ლარამდე თანხის გადახდა უწევთ, რაც არც ისე იოლია. ამიტომ ისინი ცდილობენ გამოგონებები შექმნან სტუდენტობის პერიოდში, როდესაც შედარებით უფრო შედარებითი თანხის გადახდა უწევთ ან მხოლოდ პენსიაში გასვლის შემდეგ დაუბრუნდნენ შემოქმედებით საგამომგონებლო საქმიანობას. აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ როგორც ამერიკელი სპეციალისტების კვლევებმა აჩვენა, ერთი გამოგონება, თუნდაც განუხორციელებელი, სახელმწიფოს აძლევს იმდენ სარგებელს, რამდენსაც მოუტანდა კეთილსინდისიერად დასაქმებული ოცდაშვიდი მუშაკი [14].

მართალია, თანამედროვე საქართველოში უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების ფართო ქსელია, მაგრამ არსად არ ასწავლიან პატენტმცოდნეობას (მოგეხსენებათ, რომ გამოგონებაზე განაცხადის შესადგენად პატენტმცოდნის დახმარება ან, როგორც მინიმუმ, კონსულტაცია აუცილებელია), მოკლე ხანში პატენტმცოდნის სპეციალობაც აღარ იარსებებს, მით უმეტეს, თუ პროფესიონალ პატენტმცოდნეს საკმარისი მაღალი კვალიფიკაცია სჭირდება. მას მოეთხოვება საუნივერსიტეტო განათლების დიპლომი ერთ რომელიმე ტექნიკურ დარგში მაინც, ასევე კანონების ცოდნა ადვოკატის დონემდე [15].

დასკვნა

შექმნილი მდგომარეობიდან გამომდინარე, ჩვენი აზრით, აუცილებელია:

- სანამ პენსიები და სტიპენდიები არ გაუტოლდება საცხოვრებელ მინიმუმს, პენსიონერები და სტუდენტები საერთოდ განთავისუფლდნენ გადასახადებისაგან;
- სხვა კატეგორიის გამომგონებლებმა გადაიხადონ დღევანდელ სტუდენტებსა და პენსიონერებზე დაკისრებული მოსაკრები;
- უმაღლესი სასწავლებლების ტექნიკურ ფაკულტეტებზე შემოღებულ იქნეს პატენტმცოდნეობის სწავლება (ვფიქრობთ, რომ ამ ღონისძიებებისათვის საჭირო თანხა არც თუ ისე დიდი იქნება).

ზემოაღნიშნული ღონისძიებები საგრძნობლად გაზრდის სტიმულს და, რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია, შემოქმედებითი შრომისა და გამოგონებების განაცხადების რაოდენობას, რაც შესაძლოა, თანდათანობით თვისებრიობაშიც გადაიზრდოს.

ამრიგად, ზემოთქმულიდან გამომდინარე, იმედია ქვეყნის შესაბამისი ორგანოებისა და სტრუქტურების წარმომადგენლები ყურად იღებენ და გადახედავენ დღევანდელ კანონმდებლობას და მიიღებენ ისეთ გადაწყვეტილებას, რომელიც ერთდროულად სასარგებლო იქნება როგორც ქვეყნისათვის, ისე გამომგონებლებისთვისაც.

ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА

1. Бабров Р. Беседы о лесе// Молодая гвардия, изд. 2-е. М.: Эврика, 1982.
2. Рожен А. П. Ученый, инженер и сто веков. М.: Знание, 1975.
3. Разгадай. Кроссворды для всех. № 33, 2013.
4. Мухачев Р. Как рождаются изобретения. М.: Знание, 1977.
5. Мухачев Р. Как рождаются изобретения. М.: Московский рабочий, 1968.
6. Амосов Н. А. Линии компромиссов// Неделя, № 8 (1527), 1989.
7. К. Циолковский. Двигатели прогресса// Изобретатель и рационализатор, №3, 1980.
8. Эрнст Генри. Заметки по истории современности. М.: Наука, 1970.
9. Бовт Г. О пользе отсталости// Аргументы и факты, № 37 (1558), 2010.
10. „Труд“. 23. 05. 1983.
11. „Сельская жизнь“, 16.06.1982.
12. „Изобретатель и рационализатор“, №8, 1981.
13. „Изобретатель и рационализатор“, №6, 1984.
14. Реферат статьи В. И. Белоусова. „Изобретатель и рационализатор“, №8, 1981.
15. Тринг М., Лейтуэйт Э. Как изобретать. М.: Мир, 1980.

INVENTOR – A MOVER OF THE TECHNICAL PROGRESS

C. Papava, V. Kopaleishili, O. Barbakadze, S. Barbakadze, T. Barbakadze

(Georgian Technical University)

Resume: The article is concerned to importance of invention. Even in ancient times there was understood, that the development of arbitrary country depends on the state of it's inventors. Currently a lot of scientists and public figures confirmed those words. Any state should support their inventors. Unfortunately, by the our country legislation inventors have not such support, as application fees are excessive even for ordinary workers and employees, not to mention on pensioners and students.

Key words: invention; patent; single inventor.

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО

ИЗОБРЕТАТЕЛЬ – ДВИГАТЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Папава Ц. А., Копалеишвили В. П., Барбакадзе О. Г., Барбакадзе С. О., Барбакадзе Т.О.

(Грузинский технический университет)

Резюме: Статья посвящена значимости изобретательства. Еще в глубокой древности понимали, что развитие любой страны во многом зависит от положения в ней изобретателей. По мнению ученых и государственных деятелей, любое государство должно поддерживать изобретателей. К сожалению, в законе нашей страны (Грузинская республика) изобретатели лишены такой государственной поддержки, так как пошлина при подаче заявки–непосильное бремя как для рядовых рабочих и служащих, так и для пенсионеров и студентов.

Ключевые слова: изобретатель; патент, изобретатель-одиночка.

აკადემიკოსი ვლადიმერ ჭავჭავანიძე – 95

მ. სალუქვაძე, გ. ლეჟავა, მ. კანდელაკი

(საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ვ. ჭავჭავანიძის სახელობის კიბერნეტიკის ინსტიტუტი)



“მე მჯერა, რომ მეცნიერება ძირითადი მამოძრავებელი ძალაა ადამიანთა საზოგადოებრივ ცხოვრებაში; ყოველგვარი ინოვაცია ბოლოს და ბოლოს მეცნიერულ შედეგებს ეფუძნება. საზოგადოების წინსვლა ეკონომიკური თვალსაზრისით მხოლოდ და მხოლოდ იმ ინფორმაციას ეყრდნობა, რომელსაც ქმნის მეცნიერება და ტექნოლოგიები, მაშინ როდესაც საზოგადოება და სახელმწიფო მათ ეხმარება და ინიციატივას, სიახლეებსა და იდეებს უჭერს მხარს”.

ვლადიმერ ჭავჭავანიძე

გამოჩენილი ქართველი მეცნიერი, ქართული კიბერნეტიკული სკოლის ფუძემდებელი, მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებული მოღვაწე, ღირსების ორდენის კავალერი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული და საინჟინრო აკადემიების ნამდვილი წევრი, ჟურნალ “მეცნიერება და ტექნოლოგიების” მთავარი რედაქტორი (1991 – 2009 წწ.) ვლადიმერ ჭავჭავანიძე ორიგინალური მეცნიერული ხელწერითა და სტილით, დიდი ხალასი ნიჭითა და თვისებებით გამორჩეული პიროვნება, შესანიშნავი მოქალაქე და მართლაც რომ უადრესად კოლორიტული ფიგურა გახლდათ, რომელმაც მსოფლიოს სახელოვან მეცნიერთა ათასეულში ღირსეული ადგილი დაიმკვიდრა.

ვლადიმერ ჭავჭავანიძე დაიბადა ქ. სოხუმში 1920 წელს. მამამისი, ინჟინერი ვალერიან ჭავჭავანიძე 1937 წლის რეპრესიებს შეეწირა. ვ. ჭავჭავანიძემ ბავშვობა დედასთან – ელენე ტუტუშკინა-ჭავჭავანიძესთან, და ორ ძმასთან ერთად თბილისში, ოქროს უბანში უკიდურეს გაჭირვებაში გაატარა. 1936 წელს მან წარჩინებით დაამთავრა საშუალო სკოლა და სწავლა განაგრძო თსუ-ის ფიზიკა-მათემატიკის ფაკულტეტზე. 1941 წელს უნივერსიტეტის დამთავრებისთანავე იგი ჯარში გაიწვიეს და ხანმოკლე მომზადების შემდეგ ფრონტზე აღმოჩნდა... დაიჭრა... როგორც კი გამოჯანმრთელდა, კვლავ ნაწილში დაბრუნდა. გერმანიის კაპიტულაციამ ბუდაპეშტში მოუსწრო. შემდეგ იყო შორეული აღმოსავლეთი, მანჯურია, ხანმოკლე ომი იაპონიასთან და დემობილიზაცია 1945 წლის ბოლოს.

1946 წელს ვ. ჭავჭავანიძე საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტის ასპირანტურაში ჩაირიცხა. იგი აკადემიკოს ი. ტამის ასპირანტი იყო. ასპირანტურა მან 1949 წელს დაამთავრა და მუშაობა დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკის ინსტიტუტში. დამწვები მეცნიერი მუშაკი განსაკუთრებით დაინტერესდა ჩანდრასეკარის მეთოდით და სტატისტიკურ-ალბათური მოდელირებით. ეს მის საკანდიდატო დისერტაციაზეც აისახა; საკანდიდატო დისერტაცია თემაზე „დამუხტული ნაწილაკების მრავალჯერადი გაბნევა და დანაკარგები ნივთიერებაში გავლისას“ 1953 წელს დაიცვა.

ამ პერიოდში იგი გაეცნო ერთ-ერთ პირველ პუბლიკაციას, რომელიც ეხებოდა მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებას ფიზიკური ექსპერიმენტის სიმულირებისათვის. ვ. ჭავჭავანიძემ უმაღლეს შენიშნა ამ მეთოდის დიდი პოტენციალი, რაც გულისხმობდა განსხვავებული ბუნების მქონე მოვლენების

მოდელირების შესაძლებლობას. მან მოკლე დროში გამოაქვეყნა რამდენიმე სერიოზული ნაშრომი და ამ მიმართულების ერთ-ერთი აღიარებული ლიდერი გახდა. მიმართულება კი სწრაფად ვითარდებოდა და მალე გამოყენებითი მათემატიკის მნიშვნელოვან ნაწილად იქცა.

პირველად ვლადიმერ ჭავჭავაძის სახელი ფართო საზოგადოებისთვის ცნობილი გახდა ისეთ საკითხთან დაკავშირებით, რომელიც ერთი შეხედვით, მეცნიერებაზე მეტად ე.წ. “კომუნიზმის დიდ მშენებლობასთან” იყო დაკავშირებული. სტალინგრადის ჰესის მშენებლობის დროს გათვალისწინებული იყო ბეტონის პირამიდების საშუალებით მდ. ვოლგის გადაკეტვა. მაშინ არ არსებობდა არც ასეთი დიდი მდინარის გადაკეტვის გამოცდილება და არც პირამიდების საჭირო რაოდენობის გათვლის მეთოდები. ცნობილმა სპეციალისტებმა თავი აარიდეს პასუხისმგებლობას; პასუხისმგებლობა კი დიდი იყო. თუკი პირამიდების რაოდენობა საკმარისი არ აღმოჩნდებოდა და მდინარე არ გადაიკეტებოდა, მდგომარეობა შეფასდებოდა, როგორც დიდი პოლიტიკური მნიშვნელობის მქონე წარუმატებლობა. გათვლების შესრულება დაავალეს ვლადიმერ ჭავჭავაძეს. მან მონტე-კარლოს სპეციალურად მოდიფიცირებული მეთოდით შეასრულა გათვლები, რომელთა შედეგი საოცრად ზუსტი აღმოჩნდა. პოლიგონზე დარჩა ათასობით ზედმეტი პირამიდა, რომელიც მშენებლობის “თადარიგისა” ხელმძღვანელებმა „ყოველი შემთხვევისათვის“ დაამზადებინეს.

სწორედ მაშინ, როდესაც ვ. ჭავჭავაძეს გარანტირებული ჰქონდა მეცნიერების მნიშვნელოვანი მიმართულების ერთ-ერთი ფუძემდებლის სახელი და შესანიშნავი სამეცნიერო კარიერა, მან კოლეგების გასაკვირად კიდევ ერთხელ და ამჯერად უკანასკნელად შეცვალა გადაწყვეტილება: შედგა მისი პირველი ნაცნობობა ვინერის „კიბერნეტიკასთან“ და გააკეთა არჩევანი, რომლის ერთგული დარჩა სიცოცხლის ბოლომდე. ვინერის იდეები მისთვის არა მარტო გასაგები და მისაღები იყო, არამედ ისინი ყველაზე კარგად შეესაბამებოდნენ მის მიზნებს, მის მეცნიერულ გამოცდილებას, მისი ნატურის მასშტაბებს და შეხედულებებს მეცნიერების როლისა და დანიშნულების შესახებ. ვლადიმერ ჭავჭავაძის დიდმა ავტორიტეტმა და მეცნიერულმა სითამამემ განაპირობა ის, რომ საბჭოთა კავშირში პირველი კიბერნეტიკის ინსტიტუტი გაიხსნა თბილისში 1960 წელს და მის დირექტორადაც დაინიშნა.

ინსტიტუტის დაარსების პირველი დღეებიდანვე ჭავჭავაძეს გაუკვადავი გზით მოუხდა სიარული. კვლევის ობიექტის არასტანდარტულობამ, ასევე კვლევის არატრადიციულობა და არასტანდარტულობა მეთოდებმა და საშუალებებმა ინსტიტუტის სტრუქტურისა და შიგა კავშირების ფორმირებისას თავიდანვე მოითხოვა არასტანდარტული მიდგომები და გადაწყვეტილებები.

კიბერნეტიკის ინსტიტუტი იმთავითვე გამოირჩეოდა მკვეთრად გამოხატული ინდივიდუალობით, რაც მისი ფართოპროფილიანობით გამოიხატებოდა. ეს უპირველეს ყოვლისა განპირობებული იყო ინფორმაციის დამუშავების ახალი, მაღალი ეფექტურობის მქონე მეთოდებისა და მოწყობილობების შექმნის პრობლემისადმი კომპლექსური მიდგომით.

თავის დროზე კიბერნეტიკის ინსტიტუტის შექმნას საზოგადოება ეროვნული მასშტაბის მიღწევად თვლიდა. კიბერნეტიკული იდეები იმდენად საინტერესო აღმოჩნდა, რომ მათ მიიზიდეს ახალგაზრდობის საუკეთესო ნაწილი, რომელსაც შეიძლება იმდროინდელი ინტელექტუალური ელიტა ეწოდოს. მათ შორის იყო რამდენიმე თაობა ახალგაზრდებისა, რომლებმაც სკოლა წარჩინებით დაამთავრეს და უმაღლესი განათლება თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში მიიღეს. ტონის მიმცემად ძირითადად ფიზიკოსები და მათემატიკოსები ითვლებოდნენ; აქ იყვნენ ასევე რუსეთის პრესტიჟული უმაღლესი სასწავლებლების კურსდამთავრებულები, შედარებით ასაკოვანი მეცნიერები, რომლებსაც სოხუმის ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტში გერმანულ სპეციალისტებთან ერთად მუშაობის გამოცდილება ჰქონდათ.

ასე რომ, კიბერნეტიკის ინსტიტუტში თავი მოიყარა ნიჭიერმა და ენთუზიასტმა ახალგაზრდობამ, რომლებიც გამოირჩეოდნენ მეცნიერული სითამამით და ამბიციურობით; ისინი ფლობდნენ მსოფლიოში მიმდინარე კვლევების შესახებ უახლეს ინფორმაციებს; ამასთან, აღსანიშნავია ისიც, რომ იმ პერიოდში შეუზღუდავად ხდებოდა ინსტიტუტის ხელსაწყო-დანადგარებითა და მასალებით უზრუნველყოფა (საბჭოთა ხელისუფლება ცდილობდა არ ჩამორჩენოდა მოწინავე ქვეყნებში დაწყებულ იარაღის ინტელექტუალიზაციის პროცესს და არაფერს იშურებდა კიბერნეტიკის განვითარებისათვის). ყოველივე ამას ემატებოდა ინსტიტუტის დირექტორისა და სამეცნიერო ხელმძღვანელის ვლადიმერ ჭავჭავაძის ინტელექტი, ცოდნა, გამოცდილება და უნიკალური პიროვნება.

ნული თვისებები. ის იყო იდეების ნამდვილი გენერატორი. მისი უშუალო ხელმძღვანელობითა და მონაწილეობით ვითარდებოდა მეცნიერების ისეთი მიმართულებები, როგორიცაა: თეორიული და მათემატიკური კიბერნეტიკა, ხელოვნური ინტელექტის პრობლემები, ფსიქოვერსტიკული დაპროგრამება, სახეთა გამოცნობა, კიბერნეტიკის მეთოდები მედიცინაში, ბიოლოგიაში, ფსიქოლოგიაში, პედაგოგიკურ და ეკონომიკურ მეცნიერებებში, ბიოკიბერნეტიკასა და ბიონიკაში, სამედიცინო კიბერნეტიკაში, ნეიროკიბერნეტიკაში; ასევე ვითარდებოდა ფიზიკისა და ქიმიის ახალი ტექნოლოგიები და მეთოდები, რაც ოპტიკური გამომთვლელი მანქანის შექმნის საფუძველი გახდა.

სულ რაღაც 10–15 წელიწადში კიბერნეტიკის ინსტიტუტი ჩამოყალიბდა მძლავრ სამეცნიერო ცენტრად, თავისი მიმართულების საყოველთაოდ აღიარებულ ფლაგმანად, რომლის შესაძლებლობები აღემატებოდა იმ დროისათვის არსებული ყველა ანალოგიური პროფილის დაწესებულების შესაძლებლობებს. ზემოაღნიშნულის გარდა, მნიშვნელოვანი შედეგები იყო მიღებული ალბათურ-სტატისტიკური მოდელირებისა და პროგნოზირების, ხელოვნური ინტელექტისა და ინფორმაციის დამუშავების ოპტოელექტრონული საშუალებების შექმნის მიმართულებით. განსაკუთრებით თვალსაჩინო იყო გამოყენებითი მიმართულებებით მოპოვებული შედეგები; კერძოდ:

- წლების განმავლობაში ინსტიტუტი აღიარებული ღირსი იყო ოპტიკური ბოჭკოს ფიზიკისა და ტექნოლოგიის სფეროში. თავის დროზე სენსაცია გამოიწვია გასაჯაროებულმა კინოკადრებმა, რომლებზეც ადამიანის მფეთქავი გული ინსტიტუტის სპეციალისტების მიერ შიგნიდან, ყოველგვარი ქირურგიული კვეთის გარეშე იყო გადაღებული. ვ. ჭავჭავაძის ყველა ცდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტთან შეექმნა ოპტიკური ბოჭკოს საცდელი წარმოება, გადაულახავ წინააღმდეგობას წააწყდა. დღეს მსოფლიოში ოპტიკური ბოჭკო ფართოდ გამოიყენება ინფორმაციულ ტექნოლოგიებსა და სხვადასხვა ენდოსკოპსა და ინტროსკოპში; შექმნილია შესაბამისი მაღალშემოსავლიანი ინდუსტრია, თუმცა კიბერნეტიკის ინსტიტუტში ეს მიმართულება დღეს პრაქტიკულად აღარ არსებობს;
- საკმაოდ დიდ წარმატებებს მიაღწია კიბერნეტიკის ინსტიტუტმა პოლოგრაფიის დარგში. მაგალითად, პოლარიზაციულ პოლოგრაფიაში გაკეთდა ცნობილი აღმოჩენა, რომელსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს თანამედროვე და მომავლის ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებისათვის. ამ მიმართულებით ინსტიტუტი დიდი ძალისხმევით ინარჩუნებს გარკვეულ პოზიციებს, თუმცა მავანი ცდილობენ შენობიდან ლაბორატორიის გასახლებას, რაც პრაქტიკულად მის განადგურებას ნიშნავს;
- მეტ-ნაკლებად მყარად ინარჩუნებს მოწინავე პოზიციებს თხევადი კრისტალების ლაბორატორია, რაც ძირითადად შესაბამის უცხოურ (გერმანულ და იტალიურ) ცენტრებთან თანამშრომლობით არის განპირობებული;
- ბიოლოგიური კიბერნეტიკის მიმართულებით განხორციელებული კვლევებიდან აღსანიშნავია დელფინებისა და ღამურების ექოლოკაციური სისტემების კვლევა და ამ კვლევების საფუძველზე მაღალი ეფექტურობის მქონე სისტემების შექმნა. მართალია, ამ მიმართულებამ დაკარგა მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა (დელფინარიუმი), მაგრამ ადრე ჩატარებული ფუნდამენტური კვლევების საფუძველზე პენტაგონის შესაბამისი სამსახურების დაკვეთით გრძელდება მუშაობა;
- ვ. ჭავჭავაძემ განსაკუთრებით ზრუნავდა რობოტტექნიკის განვითარებაზე. ბევრს, ალბათ, ახსოვს ინსტიტუტის ხარკი პოლიტიკური კონიუნქტურისათვის: ტრაქტორი-რობოტი, რომელიც აღჭურვილი იყო ტექნიკური მხედველობის სისტემით, უტრაქტორისტოდ ავლენდა იდეალურ ხნულებს; თუმცა ცოტამ თუ იცის, რომ რობოტტექნიკის განყოფილებაში შექმნილი ათი უნიკალური სპექტროფოტომეტრი – „ფოტოზავრი“ გაშვებული იყო კოსმოსში და წარმატებითაც მუშაობდა.

მთელი რიგი გამოყენებითი სამუშაოებია შესრულებული სხვადასხვა სამეურნეო, თავდაცვითი და კოსმოსის კვლევასთან დაკავშირებული უწყების დაკვეთით, რომელთაგან ბევრს ჯერაც არ დაუკარგავს მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულება.

ვ. ჭავჭავაძის მიერ შექმნილი კიბერნეტიკული სკოლის გავლენა მარტო საქართველოში არ შემოიფარგლებოდა. აქ სისტემატურად ტარდებოდა საკავშირო სიმპოზიუმები. 1961 წლიდან 1981 წლამდე ჩატარდა ცხრა ასეთი სიმპოზიუმი, რომლებზეც განიხილებოდა კიბერნეტიკული კვლევების

პრაქტიკულად მთელი თემატიკა. ქართული კიბერნეტიკული სკოლის ავტორიტეტზე მეტყველებს ის ფაქტიც, რომ 1975 წელს თბილისში ჩატარდა ხელოვნური ინტელექტისადმი მიძღვნილი IV საერთაშორისო კონფერენცია, რომელშიც მონაწილეობდნენ მსოფლიოს წამყვანი კიბერნეტიკოსები. გადაჭარბებული არ იქნება, თუ ვიტყვით, რომ კიბერნეტიკის ინსტიტუტმა უდიდესი როლი შეასრულა არა მარტო კიბერნეტიკის განვითარების საქმეში, არამედ კადრების მომზადებისა და მათი საერთო დონის ამაღლების საქმეშიც; კიბერნეტიკის ინსტიტუტის დამსახურებაა ისიც, რომ საქართველოს სამეცნიერო საზოგადოება „ინფორმაციის ერას“ მომზადებული შეხვდა.

ნებისმიერი დიდი და წარმატებული საქმე, ჩვეულებრივ, წარმოშობს კრიტიკოსებს, უკმაყოფილოებს და, უბრალოდ, მოშურნეებს. ასეთი პიროვნებები გაჩნდნენ როგორც თავად კიბერნეტიკის ინსტიტუტში, ასევე მეცნიერებათა აკადემიაში და ადგილობრივ მთავრობაშიც. ისინი ავრცელებდნენ სხვადასხვა ჭორს და აუბრალოებდნენ ინსტიტუტის მიღწევებს. გარკვეულ დრომდე მათი აქტიურობა პრაქტიკულად ვერავითარ გავლენას ვერ ახდენდა ინსტიტუტის ცხოვრებაზე. თუმცა...

გასული საუკუნის 70-იანი წლების ბოლოს სრულიად ნათელი გახდა საბჭოთა კავშირის კრიზისი და რეფორმების გატარების აუცილებლობა. განიხილებოდა „განახლებული კავშირის“ შენარჩუნების უტოპიური გეგმები, რომელთა თანახმად რესპუბლიკებში არსებული ე.წ. „სტრატეგიული მნიშვნელობის ობიექტები“ უნდა გადასულიყო საკავშირო დაქვემდებარებაში. სამწუხაროდ, ასეთი ობიექტების სიაში აღმოჩნდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტიც. ვ. ჭავჭავაძეს შესთავაზეს ინსტიტუტის საკავშირო დაქვემდებარებაში გადაყვანის რამდენიმე ვარიანტი (მათ შორის ისეთიც, რომლის მიხედვითაც „პირადად დირექტორი არაფერ შუაში არ იქნებოდა“), მაგრამ მისგან სასტიკი უარი მიიღეს.

ვ. ჭავჭავაძეს კიბერნეტიკის ინსტიტუტი გააზრებული ჰქონდა, როგორც ინტელექტუალური ცენტრი, რომელსაც მნიშვნელოვანი გავლენა უნდა მოეხდინა ქვეყნის ეკონომიკურ და სამხედრო ძლიერებაზე, მოსალოდნელ გარდამავალ პერიოდში სხვადასხვა სტრუქტურის ფორმირებაზე. საკავშირო დაქვემდებარებაში გადასვლა კი მნიშვნელოვან საფრთხეს შეუქმნიდა ამ გეგმებს.

შემდეგ ტაქტიკა შეიცვალა. ინსტიტუტს ჩამოაშორეს და საკავშირო ორგანიზაციების ფილიალების სახით გააფორმეს წამყვანი ქვედანაყოფები, რომელთაგან ერთი („Волна“) მუშაობდა ატომურ წყალქვეშა ნავებს შორის კავშირის პრობლემაზე, ხოლო მეორე („Плут“) – ფრთოსანი რაკეტების მიერ სამიზნეების პოვნის ინტელექტუალურ სისტემაზე.

დაუმორჩილებლობა ვლადიმერ ჭავჭავაძეს არ აპატიეს. ინსტიტუტში შემოვიდა ფინანსური რევიზია, „აღმოაჩინეს“ ხელფასის ფონდის არარსებული გადახარჯვა (ამ დროს მარტო სახელმწიფო სამუშაოების შესრულებით ინსტიტუტი ყოველწლიურად მრავალმილიონიან შემოსავალს იღებდა) და ინსტიტუტის დირექტორის თანამდებობიდან გადააყენეს... (1981–1985 წლებში იგი ასრულებდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტის დირექტორის მოადგილის მოვალეობას სამეცნიერო დარგში).

ამ პერიოდიდან კიბერნეტიკის ინსტიტუტში დაიწყო „დიდი დეკადანსი“ – სისტემის რღვევა. დღის წესრიგში დადგა არასტანდარტული ინსტიტუტის „ნორმალურ“ ჩარჩოებში მოქცევის საკითხი, თანაც ისე, რომ ამ მიმართულებით ინიცირებულ და განხორციელებულ ღონისძიებებს მაქსიმალურად რესპექტაბელური სახე ჰქონოდა.

1981 წელს სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის გადაწყვეტილებით საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიისათვის „დახმარების“ აღმოსაჩენად (sic!), კერძოდ, კიბერნეტიკის ინსტიტუტის კვლევების მიმართულებების და სტრუქტურის დაზუსტების მიზნით თბილისში მოავლინეს წარმომადგენლობითი კომისია. კომისიაში ავტორიტეტულ მეცნიერებთან ერთად შედიოდნენ სხვადასხვა რანგის ჩინოვნიკები და ფუნქციონერები.

რა იყო კომისიის ჭეშმარიტი დანიშნულება და რას გულისხმობდა „დახმარების“ არსი, საიდუმლოს არავისთვის წარმოადგენდა.

ცხადია, კომისიის დასკვნა არ იყო ბოლომდე ობიექტური და სრულად არ ასახავდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტის მიღწევებს. მაგალითად, მასში არაფერი იყო ნათქვამი დელფინების ექოლოკაციური სისტემების კვლევისა და ამ კვლევების საფუძველზე შექმნილი მაღალი ეფექტურობის მქონე ტექნიკური სისტემების შესახებ (როგორც უკვე აღვნიშნეთ ამ სამუშაოთი დაინტერესებული იყო პენტაგონი და თავადვე აფინანსებდა მას); არ იყო ნახსენები აგრეთვე წარმატებული კვლევების

შესახებ რობოტიკის და გამოყენებითი კიბერნეტიკული სისტემების მიმართულებაზე (მაგალითად, გახმაურებული ტრაქტორი-რობოტის შესახებ, რომელიც აღჭურვილი იყო ტექნიკური მხედველობის სისტემით, უტრაქტორისტოდ მუშაობდა და იდეალურ ხნულებს ავლებდა); ასევე ინსტიტუტში შექმნილი კოსმოსის კვლევისათვის განკუთვნილი უნიკალური სპექტროფოტომეტრების შესახებ.

მიუხედავად კომისიის მიზნებისა და წინასწარი განწყობისა, მის მიერ შედგენილი დასკვნის მიხედვით შეიძლებოდა მსჯელობა იმის შესახებ, თუ რა მასშტაბებისა და რა დონის სამეცნიერო ცენტრს წარმოადგენდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტი მისი ნგრევის დაწყების წინ.

1985 წელს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდიუმის გადაწყვეტილებით მართვის სისტემების ინსტიტუტში ვ. ჭავჭავაძის ხელმძღვანელობით სამუშაოდ გადავიდა კიბერნეტიკის ინსტიტუტის მეცნიერთა ჯგუფი 27 კაცის შემადგენლობით, სადაც აკადემიკოს ვ. ჭავჭავაძის ინიციატივით შეიქმნა მანქანური ინტელექტის პრობლემების განყოფილება, რომელსაც თავად ხელმძღვანელობდა გარდაცვალებამდე (2009 წ.)^{*}.

მანქანური ინტელექტის პრობლემების განყოფილებაში ფართოდ გაიშალა მუშაობა გამომთვლელ მანქანაში ცოდნის წარმოდგენისა და აქტივიზაციის პრობლემებზე. მიმდინარეობდა სამუშაოები შემდეგი მიმართულებებით: ინფორმატიკა, მანქანური ცოდნის პრობლემები, მანქანური ინტელექტი, ექსპერტულ სისტემათა შექმნა, ინტელექტუალურ სისტემათა თეორიის შექმნა, კიბერნეტიკული მოდელირება და იმიტაცია. სივრცულ-დროითი იმიტაციური მოდელირებისა და კონცეპტუალური მიდგომის მეთოდის გამოყენებით დამუშავდა კოლხეთის დაბლობის დაშრობისა და ათვისების დაპროექტების საკითხები; განვითარდა ნეირონული ქსელების და ნეირორობოტების თეორია სხვადასხვა განუსაზღვრელი გარემოს პირობებისათვის; დამუშავდა ალბათურ-სივრცულ-დროითი პროცესების სინთეზის ნეიროკონცეპტუალური მეთოდები, პროგრამულად ორიენტირებული ცოდნის წარმოდგენა ინტელექტუალურ სისტემებში და საგნობრივი არეებისათვის ცოდნის ამოკრეფის და დამოუკიდებლობათა დადგენის ალბათური მეთოდები და სხვ.

ზემოაღნიშნულმა პროცესებმა კიბერნეტიკის ინსტიტუტს თავისი დიდი დასვა – სისტემის ნგრევა დაიწყო ხელმძღვანელობაში არასათანადო პირების მოსვლით: ჯერ მოიშალა მართვა, ადარ იყო საერთო მიზნები და სამუშაოების შესაბამისი კოორდინაცია; ინსტიტუტს თანდათან ტოვებდნენ გამოცდილი კადრები; ახალგაზრდებისათვის ადარ იყო მიმზიდველი გარკვეულ ჩარჩოებში მოქცეულ ინსტიტუტში სიმბოლურ ხელფასზე მუშაობა. შემდეგ დაიწყო 90-იანი წლების კოშმარი და მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის განუკითხავი ძარცვა.

ინსტიტუტთან შეუთანხმებლად და დანაშაულებრივად განხორციელდა პრივატიზაცია, რის შედეგადაც ინსტიტუტმა დაკარგა უნიკალური საცდელ-საწარმოო ბაზა. აღსანიშნავია, რომ ბაზა წარმოადგენდა სპეციალურ შენობას. მასში განთავსებული იყო საკონსტრუქტორო ბიურო; საამქრო, რომელიც შეიცავდა 60-ზე მეტ ლითონდამუშავებელ ჩარხს; მინის (ლინზებისა და პრიზმების დამამზადებელ) საამქროს; თხევადი აზოტის, უანგბადისა და ჰელიუმის მწარმოებელ მაღალი მწარმოებლურობის საამქროს, მინასაბერს და სასაწყობო სათავსებს მასალების სოლიდური მარაგით); გაიყიდა სატრანსპორტო საშუალებები თავისი ბოქსებითა და სარემონტო სახელოსნოთი; მთავარი კორპუსის ტექნიკური ბლოკი, რომელშიც მოთავსებული იყო ლაბორატორიების ელექტროკვების ძალური ტრანსფორმატორები, შენობის გათბობის კალორიფერები, წყლით მომარაგების რეზერვუარები და ტუმბოები და სააქტო დარბაზი; თანამშრომლების ინტერესების სრული იგნორირებით გაიყიდა აგრეთვე ინსტიტუტის დასასვენებელი კოტეჯები დაბა სიონში. ყველაზე მთავარი კი ის იყო, რომ ინსტიტუტის შენობაში შემოსახლეს დევნილები. შემოსახლება ჩატარდა მოულოდნელად, მოუშვადებლად, მეტისმეტად უხეში ფორმით. ლაბორატორიებიდან ვერ მოესწრო ყველა ხელსაწყო-დანადგარისა და დოკუმენტის გატანა. დევნილებს შორის მყოფი რამდენიმე ბოროტმოქმედი ჯარში ჩაბარების მიზნით ამტვრევდა, შლიდა და იპარავდა ყველაფერს, რაც შეიცავდა სპილენძსა და ალუმინს, ძვირფასი ლითონების შემცველ ელექტრონულ

^{*} ვ. ჭავჭავაძე გარდაიცვალა 2009 წელს 89 წლის ასაკში. დაკრძალულია საბურთალოს საზოგადო მოღვაწეთა პანთეონში. აკადემიკოს მ. სალუქვაძის წინადადებით და ინსტიტუტის თანამშრომელთა ძალისხმევით 2010 წელს კიბერნეტიკის ინსტიტუტს ვლადიმერ ჭავჭავაძის სახელი მიენიჭა.

კომპონენტებს; მოიპარეს და გაზიდეს ავეჯი; რამდენჯერმე დაარბიეს ბიბლიოთეკა. პოლიცია მოქმედებდა აბსოლუტურად არაეფექტურად, იგი მხოლოდ ფაქტებს აფიქსირებდა.

მიუხედავად ყველა ამ განსაცდელისა, ვლადიმერ ჭავჭავაძის მიერ შექმნილი ინსტიტუტი ასე თუ ისე გადარჩა! იგი დღესაც არსებობს და ფუნქციონირებს; მაგრამ თანამშრომლების საშუალო ასაკი კრიტიკულს მიუახლოვდა. ასეთ სიტუაციაში, როდესაც ხელფასი საარსებო მინიმუმზე ნაკლებია და მომავლის არავითარი რეალური პერსპექტივა არ ჩანს, ახალგაზრდობა ინსტიტუტში არ მოდის.

როცა ინსტიტუტი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს დაუქვემდებარეს, გაჩნდა იმედი იმისა, რომ ინსტიტუტს შემოუერთდებოდნენ პრაქტიკანტი სტუდენტები, დოქტორანტები და სამეცნიერო ცხოვრებას ახალ სისხლს შემატებდნენ; მაგრამ მსგავსი არაფერი მომხდარა. პირიქით, ინსტიტუტმა დაკარგა იურიდიული პირის სტატუსი, რამაც დამატებითი სიძნელეები წარმოშვა. კიდევ რამდენიმე წელი და, თუ ასე გაგრძელდა, კიბერნეტიკის ინსტიტუტი, ალბათ, არსებობას შეწყვეტს, ხოლო იმის პერსპექტივა, რომ უახლოეს ათწლეულებში საქართველოში რაიმე მსგავსი ხელმეორედ აღმოცენდება, პრაქტიკულად ნულის ტოლია.

სამწუხაროა, მაგრამ ...

ავტორთა საყურადღებოდ

ქართულენოვანი მრავალდარგოვანი სამეცნიერო-რეფერირებადი ჟურნალი “მეცნიერება და ტექნოლოგიები” პერიოდული გამოცემაა; გამოდის კვარტალურად (წელიწადში ოთხჯერ).

1. ავტორის/ავტორების (რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 5-ს) მიერ სტატია წარმოდგენილი უნდა იყოს მთავარი რედაქტორის სახელზე ქართულ ენაზე და თან უნდა ახლდეს:

- აკადემიის წევრის, წევრ-კორესპონდენტის ან კოლეგიის წევრის წარდგინება ან დარგის სპეციალისტების რეცენზიები (ორი მაინც);
- რეზიუმე ქართულ, ინგლისურ და რუსულ ენებზე;
- ცნობები ავტორის/ავტორების შესახებ (რომელთა მიხედვით ივსება ავტორის ბარათი):

ავტორის/ავტორების გვარი, სახელი, მამის სახელი, დაბადების წელი, საცხოვრებელი ბინის და სამსახურის მისამართები, ელ. ფოსტა, საკონტაქტო ტელეფონები (ბინის, სამსახურის, მობილური).

2. სტატია ამობეჭდილი უნდა იყოს A4 ფორმატის თეთრ ქაღალდზე 1,5 ინტერვალთ, მინდვრების ზომა – 2-2 სმ; სტატიის მოცულობა ფორმულების, ცხრილებისა და ნახაზების (ფოტოსურათების) 10-12 ნაბეჭდი გვერდი, ქართული ტექსტისათვის გამოყენებული უნდა იყოს Acadnuxx შრიფტი, ინგლისური და რუსული ტექსტისათვის – Times New Roman, ზომა – 12;

3. სტატია გაფორმებული უნდა იყოს შემდეგნაირად:

- რუბრიკა (მეცნიერების დარგი);
- სტატიის სათაური;
- ავტორის/ავტორების სახელი და გვარი (სრულად);
- სად დამუშავდა სტატია;
- ქართული რეზიუმე და საკვანძო სიტყვები უნდა იყოს სტატიის დასაწყისში, ინგლისური და რუსული რეზიუმეები საკვანძო სიტყვებიანად – სტატიის ბოლოში;
- დამოწმებული ლიტერატურის სია, რომელიც უნდა დალაგდეს ტექსტში ციტირების თანმიმდევრობის მიხედვით, სტატიას უნდა დაერთოს ბოლოში (ლიტერატურა ტექსტში აღნიშნული უნდა იყოს ციფრებით კვადრატულ ფრჩხილებში);
- ნახაზები (ფოტოსურათები) და ცხრილები თავის წარწერებიანად უნდა განთავსდეს ტექსტში. მათი კომპიუტერული ვარიანტი უნდა შესრულდეს Tif ფორმატში (გარჩევადობა – 150 dpi);
- რედაქტირებული და კორექტირებული მასალის გამოქვეყნებაზე თანხმობა ავტორმა უნდა დაადასტუროს ხელმოწერით (რედაქტირებული ვერსია ან სარედაქციო კოლეგიის მიერ დაწუნებული სტატია ავტორს არ უბრუნდება);

დამატებითი ცნობებისათვის მიმართეთ მისამართზე: 0108 თბილისი, რუსთაველის გამზირი 52, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია. IV სართული, ოთახი 434, ტელ.: 299-58-27.

რედაქტორები: ლ. გიორგობიანი, ე. იოსებიძე, დ. ქურიძე, მ. პრეობრაჟენსკაია
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ქ. ფხაკაძე

გადაეცა წარმოებას 06.11.2015. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 04.02.2016. ქალაქის ზომა
60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 7.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent