



NORWEGIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL SCIENCE

№4/2017

VOL.1

Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

James Smith (University of Birmingham, UK)

Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)

Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)

Sander Svein (University of Tromsø, Norway)

Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)

Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)

Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)

Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)

Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)

Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)

Sander Langfjord (University Hospital, Norway)

Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)

Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)

Sofie Olsen (BioFokus, Norway)

Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)

Lutz Jancke (University of Zurich, Switzerland)

Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)

Chan Jiang (Peking University, China)

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>

CONTENT

BIOLOGICAL SCIENCES

Chaus B., Afanasyeva A.
INVERTEBRATE ANIMALS OF RESERVOIRS
OF SOUTH URAL IN THE PERMIAN
PERIOD 4

Podurets O.
COAL MINING WASTE DUMPS, AS OBJECT
OF STUDYING THE SOIL-FORMING
POSTTECHNOGENIC PHYTOCENOTIC AND
PROCESSES.....8

Ulyanenko L., Synzynys B., Amosova N.
RELATIONSHIP BETWEEN BARLEY
RESPONSE TO ALUMINUM IONS AND
RESISTANCE TO *HELMINTHOSPORUM*
SATIVUM.....12

CHEMICAL SCIENCES

Gadzhiev S.
INFLUENCE OF HIGH-VOLTAGE PULSED
DISCHARGES ON CONDUCTIVITY AND THE
PROCESS OF ELECTROLYSIS OF CRYOLITE-
ALUMINUM MELT 18

Omelchenko J., Demidov I., Levchuk I.
USE OF THE ALCOHOLISE REACTION FOR
RECOVERY OF WASTE WINTERIZATION OF
SUNFLOWER OIL.....22

MATHEMATICAL SCIENCES

*Inovenkov I., Andreev A., Kussainov D.,
Filippychev D., Nefedov V.V.*
MATHEMATICAL MODELING OF
POPULATION DYNAMICS INSIDE THE
URBAN ENVIRONMENT 27

MEDICAL SCIENCES

*Chebotarova A., Hliebov O., Chebotarov I.,
Hliebova T., Chmelevskaya I.*
CORRECTION OF INTENSITIVITY OF
APOPTOSIS PROCESSES BY INTRODUCTION
OF ALLOGENE MESENCHIMAL STEM CELLS
IN EXPERIMENTAL ACUTE RENAL FAILURE.....

Annikov Y., Krom I., Yerugina M.
A MODERN INTERPRETATION OF THE
REHABILITATION OF PATIENTS WITH
NEUROTRAUMA.....42

Klimkovich N., Krasko O.
MULTISTATE MODEL FOR PREDICTING
SURVIVAL AND TRANSFORMATION IN
YOUNG AND MIDDLE-AGED PATIENTS
WITH MYELODYSPLASTIC
SYNDROME 45

Savvina V., Varfolomeev A., Nikolaev V.
SURGICAL TACTICS WITH FUNNEL-LIKE
DEFORMITY OF THE CHEST IN
CHILDREN.....53

Fleicher G.
IMPROVING THE PROVISION OF
ORTHOPEDIC DENTAL CARE LIPETSK
REGION 56

*Sukhee Z., Khishigjargal S., Molor-Erdene P.,
Sarantsetseg B., Uuganbayar B.,
Dashinamhzilov Zh., Tsydendambaev P.*
THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF
ADAPTOGENIC RECEIPT «LIDER-5» ON THE
EXPERIMENTAL ARTHRITIS 62

PHYSICAL SCIENCES

Gladyshev G.
ON CHANGES IN CHEMICAL STABILITY OF
COMPONENTS IN CHEMICAL AND
BIOLOGICAL EVOLUTION 66

TECHNICAL SCIENCES

Avrorov V., Avrorov G.

HIGH-SPEED THE DISPERSION CONTINUOUS
FOODS AND OTHERS SURROUNDINGS OF
SPATIAL LIMIT MICRO AND
NANOSTRUCTURE.....70

Protsedilo S., Filippova N.

ANALYSIS OF MEASURES TO IMPROVE THE
COMPETITIVENESS OF RUSSIAN ROAD
HAULIERS IN INTERNATIONAL
TRAFFIC 74

Skryabin V., Kramcheninov I.

EFFICIENCY OF TREATMENT OF FIGURINE
DETAILS TURBO-COMPRESSORS OF
DIESELS.....76

***Krapivskiy E., Sokolov T., Volkova A., Lee D.,
Ryzhkova E.***

SUBSTANTIATION OF EXPEDIENCY AND
THE POSSIBILITY OF TRANSPORTING
COMPRESSED NATURAL GAS BY GAS
VESSELS ACROSS THE SEA OF JAPAN FROM
RUSSIA TO SOUTH KOREA IN JAPAN.....83

Krapivskiy E., Sokolov T., Kapachinskikh Z.

SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTION A
DEEPWATER GAS PIPELINE FROM
VLADIVOSTOK TO JAPAN ON THE SEA OF
JAPAN 89

VETERINARY SCIENCES

***Droshnev A., Zavyalova E., Bulina K.,
Gulyukin M.***

EXPERIENCE OF VACCINATION OF
SALMONID FISHES AGAINST VIBRIOSIS
WHILE INDUSTRIAL BREEDING IN
RUSSIA 93

***Suleimanov I., Dmitrieva O., Shutenkov A.,
Okatiev E.***

ARCHITECTONICS OF THE STRUCTURAL
ELEMENTS OF THE VISUAL ANALYZER OF
EMBRYOS OF HENS IN
ONTOGENESIS.....96

BIOLOGICAL SCIENCES

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО УРАЛА В ПЕРМСКИЙ ПЕРИОД

Чаус Б.Ю.

*кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии естественнонаучного факультета
Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета, Республика
Башкортостан, Россия*

Афанасьева А.Н.

*магистрант кафедры биологии естественнонаучного факультета Стерлитамакского филиала
Башкирского государственного университета, Республика Башкортостан, Россия*

INVERTEBRATE ANIMALS OF RESERVOIRS OF SOUTH URAL IN THE PERMIAN PERIOD

Chaus B.

*candidate of Biology, associate professor of biology of natural scientific faculty of the Sterlitamak branch
of the Bashkir state university, Republic of Bashkortostan, Russia*

Afanasyeva A.

*undergraduate of department of biology of natural scientific faculty of the Sterlitamak branch of the Bashkir
state university, Republic of Bashkortostan, Russia*

Аннотация

В статье приводится характеристика состояния водоемов Южного Урала в Пермский период и распределение брахиопод по ярусам того времени.

Abstract

In article the characteristic of a condition of reservoirs of South Ural is provided to the Permian Period and distribution of brachiopods on tiers of that time.

Ключевые слова: Южный Урал, Пермский период, брахиоподы, сакмарский ярус, ассельский ярус.

Keywords: South Ural, Permian Period, brachiopods, Sakmara tier, asselsky tier.

Пермская система была выделена в 1841 г. известным шотландским геологом Р. Мурчисоном в Западном Приуралье и свое название получила от Пермской губернии. Ранее отложения этой системы, широко распространенные и содержавшие залежи солей и медных руд в европейской части России, были известны под разными названиями. Еще в 1831 г. Д. И. Соколов доказал синхронность этих отложений толщам красного песчаника Германии, а в 1839 г. даже выделил их в самостоятельную систему. В 1841 г. русский геолог Г. П. Гельмерсен отразил распространение пермских отложений на геологической карте европейской части России. В России пермская система подразделяется на два отдела. Выделенные в Волго-Уральской области ярусы, представленные в морских (нижний отдел) или солоноватоводных (верхний отдел) фациях, признаются многими исследователями и за рубежом. Однако в связи с изолированностью пермских бассейнов, благодаря чему наблюдается сильное различие в составе органического мира, в Северной Америке и долгое время в Западной Европе были приняты иные стратиграфические подразделения пермской системы, особенно ее верхнего отдела. По этой же причине была разработана самостоятельная шкала для открыто-морских отложений юга бывшего СССР (Памир, Кавказ), в которой пермская система делится на три отдела: 1) яикский (нижний), отвечающий приблизительно ассельскому и ар-

тинскому ярусам Приуралья; 2) кушанский (средний), соответствующий приблизительно кунгурскому и уфимскому ярусам, и 3) арианский (верхний), отвечающий казанскому и татарскому ярусам.

Пермский период начался 286 млн. лет (по французской шкале — 295) и закончился 248 (по французской шкале — 245) млн. лет назад и, следовательно, его продолжительность составляла 38 или 50 млн. лет.

Ассельский ярус был выделен русским палеомалакологом и геологом, доктором биологических наук, Лауреатом Ленинской премии (1967) В. Е. Руженцевым в 1954 г. Ранее эти отложения именовались швагериновым горизонтом. Стратотип расположен по р. Ассель на Южном Урале. Развитые здесь карбонатно-терригенные отложения содержат богатый комплекс фузулинид. Сакмарский ярус выделен В. Е. Руженцевым в 1936 г. и назван по р. Сакмаре, притоку р. Урал, где располагается стратотип. Здесь развиты известняки, в которых присутствует богатый комплекс фузулинид и аммоноидей.

Артинский ярус выделен русским геологом, академиком, с мая 1917 года и до конца жизни первый выборный президент Российской академии наук А. П. Карпинским в 1874 г. Назван по Артинскому заводу на Урале. В стратотипическом разрезе представлены пески со своеобразным комплексом аммоноидей.

Название «кунгурский ярус» было предложено в 1890 г. русским геологом и палеонтологом, действительным статским советником А. А. Штукенбергом (по имени Кунгурского уезда, где расположен его стратотип). Здесь развиты известняки, доломиты, доломитизированные известняки и соли. В карбонатных породах очень много брахиопод (продуктиды), но мало двустворчатых моллюсков и фузулинид.

Название «уфимский ярус» было предложено в 1915 г. А. В. Нечаевым для совокупности отложений континентального происхождения, располагающихся между фаунистически охарактеризованными кунгурскими и казанскими отложениями.

Казанский ярус так же был выделен русским геологом и палеонтологом А. В. Нечаевым в 1915 г. В стратотипическом разрезе вблизи г. Казани присутствуют пески и глины, в которых обнаружены мелкие формы фораминифер, скудные остатки кораллов и брахиоподы. Татарский ярус был назван в 1887 г. Выдающимся русским геологом и географом, старшим геологом Геологического комитета со дня его основания, председателем Гидрологического комитета, членом-корреспондентом Академии наук, членом Петербургского минералогического общества С. Н. Никитиным. Отложения представлены мергелями и другими пресноводными осадками, в которых сохранились флора и остатки позвоночных.

В пермском периоде органический мир приобрел своеобразные черты, хотя в самом начале периода он был во многом сходен с каменноугольным. В течение пермского периода существенно изменялся характер наземной растительности. Хотя в первой половине периода она еще имела много общего с карбоновой, но уже в начале поздней перми в связи с изменением ландшафтно-климатических условий она стала приобретать совершенно иные черты. В пермских морях продолжали существовать те же группы беспозвоночных, что и в карбоне.

Стерлитамакские шиханы — изолированные возвышенности на территории Башкирского Предуралья, состоящие из четырех одиночных гор (Юрактау, Куштау, Шахтау, Тратау). Образуют узкую цепочку, вытянутую вдоль р. Белой на 20 км в меридиональном направлении. По тектонике шиханы приурочены к западной зоне положительной структуры артинских слоёв. Они являются выведенными на земную поверхность нижнепермскими (поздний палеозой) рифовыми массивами, сложенными в основном рифогенными известняками и состоящими из конгломерата окаменелостей различных представителей органического мира того периода — коралл, губок, мшанок, брахиопод, фораминифер, иглокожих, водорослей и т. д. Шиханы — уникальные геологические и геоморфологические памятники природы [1, с. 407-409].

Во все времена шиханы отличались особым великолепием панорамы. Подобная эстетика не оставляла равнодушными ни местных жителей, ни путешественников. Геологи и палеонтологи были

первыми специалистами, оценившими своеобразие шиханов.

Первые сведения об уникальных горах относятся к XVIII в. В 1769 г. И. И. Лепёхин первым увидел и описал шиханы. Детальное исследование гор началось только в XIX в. В 1841 г. шихан Шах-Тау изучили Р. Мурчисон и Е. Веонейль, которые составили профиль горы. По их представлениям шихан являлся брахиантиклинальной складкой, осложнённой разломами. Первым изданием, содержащим конкретные сведения о шиханах, явился труд Ф. Вангейма, опубликованный в 1842 г. Первая геологическая карта шиханов относится к 1853 г. Впоследствии палеонтологические исследования на шиханах проводили В. Миллер, С. Куторга, Х. Г. Пандер и т. д., наиболее полно характеристика брахиопод Шах-Тау дана в работах Н. П. Герасимова и Ф. Н. Чернышева [2, с. 67–69].

Сегодня изучение шиханов не менее актуально. Исследования проводятся в основном самими предприятиями-разработчиками гор, а также региональными научными центрами и научно-исследовательскими отделами ВУЗов республики. Проблемы экологической безопасности и природопользования шиханов рассматривают в своих трудах Е. А. Сафаргалеева, А. А. Шатов (ОАО «Сода», г. Стерлитамак) [3, с. 216 – 221].

Массив Шах-Тау образован породами ассельского и сакмарского ярусов и лишь по окраинам его имеются незначительные участки пород артинского яруса. Выделение горизонтов в пределах яруса проводится только по фузулинидам [4, с. 46-59].

И.К. Королук (1985)[5, 110 с.] выделяет в ассельском ярусе:

- *фацию шамовелловых зарослей*, слагающих шамовелловыми известняками при крайне ограниченном распределении среди них детритовых и тафогермных пород. В период накопления осадков основная поверхность банки была покрыта стелившимся и слегка приподнимавшимся трубочками, между которыми осаждался шламовый, мелкодетритовый и тонкозернистый ил. Шамовелловые заросли были бедны сопутствующими растениями и животными. Также бедны шамовелловые заросли были брахиоподами. Мелкие и средние по размеру раковины последних рассеяны в небольшом количестве по толще;

- *фацию шамовеллово-мшанковых поселений*. И.К. Королук считает, что нередко шамовеллы и мшанки образовывали как обособленные, так и совместные поселения. Площадь поселения каждого измерялась несколькими квадратными метрами, время существования конкретного поселения небольшое в результате образовались пятнисто-узорчатые мшанково-шамовелловые известняки. Сопутствующая фауна более разнообразно, чем в фации шамовелловых зарослей. Кораллы тоже относительно разнообразны по размерам и систематическому составу, местами их много;

- *фацию шамовеллово-кораллово-фузулиновую*. Начавшийся в среднеассельское

время обмеление Шахтауской отмели достигло максимума в позднеассельское время. Рост биогермов прекратился, и значительная часть их превратилась в мелководную отмель, на которой накапливались разнообразные осадки. Отмель была заселена массой фузулинид, карноидей. Колониальными и одиночными ругозами, по дну ползали крупные гастроподы белерофоны, в осадках захоронились наутилоидеи и ортоцератида. Кораллы в пределах шамовелло-кораллово-фузулиновой фации обычно рассеяны неравномерно по разным типам пород;

- фацию полифитных биогермов. Описанная выше отмель с пестрым набором осадков и разнообразным биосом ограничивалась в конце ассельского времени по юго-восточному краю узкой своеобразной полосой, сложенной в основном полифитными биогермными известняками. Весь облик пород этой фации говорит о том, что они представляли собой своеобразный рифовый гребень, способный сопротивляться напору волн.

- фацию полибиогермных известняков с массовыми брахиоподами. Под защитой фации полифитных биогермов развивалась фация узорчатых полибиогермных известняков с массовыми брахиоподами, которая прослеживается прерывистой узкой полосой в верхней части массива, также по его восточному краю. Слагается она плотными массивными узорчатыми известняками с прослоями и линзами раковин брахиопод. Узорчатость пород определяется частым чередованием биогермных (мшанковых, поликомпонентных, шамовелловых) и детритовых (полидетритовых мшанковых, шамовелло-мшанковых) известняков, неравномерным распределением крупных органических остатков, часто инкрустированных, наличием полос известняков с резко выраженной инкрустационной текстурой и неправильных по форме, размером от 2-3 до 0,2 м.

Мшанки, шамовеллы образуют гнезда биогермных известняков, сцементированные близкими по составу детритовыми породами, в которых рассеяны редкие брахиоподы, ветвистые и сетчатые мшанки, единичные наутилусы, мелкие и редкие колонии ругоз и одиночные ругозы. Гидрактинидные пластины концентрируются в полосах шириной до 0,2-0,3 м, в пределах которых преобладают крупные (до 0,1- 0,2 м.) пластины. Среди них захоронены брахиоподы, фузулиниды [5, 110 с.].

Особенностью этой фации была многократная частая смена условий, благоприятных для жизни разнообразных каркасных организмов, периодами массового заселения дна брахиоподами самых разных родов, но среди которых наиболее распространенными были продуктиды. Прослой с массовыми брахиоподами почти лишены детрита, створки брахиопод не заполнены осадком, раковины скреплены друг с другом инкрустационными корками. Характер захоронения брахиопод говорит о том, что временами в зоне накапливался тонкий осадок, на котором только и могли возникать массовые поселения продуктид, но затем ил

полностью вымывался из раковин и выносился из зоны.

Между отложениями ассельского и сакмарского ярусов наблюдаются следы размыва. Образование карбонатных песчаников на поверхностях размывов происходило редко [5, 110 с.].

Отложения сакмарского яруса в рифовой фации представлены двумя горизонтами – стерлитамакским и тастубским.

Стерлитамакский горизонт сакмарского яруса выделяется по очень частым *Ps. urdalensis*, *Ps. plicatissima* и *Ps. callosa*. Он слагается чаще биогермными гидрактинидными известняками, сочетающимися с различными детритусовыми разностями общей мощностью около 150 м.

Этот ярус отличается тем, что здесь отсутствуют кораллы, имеются преимущественно крупные брахиоподы, гораздо меньше двустворчатых моллюсков, присутствуют гастроподы.

Тастубский горизонт сакмарского яруса слагается разнообразными, чаще детритусовыми известняками с линзами биогермных пород. Общая мощность отложений 100-150 м. Здесь выделяют три зоны, установленные в ишимбаевских погребных массивах [6, С.17-22].

Продолжал ли массив горы Шах-Тау быть рифом в конце сакмарского века, неясно. По литологическим особенностям биогермных известняков стерлитамакского горизонта ясно видно, что они образовались в условиях мелководья, поэтому обычно и рассматриваются как породы рифовой фации [7, 109 с.].

Среди морских беспозвоночных особенно широким распространением пользовались фузулиниды, аммоноидеи и замковые брахиоподы. Уменьшилась роль четырехлучевых кораллов, табулят, мшанок, иглокожих.

Фузулиниды достигли значительного разнообразия. В раннепермскую эпоху произошел расцвет швагеринид (*Pseudofusulina*, *Schwagerina*, *Pseudoschwagerina*). В поздней перми в ряде районов им на смену пришли фузулиниды, характеризующиеся более сложным строением (*Polydixodina*, *Neoschwagerina*).

Особенно обильны аммоноидеи и среди них гониатиты. В начале пермского периода продолжали существовать позднекаменноугольные роды, но вскоре им на смену пришли новые группы, достигшие разнообразия во второй половине перми (*Paragastrioceras*, *Medlicottia*). В конце пермского периода палеозойские гониатиты уступили место цератитам, которые достигли расцвета в начале мезозойской эры.

Так, в ассельском ярусе встречаются *Aulosteges fragilis*, *Canocrinella cancrini* Tschern., *Cleiothyridina pectinifera*, *Echinaria ex gr. Semipurctata* Schep., *Jilinmartinia sokolovi* Tschern., *Linoproductus cora* Tschern. non. Orb., *Marginifera involute*, *Rostranteris nucleolus* Kutorga, *Septacamera kutorgae* Tschern., а массовым видом является *Marginifera involute* Tschern.

В сакмарском ярусе находятся *Aulosteges horrescens*, *Bajjugania netschaevi*, *Echinaria ex gr. Sem-*

ipurctata, *Kochiprproductus porrectus*, *Linoprproductus cora*, *Marginifera involute*, *Orthotichia morganiana*, *Pinegathyrus shegmasensis*, а массовыми видами являются *Echinaria ex gr. Semipurctata*, *Linoprproductus cora*, *Marginifera involuta*, *Orthotichia morganiana*.

Массовые скопления раковин *Orthotichia morganiana* образовывали, так называемые, «орто-тихиевые банки». Они были сложены массовыми скоплениями плотно прижатых раковин с сомкнутыми створками, большей частью одинаково ориентированных. *Orthotichia morganiana* размером 3-5 см, скорее всего разновозрастные (фото 1) (коллекция музея природы СФ БашГУ г. Стерлитамак, научный руководитель - к.б.н., доцент Б.Ю. Чаус).

Орто-тихии прикреплялись к грунту ножкой в течение всей своей жизни, т.е. могли образовывать банки. Они имели крайне массивные зубные пластины, высокую срединную септу и также есть присутствие маленького булавовидного замочного отростка.

Echinaria ex gr. Semipurctata Schep. имеет

крупную раковину, которая достигает 10 – 12 см. Большинство раковин с двумя сомкнутыми створками, однако заполненные породой (фото 6). На «макушках» многих раковин сохранился перламутровый слой. Раковины тесно прилегают друг к другу.

Linoprproductus cora имеет крупную раковину около 10 см (фото 9). На данном месторождении линопрпродуктусы достигают больших размеров, что связано с благоприятными условиями обитания.

Тонкостворчатые с отчетливой радиальной ребристостью. На ушках глубокие концентрические морщины, сглаживающиеся на боках; вдоль замочного края один – два ряда игл; единичные крупные иглы на всей створке; у их основания находится несколько ребер (на найденном нами экземпляре, к сожалению, образцы игл не сохранились, т.к. окаменелость не целая). Замочный отросток массивный, трехлопастной, погруженный в мазолистое утолщение; мускульный и брахиальные отпечатки слабые.

Фото 1: 1 - <i>Orthotichia morganiana</i> ; 2 – <i>Aulosteges fragilis</i>	Фото 2. <i>Aulosteges horrescens</i>	Фото 3. <i>Bajtugania netschaevi</i>
Фото 4. <i>Cancrinella cancrini</i>	Фото 5. <i>Cleiothyridina pectinifera</i>	Фото 6. <i>Echinaria ex gr. Semipurctata</i>
Фото 7. <i>Jilinmartinia sokolovi</i>	Фото 8. <i>Kochiprproductus porrectus</i>	Фото 9. <i>Linoprproductus cora</i>

		
Фото 10. <i>Marginifera involuta</i>	Фото 11. <i>Pinegathyris shegmensis</i>	Фото 12. <i>Rostranteris nucleolus</i>

Marginifera involuta довольно распространённый вид в ассельском ярусе и низов тастубского горизонта нижней перми (фото 10). Размеры имеет достаточно крупные, до 4 см.

Вместе с тем в перми появились некоторые специализированные роды, в основном обитавшие в теплых морях (*Richthofenia*, *Sicelia*, *Enteletella*). Продолжали развиваться мшанки, кораллы и известковые водоросли, которые участвовали в построении рифов. Они, так же как и многие брахиоподы, в конце перми вымерли.

Увеличилась роль двустворчатых и брюхоногих моллюсков, которые обитали не только в нормально-соленых, но и в солоноватоводных и пресных водоемах. Продолжили свое развитие губки, остракоды и конодонты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Хисматуллин И. Р. Стерлитамакские шиханы: история исследования и научное значение геологических памятников природы // Молодой ученый, 2014. — №4. С. 407-409.
2. Тимербаева З. Ш., Ахметова А. Ш. Шиханы — уникальные памятники природы Башкортостана // Учитель

Башкортостана. — Уфа: Башкортостан, 2006. — № 4. С. 67–69.

3. Шатов А. А., Сафаргалеева Е. А. Право экологической безопасности и проблема природопользования (на примере шиханов Республики Башкортостан) // Фундаментальные исследования. — Пенза: ИД «Академия Естественных наук», 2013. — № 6–1. С. 216–221.

4. Королук И.К., Кириллова И.А., Меламуд Е.Л., Раузер-Черноусова Д.М. Нижнепермский биогермный массив Шах-Тау (Башкирия) Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение геологии, 1970. С. 46-59.

5. Королук И.К. Методы и результаты изучения пермского рифогенного массива Шах-тау. — М.: Наука, 1985. 110 с.

6. Шамов Д.Ф. Фации сакмаро-артинских отложений Ишимбаевского Приуралья // Тр. УФНИИ, 1957. Выпуск 2. С.17-22.

7. Раузер-Черноусова Д.М. фации верхнекаменноугольных и артинских отложений Стелитамакско-Ишимбайского приуралья. Труды ГИН АН СССР, выпуск 119, 1950г., геологическая серия, № 43. 109 с.

ПОРОДНЫЕ ОТВАЛЫ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА, КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.

Подурец О. И.

кандидат биологических наук, доцент кафедры естественно-научных дисциплин и методики преподавания Кемеровского государственного университета

COAL MINING WASTE DUMPS, AS OBJECT OF STUDYING THE SOIL-FORMING POSTTECHNOGENIC PHYTOCENOTIC AND PROCESSES.

Podurets O.

Ph.D., Associate Professor
science education and teaching methods
Kemerovo State University

Аннотация

Интенсивное развитие горнодобывающего производства в Кузбассе вызвало необратимые отрицательные изменения в природных экосистемах. Нарушенные территории в течение многих десятилетий сохраняют облик техногенной пустыни. Под влиянием естественных факторов среды на техногенных ландшафтах постепенно формируются экологические ниши со специфическими почвенными структурами и растительными сообществами, находящимися на определенной стадии развития первичной сукцессии. Почвообразовательные и фитоценотические процессы взаимосвязаны и развиваются одновременно.

Abstract

Intensive development of mining production in Kuzbass caused irreversible negative changes in natural ecosystems. Disturbed areas over many decades retain the appearance of man-made desert. Under the influence of natural factors on the environment of technogenic landscapes gradually formed niches with specific soil structure and plant communities located at a certain stage of development of primary succession. Soil formation and Phytotsenotichesky processes are interrelated and develop simultaneously.

Ключевые слова: почвообразование, эмбриозем, растительная группировка, сукцессия.

Keywords: soil formation, embriozem, plant communities, succession.

Из угледобывающих регионов России основным поставщиком угля является Кузнецкий бассейн, в котором производится более половины всего добываемого угля в стране. Угольная промышленность Кузбасса представляет собой сложный производственно-технологический комплекс, в состав которого входят более 20 различных акционерных обществ (компаний) и отдельных самостоятельных шахт и разрезов. Действующий фонд угледобывающих предприятий Кузбасса представлен 60 шахтами и 36 разрезами. Большая концентрация предприятий угледобычи и углепереработки, совместно с развивающимися в области отраслями черной и цветной металлургии, химии и углехимии обуславливает чрезвычайно высокий техногенный прессинг на природную среду. Интенсивное развитие промышленности привело к нарушению естественных ландшафтов в зоне действия промышленных объектов и уничтожению наземных природных комплексов [1, с.238].

Наиболее интенсивное нарушение естественных ландшафтов связано с горнодобывающим производством. В ходе открытого способа разработки месторождения не только нарушается и деформируется почвенный и растительный покров, а полностью изменяется вся природная экосистема [2, с.286]. Открытый способ добычи существенно изменяет рельеф на карьерно-отвальные формы, на дневную поверхность выносятся и складываются вскрышные и вмещающие горные породы, которые в дальнейшем будут являться основой для преобразования их в материнские почвообразующие породы. Постепенно на посттехногенных территориях формируются комплексы со специфическими почвами и растительными сообществами. Установлено, что в самовосстанавливающихся экосистемах процесс трансформации почв сингенетичен сукцессионным процессам растительных сообществ [3, с.205; 4, с.15; 5, с.5]. Преобладающие в техногенных экосистемах склоновые поверхности обуславливают нарушение континуума формирующегося почвенного и растительного покровов. На географически близких поверхностях развитие почв и растительности происходит с различной скоростью [5, с.8; 6, с.169].

С целью изучения характера направленности почвенных и сукцессионных процессов растительного покрова проводится мониторинг самозарастающих отвалов угольных разрезов, расположенных в южной части лесостепной зоны Кузбасса. Рассматриваются фитоценотические особенности растительных группировок, формирующиеся на

отвалах и сингенетичные определенному типу эмбриозема, а для характеристики почвообразовательных процессов наиболее значимым является формирование органического вещества, аккумулирующегося на дневной поверхности и в верхней части профиля.

Естественное формирование почвенного и растительного покрова на техногенных ландшафтах обусловлено регулирующим действием комплекса тесно связанных абиотических и биотических факторов, степень воздействия которых определена сложным техногенным рельефом и литогенными особенностями. Морфологическая диагностика эмбриоземов или фазы почвообразования, в соответствии с принципами разработанной профилно-генетической классификации ИПА СО РАН [3, с.206; 4, с.18; 5, с. 3], осуществляется на основании индивидуального, основного типодиагностического признака, связанного с развитием органогенного горизонта. Склоновые поверхности обуславливают разнокачественную интенсивность и направленность гипергенной трансформации продуктов физического и биохимического выветривания, ход сукцессионных процессов. Формируется разнокачественность в продуктивности низшей и высшей растительности, влияющих на формирование органического вещества и на морфологию эмбриоземов на склонах разной крутизны и экспозиции [5, с. 12].

На самозарастающих отвалах угольных разрезов распространены эмбриоземы четырех типов сингенетичные растительным группировкам: инициальная фаза почвообразования - пионерная группировка на инициальном эмбриоземе; динамическая фаза почвообразования - простая растительная группировка на органо-аккумулятивном эмбриоземе и сложная растительная группировка на дерновом эмбриоземе; метастабильная фаза почвообразования - сложившееся замкнутое сообщество на гумусово-аккумулятивном эмбриоземе [4, с.15; 5, с. 3].

Развитие первичной сукцессии в техногенных экосистемах начинается с «ноль» момента. Инициальные эмбриоземы диагностируются отсутствием органогенных горизонтов и преобладанием хаотично рассеянных сорно-рудеральных видов. Для всех пионерных группировок исследуемого ландшафта характерно явное доминирование сорных видов (75%). Доля участия степных, луговых, лесолуговых и лесных видов одинаковая [6, с.169].

Фитоценотический состав фитомассы формируется медленнее, чем фитоценотическая структура видового состава [7, с.105; 8, с. 58]. В природ-

ных луговых экосистемах доля сорных видов не превышает 1%, в первичных же сукцессиях, особенно на пионерной стадии, их доля высока – не менее 70%. Наблюдаются изменения в фитоценотической структуре сложения фитомассы. Уменьшение участия видов прослеживается по ряду: степные (9,8%) – прибрежно-водные (5,4%) – луговые (4,1%) – лесные (лесолуговые) (2,9%).

Хаотическая смесь пород отвалов, созданная на техногенном этапе, изменяется очень медленно. Верхний слой этих пород вначале безгумусовый, поэтому первая стадия почвообразования морфологически не выражена. В этот период диагностика почвенно-генетических особенностей почвы сложна в силу малой мощности профиля и слабой степени морфологической дифференциации минеральной части профиля на генетические горизонты.

Первоначальным шагом, определяющим последующие сукцессионные изменения, является формирование подстилки. Это первый органо-генный горизонт и типодиагностический признак наступления динамической стадии почвообразования и формирования органо-аккумулятивного эмбриозема. Дифференциации на другие генетические горизонты не происходит. Фитоценотическая

структура состава простых группировок органо-аккумулятивных эмбриоземов характеризуется преобладанием сорных видов, но в сравнении с пионерной стадией сукцессии их доля уменьшается до 43,5%. В равном количестве участвуют луговые и степные виды, их суммарная доля составляет 44,6%. Фитомасса степных и луговых видов варьирует, но их участие постоянно. Доля лесных (лесолуговых) видов, хоть и составляет во флористическом составе всего 3,1%, но в сложении фитомассы существенна – 17,8%, с ходом сукцессии отмечается тенденция к увеличению [5, с.16].

На инициальной и динамической фазах пост-техногенного почвообразования диагностика почвенно-генетических процессов осуществляется только в пределах органо-генной части профиля эмбриоземов, обособляющейся от хаотичной смеси почвообразующих пород. С течением времени на породах в лесостепной зоне образуется степной войлок, а в лесной зоне – лесная подстилка. Они считаются первыми почвенными генетическими горизонтами, имеющими особое значение в жизни формирующихся биоценозов. Эта особенность проявляется в увеличении показателей содержания органического вещества (табл.1)

Таблица 1.

Содержание органического углерода и гумуса в эмбриоземах разных типов

Показатели*	Тип эмбриозема							
	Инициальный		Органо-аккумулятивный		Дерновый		Гумусово-аккумулятивный	
Глубина	0 – 5	5 – 10	0 – 5	5 – 10	0 – 5	5 – 10	0 – 5	5 – 10
М С орг	1,10	0,86	2,99	1,40	4,24	2,23	6,61	4,52
D	1,62	0,76	4,28	1,96	3,44	3,65	1,88	1,47
V	0,83	0,77	0,17	0,23	0,84	0,77	0,82	0,23
F	45,7	59,7	45,7	59,7	45,7	59,7	45,7	59,7
М гумуса	1,55	1,49	3,01	3,58	4,68	3,34	7,72	8,53
D	1,55	1,45	2,66	1,47	4,18	1,42	3,51	1,87
V	0,28	0,35	0,76	0,34	0,63	0,34	0,64	0,77
F	47,69	24,03	47,69	24,03	47,69	24,03	47,69	24,03
O	0,36	0,64	0,36	0,64	0,36	0,64	0,36	0,64
G	0,26	0,25	0,73	0,91	0,65	1,23	1,64	1,57

* М – значение средней арифметической содержания Сорг, D – диапазон значений, V – доля вариации, F – критерий Фишера-Снедекора, O – стандартная ошибка, G – среднее квадратичное отклонение.

Разброс показателей содержания углерода на начальном этапе почвообразования заключается в наличии в почвообразующей породе углистого материала, количество которого в мелкоземе может достигать 1,5 – 2% [4, с. 28; 5, с. 13]. При значительном количестве педогенного органического углерода наличие углистых частиц становится менее значимым.

Органическое вещество в инициальных и органо-аккумулятивных эмбриоземах накапливается на поверхности почвы (в подстилке), с последующей динамикой перехода его в подземную часть дерновых и гумусово-аккумулятивных эмбриоземов [9, с. 69]. Развитие подземных побегов вегетативно подвижных видов злаково-бобовых и злаково-разнотравных сообществ, способствует их интенсивному разрастанию. В профиле почв, за счет

обильной корневой системы доминирующих рыхлокустовых злаков *Dactylis glomerata*, *Agrostis gigantea*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, плотнокустового злака *Festuca pratensis* и корневищных многолетников, формируется четко выраженная в почвенном профиле дернина. Мощность которой различна, от 2-3 см до 10-12 см, причины этому как эдафические (литологический состав пород и их сложение, гидротермические условия и др), так и фитоценотические (тип корневой системы доминирующих видов). Усложнение органо-генной части почвенного профиля проявляется в вычленении нового почвенно-генетического горизонта – дернового, по наличию которого диагностируется дерновая фаза почвообразования.

Переход экосистемы в метастабильную стадию диагностируется появлением в органо-генной

части почвенного профиля под подстилкой и дерниной гумусово-аккумулятивного горизонта, что определяется увеличением видового разнообразия деструкторов и активизацией микробиологической деятельности [4, с. 13; 5, с. 16; 6, с. 170]. Прочно закрепляются в сложившихся разнотравно-злаково-бобовых сообществах и занимают доминирующее положение лесные виды (46,9% и 71%). Сорные виды в видовой структуре составляют 8,6%, а в сложении фитомассы менее 1%. Минимально число степных видов, по экологическим особенностям являющиеся в основном ксерофита-

ми, а формирование гумусово-аккумулятивных эмбриоземов отмечено лишь при благоприятном гидротермическом режиме и высокой влагоемкости субстрата.

В сукцессионных травяных экосистемах структура видового состава и сложение фитомассы растительных группировок складывается быстро и изменяется с каждой последующей стадией.

Все типы эмбриоземов характеризуются малой профильной мощностью и высокой дифференциацией гранулометрических фракций (табл. 2).

Таблица 2.

Гранулометрический состав мелкозема эмбриоземов разных типов

Тип эмбриозема	Содержание фракций размером (мм), % от массы мелкозема (глубина 0-10 см /глубина 20-30 см)					
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,0001	<0,0001
Инициальный	35,58	14,48	30,65	5,22	9,13	4,94
	29,58	6,89	36,46	7,52	11,09	8,46
Органо-аккумулятивный	45,47	17,05	23,34	3,64	6,49	4,01
	29,93	10,24	34,66	8,28	10,77	6,12
Дерновый	26,72	7,32	36,26	5,73	13,72	10,25
	26,93	11,38	33,54	6,82	13,73	7,6
Гумусово-аккумулятивный	5,22	4,12	55,28	9,05	12,09	14,24
	2,01	11,3	53,46	6,86	17,67	8,7

В ходе посттехногенного почвообразования изменение гранулометрического состава мелкозема определяется рядом процессов: физической дезинтеграцией; биохимической дезинтеграцией; гравитационной дифференциацией тонкодисперсного материала; накоплением органического вещества в биогенных горизонтах [10, с. 46].

Техногенная неопределенность дифференциации сильно осложняется взаимоналожением процессов биохимической дезинтеграции обломочных пород с образованием и накоплением тонкодисперсных фракций в верхних горизонтах и парлювации крупнодисперсных фракций в средние и нижние горизонты профиля.

На начальных этапах почвообразования гранулометрический состав мелкозема характеризуется преобладанием песчаной фракции, которая образуется в результате наиболее интенсивно про-

текающих на данной фазе почвообразования процессов физического выветривания. По петрографическому составу отвалы угольного разреза характеризуются преобладанием алевролитов, которые при выветривании цементирующего материала способствуют обогащению субстрата фракциями пыли и ила. Преобразуемая хаотичная смесь горных пород обуславливает экологическую пестроту распределения каменистых фракций и мелкозема и, как следствие, различную скорость естественного восстановления биоценозов и почв [11, с. 12]. Варьирование показателей фракционного состава пород наблюдалось у всех типов эмбриоземов. По обобщенным показателям некоторые закономерности в распределении фракций по типам эмбриоземов просматриваются достаточно ясно (табл. 3).

Таблица 3.

Интервалы колебаний фракционного состава в эмбриоземах разных типов

Глубина взятия образца	Тип эмбриозема			
	Инициальный	Органо-аккумулятивный	Дерновый	Гумусово-аккумулятивный
	Интервалы колебаний, в %			
0 – 10	51,3 – 96,7	55,7 – 89,0	24,6 – 71,4	17,5 – 67,5
	1,0 – 9,4	1,3 – 14,8	11,2 – 37,0	15,6 – 42,9
10 – 20	51,2 – 89,7	50,8 – 89,7	50,8 – 80,1	46,3 – 80,2
	2,1 – 8,4	2,3 – 11,6	2,3 – 26,0	3,5 – 28,1
20 – 30	54,8 – 95,5	41,5 – 97,4	33,8 – 97,0	41,6 – 87,3
	1,8 – 12,6	2,0 – 12,5	2,9 – 12,8	4,2 – 22,5

Примечание: в числителе – варьирование содержания каменистой фракции, в знаменателе – мелкозема.

Одновременно с увеличением содержания мелкозема и уменьшением количества камней в

верхней части почвенного профиля возрастает и количество видов растений [5, с.12; 11, с. 13]. По-

сколькo для гумусово-аккумулятивных и дерновых эмбриоземов фиксируются сходные показатели фракционного состава, то можно сделать вывод, что их эволюция во времени определяется не только количеством мелкоземистой фракции, но и, при отсутствии других лимитирующих факторов, спецификой биологических процессов в эволюционирующем фитоценозе.

Сукцессия растительности на самозарастающих отвалах угольных разрезов Кузбасса (южная лесостепь) идет в направлении изменения видового состава и фитоценотической структуры, долевого участия различных фитоценологических групп в сложении фитомассы растительных группировок со стадиями посттехногенного почвообразования. Переход сукцессии растительности определяет переход формирующегося эмбриозема в следующую стадию почвообразования. С позиции восстановления функций нарушенных природных ландшафтов переход лишь в метастабильную стадию диагностирует способность ее к самовосстановлению под действием естественных факторов. С появлением биогенных горизонтов процесс гравитационной дифференциации дисперсных продуктов техногенной дезинтеграции дополняется биогенной дезинтеграцией и аккумуляцией тонкодисперсных частиц не только за счет закрепления мелкозема корневой системой растений, но и органического агрегирования. Этот процесс происходит только в пределах биогенных горизонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Подурец О.И. Динамика структуры земельных ресурсов Кемеровской области: анализ, проблемы, перспективы // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове». - Томск: Издательский Дом томского государственного университета, 2015. - С. 238-241.
2. Подурец О.И. Состав и структура земельного фонда Кемеровской области // Природа и экономика Кемеровской области и сопредельных территорий: сб. науч. ст. – Новокузнецк, 2015. – С. 285-289.
3. Курачев В.М. Сингенетичность растительности и почв техногенных ландшафтов: экологические аспекты, классификация/ В.М. Курачев, Е.Р. Кандрашин, Ф.К. Рагим-заде // Сиб. экол. журн. – 1994. - № 3. – С. 205-213.
4. Андроханов В.А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В.А. Андроханов, Е.Д. Куляпина, В.М. Курачев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 151 с.
5. Глебова О.И. Биогеографическая диагностика эмбриоземов Кузбасса. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск. 2005. - 18 с.
6. Подурец О.И. Связь динамики запасов растительного вещества с фазами посттехногенного почвообразования // Вестник ТГУ. Биология - Томск, 2011. Выпуск 346 (№169) – С.169-174.
7. Титлянова А.А. Сукцессии и биологический круговорот/ А.А. Титлянова, Н.А. Афанасьев, Н.Б. Наумова – Новосибирск: ВО Наука Сибирская издательская фирма, 1993. – 157 с.
8. Миронычева-Токарева Н.П. Динамика растительности при зарастании отвалов (на примере КАТЭКа) / Н.П. Миронычева-Токарева. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1998. – 172 с.
9. Подурец О.И. Органическое вещество в эмбриоземах южной лесостепи Кузбасса // Науки о земле, биоразнообразие и проблемы его сохранения, экологическая безопасность. Перспективы развития естественнонаучного образования. – Новокузнецк, 2015. – С. 69 – 72.
10. Подурец О.И. Гранулометрический состав мелкозема эмбриоземов разных типов южной лесостепи Кузбасса // Символ науки. Международный научный журнал. – Уфа: Омега-сайнс, №2, 2016. – С. 46-48.
11. Подурец О.И. Специфика фракционного состава эмбриоземов южной лесостепи Кузбасса //Фундаментальные проблемы науки: сб. науч. ст. – Уфа: АЭТЕРНА, 2015. - С. 12-15.

RELATIONSHIP BETWEEN BARLEY RESPONSE TO ALUMINUM IONS AND RESISTANCE TO *HELMINTHOSPORUM SATIVUM*

Ulyanenko L.

Prof., Dr of Sci. (Biol.), Leading Researcher, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk

Synzynys B.

Prof., Dr of Sci. (Biol.), Professor, Department of ecology, Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University MEPhI, Obninsk

Amosova N.

PhD (Biol.), Lecturer, Department of biology, Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University MEPhI, Obninsk

Abstract

Different cultivars of spring barley have been studied under laboratory and field conditions. After seed exposition in aluminum chloride solution the phytotoxicity of metal was determined from a germination readiness index and genotoxicity from a chromosome aberration index and a mitotic index. The crop capacity of different spring barley cultivars and the extent of injury by *Helminthosporium sativum* were estimated during field experiments. The dependence was found between the resistance of some spring barley cultivars to aluminum ions and

those injured that gives evidence of a complex mechanism of protective reactions in a plant organism affected by environmental factors of different etiology.

Keywords: Barley, *Helminthosporium sativum*, Al, genotoxicity, yield.

1. Introduction

Under present-day conditions agroecosystems are exposed to adverse anthropogenic effects. Heavy-metal (HM) soil contamination holds a special position among a series of adverse factors which enhance agroecological problems [8]. One of the reasons for reducing the agricultural plant yield is high aluminum content in a root layer [10]. Aluminum toxicity is associated with a variety of chemical forms and its migration ability in soil and aquatic media [22]. The aggressiveness of metal ions changes with environmental pH variations [20] and in case of the so-called acid rains the phytotoxicity of aluminum increases. Cultivar differences to aluminum effects are observed [9, 11].

In estimating the biological HM impact on primary agrocenosis components and in predicting the yield losses, of great importance may be not only metal sensitivity of plant cultivars but also their resistance to phytopathogenic infection [25, 23]. Our studies are aimed at establishing the dependence between different barley cultivar resistance to high aluminum ion concentration and their response to *Helminthosporium sativum* effects.

2. Research Methods

2.1. Objects. Twelve spring barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) have been chosen as test objects: Thuringia, Auriga, Margret (German selection), Nur (created by the Agricultural Research Institute of the Central Areas Chernozem Zone (CACHZ), Bios-1 (created by CACHZ jointly with Ryazan Institute of Agricultural Biotechnology), Ataman (created by Institute of Farming and Selection of Belorussia), Getman (created by the Selection-Genetic Institute, National Centre of Seed Breeding and Variety Control, Odessa, Russia), Binom (the Ural RIA), Ratnik (cultivar authors Sokol *et al.*, Russia), Gonar (created by Ljgov testing-breeding station, Russia), Perun (Czech selection), Sellar (CACHZ). Barley is high on the list in crop areas and harvest. Spring barley occupies about 25% of the cereal acreage in the nonchernozem zone of Russia.

2.2. Laboratory experiment. Phytotoxic effects of aluminum ions on barley sprouts are assessed from the Energy Growth (EG) [4] and the cytogenetic indices (the Mitotic Index (MI), i.e. a fraction of cells in mitosis to the total number of cells in a root meristem, and the Frequency of Aberrant Cells (FAC), i.e. a fraction of cells with aberrations among dividing cells) [14]. Sprouts germinated in distilled water have been used as test ones.

2.3. Assessed energy growth impact of aluminum ions. One hundred barley seeds had been repeatedly placed into Petri dishes and sprouted in alumi-

num chloride solution ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) in a germinator at $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ during 3 days at dark. The test was repeated five times. The concentration of Al^{3+} ions in the solution for seed germination was 0.5 mg/l, at pH 5 close to the metal ion content in soil at practically similar values of pH (≤ 5) [10].

2.4. Assessed cytogenetic indices effects of aluminum ions. Variations in cytogenetic indices have been assessed in the root meristem of barley sprout roots of 5-10 mm in length. After two days of seed germination in aluminum chloride solution the roots were preserved in acetic alcohol (3:1). Studies have been carried out with astatic squash preparations stained by aceto-orceine. Preparations were examined through a microscope with a 400X magnification. Up to 800 ana-telophase cells had been looked through in every variant.

2.5. Field experiment. Field microplot trials were carried out in Kaluga region, Russia (the first soil climatic zone, i.e. that with podzolic and derno-podzolic soil of a taiga-forest region, the Central cropping region) on the basis of Maloyaroslavets state strain-trial station using standard techniques [6, 26]. Derno-podzolic moderately loamy soil had pH_{KCl} of 6.2, low humusness 1.79 and low cation exchange capacity (CEC of 20.4 smol/kg). In the amount of exchange potassium this soil was characterized by high concentration (K_2O 15.1 mg/100 g soil), in phosphorus content by extremely high supply (P_2O_5 67 mg/100 g soil) (15). In the level of phosphorus and potassium supply of grain crops this soil falls into class IV (optimal) [15].

The plants were cultivated to full ripeness. The trials were repeated three times at the spot area of 25 m². The crop was taken from 1 m² in every replication.

Barley damage by *Helminthosporium sativum* Pammel, C.M. King *et* Bakke (synonym *Bipolaris sorokiniana* (Sacc) Shoemaker) had been assessed by root analysis at the dead-ripe stage (BBCH Zadok 92) [7, 13].

2.5. Statistical processing of data. Standard techniques of variational statistics with the software MathCAD 2001professional and Microsoft Office Excel 2003 have been used to process experimental data and field trial results. Reliability of differences was estimated by Student's t-test. The degree of difference $p < 0.05$ was accepted as statistically significant in estimating results.

3. Results

3.1. Energy growth. The energy growth (the percentage of grains germinated in 3 days after steeping in the solution) in a blank sample (grain exposure in distilled water) ranged within 78-91 % (Tab. 1).

Table 1.

Energy Growth and some Cytogenetic parameters of spring barley						
Barley cultivars	(%) Energy Growth		(%) Mitotic Index		(%) Frequency of aberrant cells	
	Blank	AlCl ₃	Blank	AlCl ₃	Blank	AlCl ₃
Bios-1	78.2±3.6	16.8±3.5*	8.4±0.6	3.0±0.3*	1.7±0.3	6.8±0.4
Ratnik	78.8±7.2	17.0±5.8*	8.1±0.6	3.2±0.8*	1.8±0.3	7.3±0.5
Binom	90.6±12.7	41.8±16.1*	9.7±1.1	4.6±0.8*	1.4±0.4	4.7±0.6
Ataman	86.6±4.1	45.2±8.0*	9.5±0.6	5.7±0.8*	1.5±0.5	4.8±0.6
Auriga	87.2±7.5	49.0±4.7*	9.6±0.5	5.8±0.2*	1.6±0.6	4.6±0.8*
Thuringia	76.8±3.2	50.8±2.5*	9.3±0.7	6.5±0.4*	2.6±0.2	5.2±0.2*
Perun	91.4±6.9	41.6±8.3*	9.3±0.7	4.6±0.8*	1.2±0.8	4.6±0.6
Nur	85.2±6.4	49.4±5.0*	9.8±1.1	5.5±0.5*	1.6±0.3	3.8±0.5
Sellar	86.4±8.3	45.0±6.3*	9.3±1.1	4.6±0.8*	1.3±0.6	4.8±0.8
Margret	89.2±7.7	77.2±4.2*	8.4±1.1	8.2±0.7*	1.0±0.3	2.3±0.6
Gonar	89.2±6.7	72.4±3.3*	9.1±0.2	6.2±0.3*	1.2±0.2	2.9±0.1
Getman	84.6±4.7	68.8±3.5*	10.0±0.3	6.1±0.2*	0.7±0.4	3.4±0.3

*- differences are significant at $p < 0.05$ as compared with blank variant

When put in aluminum chloride solution, for three seed cultivars (Margaret, Gonar and Getman) the reduction of index as compared to the test value did not exceed 20 %. For seven cultivars (Thuringia, Nur, Ataman, Auriga, Binom, Perun and Sellar) the deviations in energy growth were essential and this reduction almost halved (the value changed within 42-50 %). For other cultivars (Bios-1 and Ratnik) the energy growth reduction was even more pronounced: the reduction factor as compared to the test value was four-fold.

3.2. Cytogenetic indices

The mitotic index values in apical meristem cells of barley sprout roots in a blank sample ranged within 8-10 % (Tab. 1). Different variations in the MI values and the frequency of chromosome aberrations had been specified for two-day barley sprouts germinated in the medium containing aluminum ions. For the barley cultivars Bios-1 and Ratnik the mitotic index was 3.0-3.2 %, i.e. by a 2.5 factor lower than in the blank sample. The cultivars Getman, Margret and Gonar were characterized by much lower index variations, the mitotic index reduction being 1.3 on the average. For most cultivars (Thuringia, Nur, Ataman, Auriga, Binom, Perun, Sellar) in case of seed sprouting in aluminum chloride solution the deviations of MI values from blank values were not so crucial as for the cultivars Bios-1 and Ratnik but higher than for Gejman, Margret and Gonar (with the reduction factor

of 1.8-1.9).

Frequency of chromosome aberrations in apical meristem cells of barley sprout roots in a blank sample ranged from 0.7 to 1.8 %. For the cultivars Bios-1 and Ratnik this index was 1.7-1.8 % and in case of seed sprouting in aluminum chloride solution it was 6.8 and 7.3%, respectively, being 4 times higher as compared to the test. For the cultivars Getman, Margret and Gonar the FAC values varied from 0.7 to 1.2 % and the increase in values by contrast to the test was about 2.7-2.9 fold. For the cultivars Thuringia, Nur, Ataman, Auriga, Binom, Perun, Sellar the values of FAC ranged within 1.2-1.6 % and there was more than a 3-fold deviation from the corresponding test values.

3.3. Yield. The spring barley crop yield varied depending on a cultivar and amounted to 1.64 t/ha (Bios-1) and to 3.27 t/ha (Margret) (Tab. 2).

3.4. *Helminthosporium sativum*. The development of *Helminthosporium sativum* in spring barley varied from 4 to 39% at 85-90% spread of the disease (Tab. 2).

3.5. Barley cultivar distribution according to aluminum ion resistance. High variability of the seed germination energy growth and cytogenetic parameters of different cultivars after their exposition in aluminum chloride solution makes it possible to divide these cultivars into 3 conventional groups: aluminum-sensitive, moderately low sensitive and resistant.

Table 2.

Barley yield (t/ha) and <i>Helminthosporium sativum</i>			
Barley cultivars	Yield. t/ha	(%) <i>H. sativum</i>	Resistance to <i>H. sativum</i>
Bios-1	1.64±0.8	22±7.6	low sensitive
Ratnik	1.67±0.6	38±8.6	highly sensitive
Binom	2.39±0.9	39±8.4	highly sensitive
Ataman	1.95±0.7	22±5.2	moderately sensitive
Auriga	2.06±0.8	23±5.6	moderately sensitive
Thuringia	2.41±0.6	4±0.9	resistant
Perun	2.35±1.1	37±8.5	-
Nur	1.90±0.8	8±2.1	low sensitive
Sellar	1.68±0.7	9±2.3	-
Margret	3.27±3.7	11±5.4	sensitive
Gonar	1.90±3.5	7±2.9	resistant
Getman	2.38±3.2	26±8.1	sensitive

-) – no information available

In energy growth, Bios-1 and Ratnik were included in the group of sensitive cultivars characterized by maximum parameter deviations from blank values. Cultivars (Getman, Margret and Gonar) with low index deviations from blank values were assigned to the group of resistant cultivars. The group of moderately low sensitive cultivars included the cultivars Thuringia, Nur, Ataman, Auriga, Binom, Perun and Sellar with intermediate deviation values. The mean energy growth values calculated for each group of cultivars allowed one to plot the index dependence on its assignment to a particular group (Fig. 1) and to calculate the ratio of index reduction as compared to the blank

which was 4.6, 1.9 and 1.2 for sensitive, moderately low sensitive and resistant cultivars, respectively.

Variations in the seed energy growth from resistant to sensitive cultivars followed a linear dependence with a high approximation confidence ($R > 0.9$) both in the blank and the experiment.

The average MI and FAC values were calculated proceeding from the groups of spring barley cultivar sensitivity formed in terms of the EG index (Fig. 2). For MI and FAC indices in the experiment (at 48-hour seed exposition in aluminum chloride) the linear dependence was characterized by a high approximation confidence ($R > 0.98$); a spontaneous MI level did not follow a linear dependence.

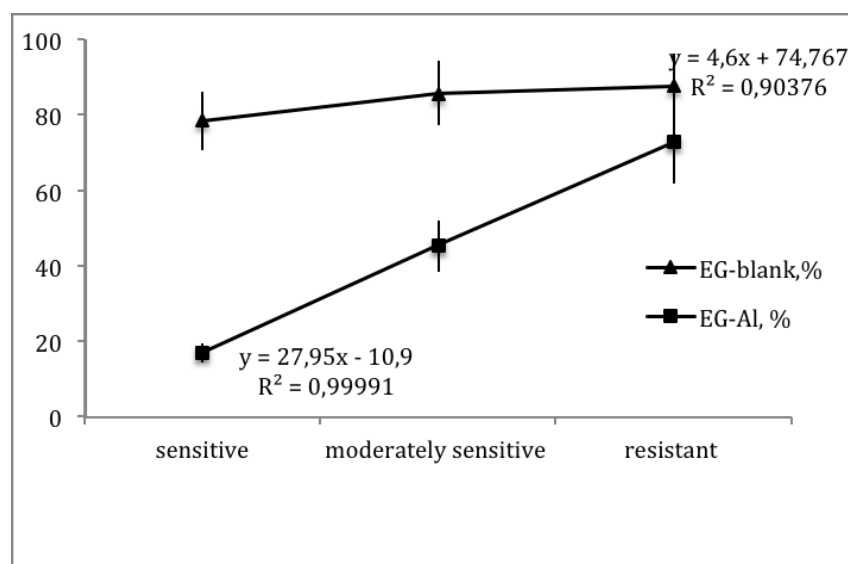


Fig. 1. EG of some groups barley cultivars

The spring barley crop yield in the group of resistant cultivars was 2.54 ± 0.34 t/ha, in the group of sensitive ones 1.66 ± 0.01 t/ha and for moderately sensitive cultivars it was 2.11 ± 0.11 t/ha.

The development of *Helminthosporium sativum* in spring barley cultivars with different aluminum ion

response was 30.0 % for sensitive, 20.3 % for moderately low sensitive and 17.5 % for resistant cultivars. In addition, practically in all cases the experimentally observed development of disease corresponded to the cultivar resistant given by creators.

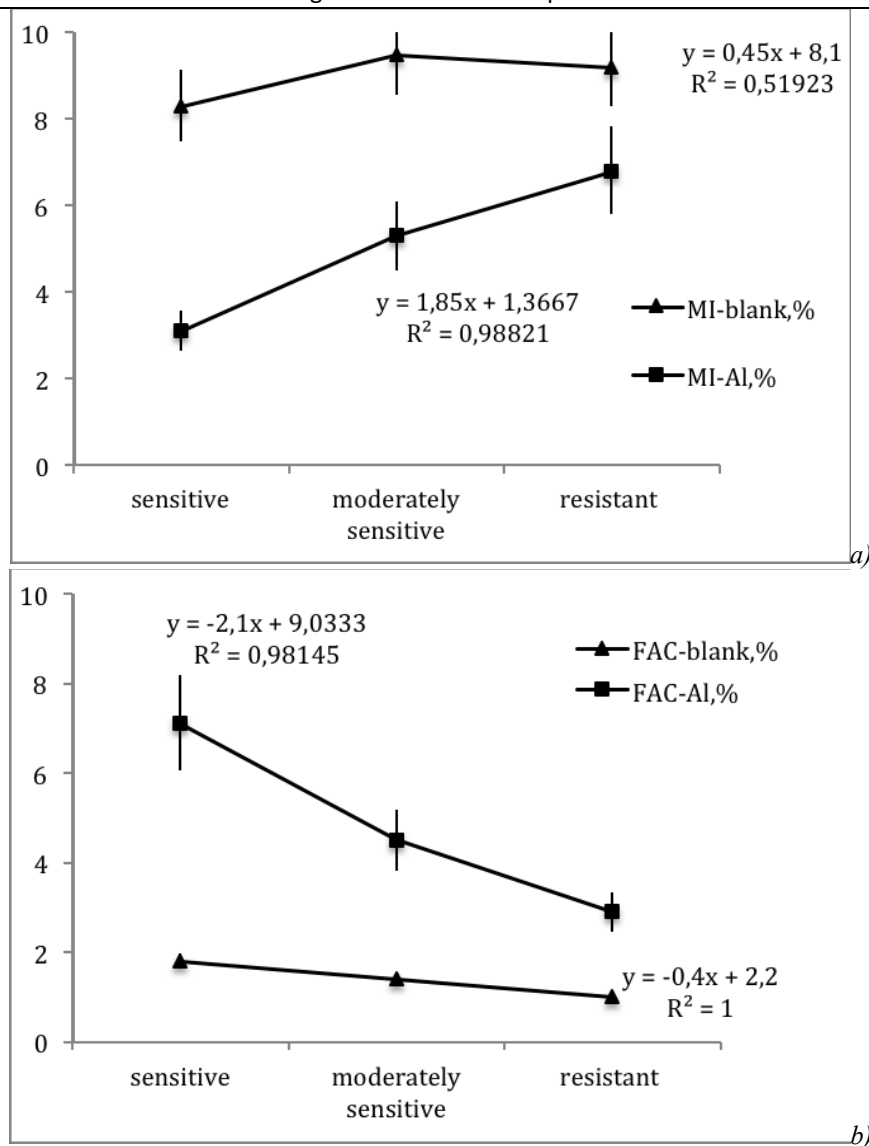


Fig. 2. MI (a) u FAC (b) of some groups barley cultivars

4. Discussion

The established cultivar differences in spring barley sprouts to aluminum ion effects seem to be associated with genetically deterministic mechanisms of plant resistance to toxic ions [9, 12, 21]. It is noted that cytogenetic indices characterizing the phytotoxic effect changed differently. The energy growth specifies initial processes of plant growth. Under adverse environmental conditions [24] the index values drop. On the contrary, an apparent increase in the number of chromosome aberrations in case of corn growing on soils contaminated by Cd and Pb in the intercalary growth apex meristem [23, 19] and the apical sprout root meristem [21, 3] is a typical manifestation of metal toxicity. However, a distinct dependence between index values and metal content in soil is not always found that gives evidence of the plurality of metal target effects including aluminum [5].

Aluminum ions diffusing through plasmalemma [18] have an impact on the genetic apparatus of a plant cell. It is known that having penetrated into a cell, aluminum ions are concentrated mainly in a nucleus, it being 2-3 times more in the cell nuclei of sensitive cultivars than in the cells of tolerant ones [2]. It is ex-

pected that in aluminum resistant barley cultivars the metal content in root protoplasts may be low and remain high in root tissues on the whole [1]. Aluminum fixation by nucleic acids, mainly DNA, causes strong violations in the activity of growing root cells. It is shown [16] that barley resistant to aluminum ions is controlled by one dominant gene, i.e. Alt-gene tolerance to Al [17]. It also gives evidence of the available adaptive mechanisms which allow the effect of biotic and abiotic environmental effects on plant bodies to be reduced or even neutralized.

Most plant species are highly resistant to the excess metal salts in soil due to detoxication mechanisms. The cultivated plant resistance to mycosis is a specially created grading factor which in many ways governs a producer appeal. As the final culture in crop rotation, spring barley suffers from root rot, primarily of *helminthosporium* etiology. The compared indices of *Helminthosporium sativum* in barley roots the phase of full ripeness indicate high variability of infection development. At the same time, according to our data the response of cultivars different in their tolerance to aluminum usually coincided with the barley response to infection development. The indirect Cd impact on

phytopathogenes in barley plants was determined earlier: the increased Cd content caused practically a two-fold *Helminthosporium sativum* development [23].

The analyzed results allowed one to conclude that there is a correlation between the sensitivity of various spring barley cultivars to aluminum ions and plant response to *Helminthosporium sativum* that is confirmed by disease development and the harvested spring barley crop.

The obtained data might contribute to the development of test-systems meant for using in the selection process to screen the promising infection-resistant grain crops. On the other hand, even now the cultivars highly sensitive to *Helminthosporium sativum* should not be recommended for growing on soils contaminated by heavy metals as they may potentially possess a high response to toxic metal ions.

Acknowledgements The authors thank the researchers of Department of Ecology and Biology of Obninsk Institute of Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University MEPhI, which had assist in carried out of the experiments.

REFERENCES:

1. N.V. Amosova & B.I. Synzynys, On the combined action of aluminum and iron on barley and wheat, *Agricultural Biology*. 1 (2005) 46-49. (In Rus) (in Russian with English abstract)
2. V.S. Barsukova Physiological and genetic aspects of plant resistance to heavy metals, *Analytical Review*, Novosibirsk, 1997.
3. N.V. Bulanova, B.I.Synzynys, G.V. Kozmin Aluminum induces chromosome aberrations in root meristem cells of wheat. *Genetics* 37 (12) (2001) 1725-1728.
4. Crop seeds. Methods for determination of quality. Part 2. State standards of the Soviet Union. GOST 12038-84, Moscow (1991) 44-101. (in Russian)
5. E. Delhaize, P.R. Ryan, P.J. Randall, Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) II. Aluminum stimulated excretion of malic acid from root apices. *Plant Physiology* 103 (1993) 695-702.
6. B.A. Dospekhov Methods of field experience. Moscow. Agropromizdat, 1985. (in Russian)
7. E.E. Geshele Guidance on phytopathological estimate of crops. Odessa, 1971. (in Russian)
8. C.D. Foy, R.L. Chaney, M.C. White, The physiology of metal toxicity in plants, *Annual Review Plant Physiology* 29 (1978) 511.
9. E.E. Klimashevsky, Genetic aspect of mineral nutrition of plants, Moscow: Agropromizdat (1991) 138-150. (In Rus)
10. L.V. Kochian, Cellular mechanism of aluminum toxicity and resistance in plants, *An. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.* 46 (1995) 237-260.
11. E.M. Lisitsyn, The chemistry of solutions and capacity assessment aluminiumresistance plants (questions of methodology) *Agrochemistry* 1 (2007) 81-91. (in Russian with English abstract)
12. J.F. Ma, S.Hiradate, K.Nomoto, et al., Internal detoxification mechanism of Al in hydrangea. Identification of Al form in the leaves. *Plant Physiology* 113 (1997) 315-317.
13. Methodical guidelines for the registration trials of fungicides in agriculture. St. Petersburg, 2009. (in Russian)
14. Z.P. Pausheva Workshop on cytology plants, Moscow, Kolos, 1970. (in Russian)
15. Practical course in agrochemistry. 2nd ed., Rev. and add. / Ed. V.G.Mineev. Moscow, Moscow State University Press. 2001 (in Russian)
16. D.A. Reid Barley genetics. Processing of second International Genetic Symposium Washington State University. Washington State University, 1971.
17. P.R. Ryan, M. Skerrett, G.P. Findlay, et al., Aluminum activates an anion channel in the apical cells of wheat roots. *Processing National Academy Science USA* 94 (1997) 6547-6552.
18. M.D. Sampson, D.T.Clarkson, D.D. Davies, DNA synthesis in Al-treated roots of barley. *Science* 148(3676) (1965) 1476.
19. N.S. Stepanchikova, L.N. Ulyanenko, A.S. Filipas, S.V. Kruglov, Genotoxic Cd and Pb effects and modifying potassium humate influence on wheat growing on soil polluted by heavy metals. *Agricultural Biology* 5 (2008) 28-32. (in Russian with English abstract)
20. B.I. Synzynys, O.G. Nikolskaya, N.V. Bulanova, About the effect of aluminum on wheat seedlings under different pH of the culture exposition. *Agricultural Biology* 3 (2004) 80-84. (in Russian with English abstract)
21. A.F. Titov, V.V. Talanov, N.M. Kaznina, G.F. Laidinen, Plant resistance to heavy metals. Petrozavodsk, 2007. (in Russian)
22. E.M. Tyantova, S.B. Burukhin, B.I. Synzynys, G.V. Kozmin, Chemistry of aluminum in the environment. *Agrochemistry* 2 (2005) 87-93. (in Russian with English abstract)
23. L.N. Ulyanenko, A. S. Filipas, N.N. Loi, et al., Effect of the preplant treatment of wheat seeds with the microbiological preparation bisolbisan under conditions of soil contamination with cadmium. *Agrochemistry* 3 (2009) 76-81. (in Russian with English abstract)
24. L.N. Ulyanenko, A.S. Filipas, I.V. Dyachenko, N.S. Stepanchikova, Radiosensitivity of wheat seeds from chronically irradiated of agricultural lands. *Radiation Biology. Radioecology* 35 (3) (1995) 428-434. (in Russian with English abstract)
25. A.S. Filipas, L.N. Ulyanenko, E.P. Pimenov, et al., Influence of soil contamination by radionuclides and heavy metals on development of cereal crop diseases. Reports of Russian Academy of Agriculture Science 2 (2006) 17-19. (in Russian with English abstract)
26. Z.I Zhurbitsky. Methods and techniques of greenhouse experiments. Moscow. Science, 1968. (in Russian)

CHEMICAL SCIENCES

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РАЗРЯДОВ НА ПРОВОДИМОСТЬ И ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОЛИЗА КРИОЛИТ-ГЛИНОЗЕМНОГО РАСПЛАВА

Гаджиев С.М.

Дагестанский государственный университет, Россия

INFLUENCE OF HIGH-VOLTAGE PULSED DISCHARGES ON CONDUCTIVITY AND THE PROCESS OF ELECTROLYSIS OF CRYOLITE-ALUMINUM MELT

Gadzhiev S.

Dagestan State University, Russia

Аннотация

Исследовано влияние высоковольтных разрядов на проводимость и процесс электролиза криолит-глиноземного электролита при 1293 и 1233 К. Обнаружено увеличение проводимости на 70 %. С увеличением удельной мощности разряда при неизменном токе электролиза напряжение уменьшается и достигает 45 % при удельной мощности разряда $9,24 \cdot 10^7$ Вт/кг.

Abstract

The effect of the high-voltage discharges in the conductivity and the process of electrolysis of cryolite-alumina electrolyte at 1293 and 1233 K. An increase in conductivity by 70%. With an increase in discharge power density neiz menom-voltage electrolysis current decreases and reaches 45% at a discharge power density $19,24 \cdot 10^7$ Vt / kg.

Ключевые слова: высоковольтный разряд, проводимость, электролиз, криолит-глинозем.

Keywords: high-voltage discharge, conductivity, electrolysis of cryolite-alumina.

Одним из направлений создания принципиально новых технологий является фундаментальные исследования воздействия внешних возмущений (электрических, магнитных, акустических и других полей) на строение и свойства систем, служащих реакционными средами [1]. Получение металлов (в частности алюминия, магния и т.д.) в основном основано на электролизе из расплавов солей [2,3]. Одной из важнейших технических задач при этом является увеличение входа по току с уменьшением удельного расхода электроэнергии. В некоторой степени это достигается подбором состава электролита с большей удельной электропроводностью относительно низкой температурой плавления при максимально возможном выходе по току [4].

Первым сообщением о применении высоковольтных импульсных разрядов (ВИР) в среде расплавленных солей является патент Гринфайлда на способ гашения и предупреждения анодного эффекта при электрохимическом производстве алюминия из криолит-глиноземного расплава [5]. Этот способ основан на том, что в цепь постоянно низкого напряжения электролиза подаются пульсации напряжения с амплитудой $10^3 - 10^4$ В в широком диапазоне частот и продолжительности. По данным автора прохождение высоковольтных импульсов через установившуюся при анодной поверхности газовую фазу обеспечивает мгновенное ее рассеивание, что позволяет току проходить от анода к электролиту, а не через ионизированный газовый слой.

Второе сообщение до наших исследований опубликовано Диллером [6], который запатентовал

способ интенсификации электролиза криолит-глиноземного расплава. Процесс Диллера состоит в том, что, если в криолит-глиноземной ванне электролиза алюминия произвести одиночные модулированные высоковольтные импульсные разряды (ВИР) или их серии, то после их завершения наблюдаются вольтамперные изменения, позволяющие проводить электролиз в течение продолжительного времени с экономией электроэнергии на десятки процентов. Этот процесс до сих пор не получил промышленного применения. Повторенные подобные эксперименты другими исследователями не дали положительных результатов. Поэтому возникает необходимость в дальнейших таких исследованиях в целях интенсификации процесса электролиза с использованием ВИР, изучить их влияние на структуру и на такие структурно-чувствительные свойства, как электропроводность, вязкость, поверхностное натяжение и др.

Первым фундаментальным результатом исследования солевых расплавов в сильных импульсных электрических полях (СИЭП) является установление зависимости их электропроводности от напряженности электрического поля (НЭП), что позволило получить значения предельных подвижностей ионов в индивидуальных расплавленных солях [7,8]. Другой важный результат заключается в том, что наведенная СИЭП избыточная проводимость (разность между электропроводностью активированного расплава и исходной низковольтной электропроводностью) сохраняется длительное время (ВИР – активация). Это означает, что расплав “запоминает” электрическое поле (эффект “памяти”). При активации с помощью

ВИР наблюдается также уменьшение поверхностного натяжения расплавов [9]. Эти благоприятные изменения свойств солевых расплавов могут служить основой разработки методов интенсификации производственных процессов, например электрохимического получения металлов из расплавленных электролитов.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния ВИР на электропроводность и процесс электролиза криолит – глиноземного электролита ($\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{Al}_2\text{O}_3$ при 6 – 7 % Al_2O_3 по массе). Методика эксперимента и высоковольтная уста-

новка подробно описаны в работах [10,11]. Эксперименты проводились в платиновом тигле, электроды пропускались через алундовые трубки. Низковольтная электропроводность расплава измерялась мостом переменного тока Е7-23 на частоте 10 кГц. Затем на расплав подавались прямоугольные высоковольтные импульсы различных амплитуд с крутизной фронта напряжения 109 В/с. Характерная осциллограмма импульса напряжения приведена на рис.1. Электрический разряд через расплав происходил без пробойных явлений.

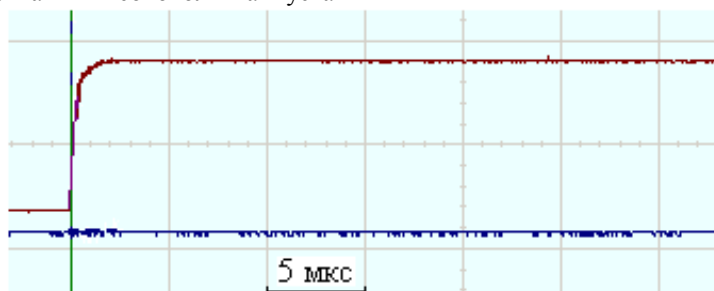


Рис.1. Характерная осциллограмма импульса напряжения амплитудой 3,4 кВ.

При подаче на расплав пяти последовательных импульсов напряжения амплитудой 1,5 кВ, когда емкость разрядного конденсатора была равна 0,025 мкФ, проводимость практически не изменилась от исходной – низковольтной. Это указывает на то, что для криолит-глиноземного расплава

существует определенное значение энергии конденсированного разряда, выше которого происходит активация электролита. На рис.2 приведено изменение проводимости электролита во времени после высоковольтных разрядов с пиком удельной мощности разряда $2,8 \cdot 10^7$ Вт/кг.

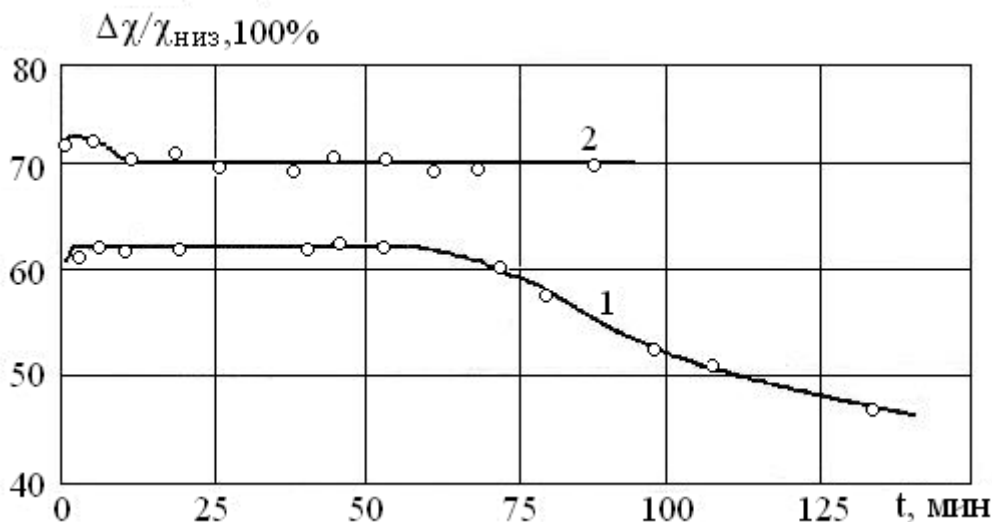


Рис.2. Изменение избыточной проводимости алюминиевого электролита во времени при 1293 К после высоковольтных разрядов с пиком $2,8 \cdot 10^7$ Вт/кг: 1 – 3 импульса по 4,0 кВ; 2 – 5 импульсов по 4,0 кВ.

Удельная мощность разряда рассчитывалась по формуле

$$\frac{n \cdot \langle P \rangle}{m} = \frac{n \cdot C}{2m\tau_0} \int_0^\tau [U(t)]^2 dt, \quad (1)$$

где $\langle P \rangle$ – средняя мощность разряда одного импульса, n – число импульсов, m – масса электролита, C – емкость разрядного конденсатора, τ – длительность импульса, $U(t)$ – падение напряжения на электролите в момент времени t , определяемое по осциллограммам.

В отличие от индивидуальных солей [7,10] в криолит-глиноземном расплаве избыточная проводимость (активированное состояние) может сохраняться довольно долго. С увеличением удельной мощности разряда или числа импульсов при данной мощности относительное изменение проводимости и время восстановления исходной проводимости, как и в галогенидах щелочных и щелочноземельных металлов [7,10,11] увеличивается.

Для исследования влияния ВИР на процесс электролиза была использована дополнительная приставка, позволяющая подавать на расплав ре-

гулируемое постоянное напряжение. Одновременно измерялся и ток в цепи. Вначале на расплав подавалось постоянное напряжение от выпрямителя ВС-24М. После установления стационарного значения тока на расплав подавалась серия (5 – 10) импульсов высокого напряжения с различными амплитудами (4 – 10 кВ). Затем снова проводился электролиз. Показания амперметра и вольтметра записывались во времени. Были проведены пять

серий экспериментов. В качестве электродов использовали графит марки МПГ – 9. Емкость разрядного конденсатора была равна $0,1 \cdot 10^{-6}$ Ф. В экспериментах ток электролиза поддерживался постоянным, равным 2,4 А. Общая масса электролита колебалась от 50 до 90 г. Полученные результаты одной из серий экспериментов приведены на рис.3.

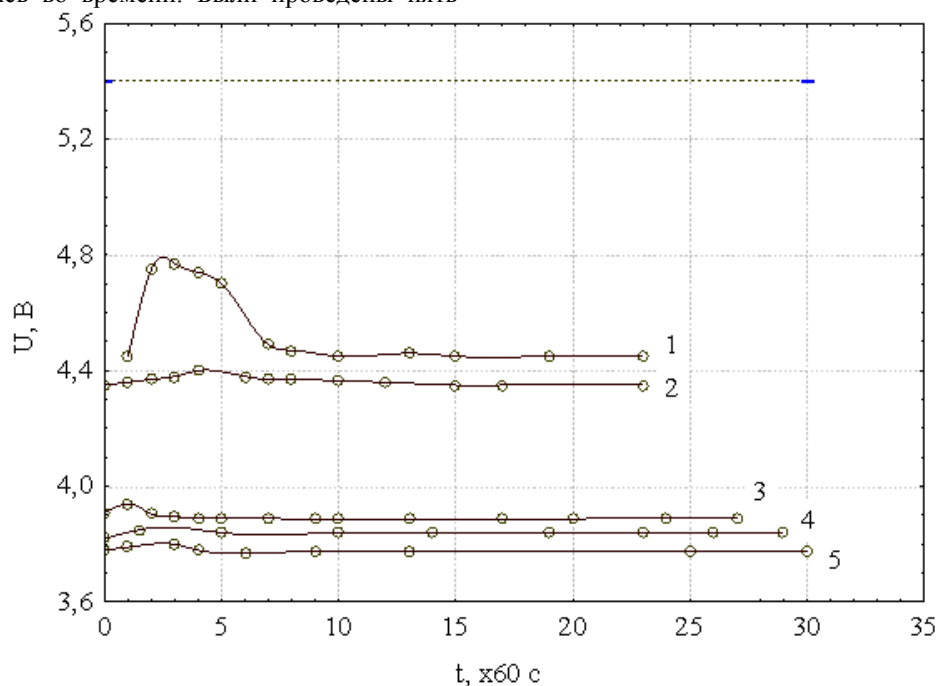


Рис.3. Изменение напряжения на электролизере во времени после ВИР с удельными мощностями: 1 – 3,39; 2 – 4,89; 3 – 7,17; 4 – 7,64; 5 – $9,24 \cdot 10^7$ Вт/кг. (Пунктирная линия соответствует напряжению на электролизере до подачи ВИР).

Эксперименты показывают, что напряжение на электролизере после подачи ВИР длительностью $\sim 10^{-6}$ с при постоянном значении тока (2,4 А) уменьшается. При этом, чем больше удельная мощность разряда (отношение мощности разряда к массе расплава), тем меньшее напряжение устанавливается на электролизере. Напряжение стабилизируется через 4 – 8 минут после ВИР.

На рис 4 приведена зависимость относительного изменения напряжения на электролизере от

удельной мощности разряда. Видно, что чем больше удельная мощность разряда, тем больше и относительное уменьшение напряжения на электролизере. При удельной мощности разряда $9,24 \cdot 10^7$ Вт/кг оно достигает 45 %. Минимальная мощность разряда, начиная с которой наблюдается уменьшение напряжения на электролизере, оказалась равной $1,5 \cdot 10^7$ Вт/кг.

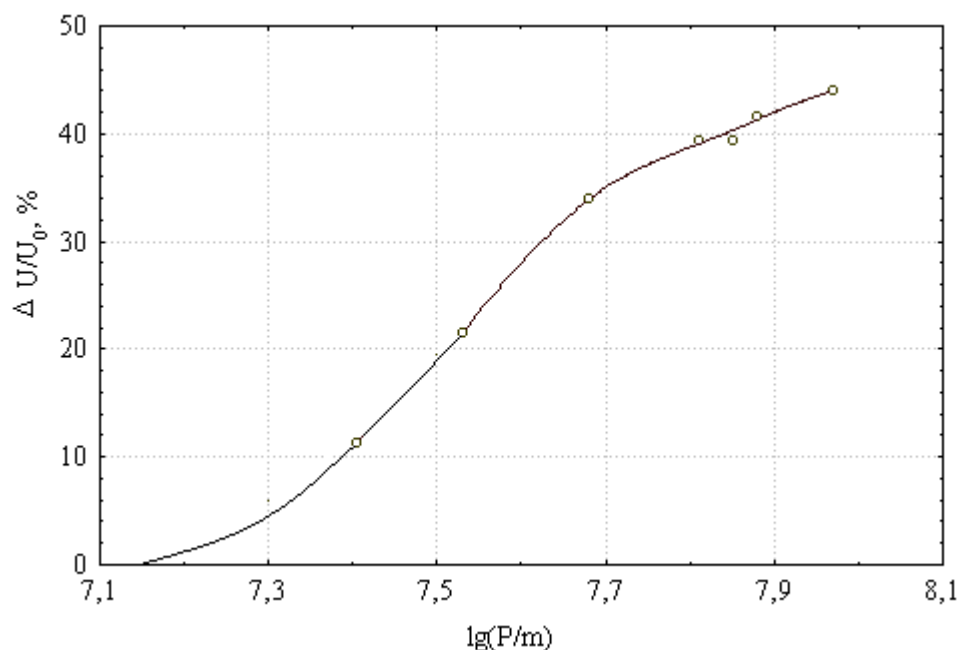


Рис.4. Зависимость относительного уменьшения напряжения в алюминиевом электролите от логарифма удельной мощности разряда при 1233 К.

В криолит – глиноземном электролите наиболее вероятно образование оксифторидных ионов

типа $AlOF_n^{(n-1)-}$ [12]. Во второй координационной сфере находятся свободные ионы Al^{3+} , Na^+ , F^- . Они ответственны за перенос тока при низких напряжениях. При ВИР ионы получают дополнительную энергию, и часть комплексных ионов разрушается, скорее всего, ударным механизмом. В электролите устанавливается более высокий уровень равновесия. Уровень активации можно поднять, увеличивая удельную энергию высоковольтного разряда. Следует отметить, что большую роль при этом играет крутизна нарастания подаваемого напряжения (рис.1). При меньших скоростях фронта напряжения подобный эффект значительно уменьшается.

В экспериментах после первой серии импульсов на кривых $U = f(t)$ (U – напряжение на электролизере) появляется максимум в течение первых трех минут, а через 5 – 6 минут напряжение стабилизируется и устанавливается ниже, чем вначале после ВИР. Очевидно, при первоначальной активации электролита разрушение комплексных оксифторидных ионов частично происходит за счет внутренней энергии системы. Это должно привести к уменьшению температуры (увеличению сопротивления) расплава. Подобное явление было обнаружено и Диллером [6], который заметил даже затвердевание расплава. Через 2 – 3 минуты температура расплава возвращается к исходному значению и напряжение на электролизере стабилизируется. Дальнейшая доактивация электролита более мощными разрядами не приводит к заметному подобному эффекту, так как комплексные ионные группировки уже частично разрушены и их релаксация происходит очень медленно. Уровень же активации при этом увеличивается. Если на

активированный электролит подавать импульсы напряжения сравнительно меньшей величины, чем те, при которых осуществлялась активация, изменение напряжения на электролизере не наблюдается. В экспериментах выход по току нами не исследовался.

Полученные результаты позволяют полагать, что применение высоковольтных разрядов в металлургии при производстве алюминия (и не только) за счет уменьшения удельного расхода электроэнергии приведет к значительному экономическому эффекту (уменьшение напряжения электролиза при одном и том же токе). Естественно, для промышленного внедрения данного метода необходимо исследовать и такие свойства промышленных электролитов, как поверхностное натяжение, плотность, вязкость, масс – перенос и др., когда они подвергнуты ВИР- активации. В частности, уменьшение поверхностного натяжения электролита после ВИР благоприятно скажется при получении металлов, плотность которых меньше плотности электролита, так как он всплывает на поверхность расплава.

Известно, что при электрокристаллизации из расплавов сравнительно трудно получать толстые осадки металлов в компактном виде. Рост толщины осадка сопровождается образованием дендритов или губкообразного слоя, связанного, в основном, диффузными затруднениями и влиянием примесей. При активации солевых расплавов высоковольтными импульсами диффузионные затруднения должны быть устранены. Это приведет к улучшению качества осаждаемых металлов и увеличению скорости масс – переноса. Не исключено, что в активированных расплавах реакционная способность также будет увеличена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Романов П.Г., Курочкин М.И. Актуальные проблемы химической технологии. – ЖПХ. 1986. Т.49. № 9. С. 1897 – 1907.
2. Molten salt chemistry. / Ed. by M.Blander. New York – London – Sydney: Interscience Publishers. 1964. 775 p.
3. Делимарский Ю.К. Химия ионных расплавов. Киев: Наук. думка. 1980. 327 с.
4. Физико-химические свойства расплавленных электролитов $KF-NaF-AlF_3$. А. П. Аписаров, А. Е. Дедюхин, А. А. Редькин, О. Ю. Ткачева, Ю. П. Зайков // Электрохимия. 2010. Т. 46. №. 6. С. 672–678.
5. Patent US. № 2939824. Method and Apparatus for the production of aluminum. E.W.Greenfield – Rubl. 7 June 1960.
6. Diller I.M. Activated Molten Salt. Nature. 1969. V.224. P. 877 – 879.
7. Гаджиев С.М., Присяжный В.Д. Электропроводность солевых расплавов в сильных электрических полях. – В кн.: Ионные расплавы и твердые электролиты. – Киев: Наук. думка. 1986. Вып.1. С. 21 – 31.
8. Шабанов О.М. Предельные электропроводности ионов в расплавленных солях. – Расплавы. 1987. Т.1. Вып.5. С.66 – 75.
9. Гаджиев С.М., О.М.Шабанов, С.А.Джамалова. Влияние высоковольтных импульсных полей на поверхностное натяжение расплавленных солей. Региональный вестник молодых ученых. 2009. № 3 (19). С. 41-46.
10. Гаджиев С.М., О.М.Шабанов, А.О. Магомедова. Предельная электропроводность расплавленных $CaCl_2$, $SrCl_2$ и $BaCl_2$. – Расплавы. 2003, № 5. С. 42-48.
11. Гаджиев С.М., О.М.Шабанов, А.О.Магомедова, С.А Джамалова, Предельные высоковольтные электропроводности расплавленных смесей $KCl - MCl_2$ ($M = Ca, Sr, Ba$). //Электрохимия. 2003. Т. 39. № 4. С.425-430.
12. Ветюков М.М. Некоторые вопросы современной теории электролитического получения алюминия. – В кн.: Строение ионных расплавов и твердых электролитов. – Киев: Наук. Думка. 1977. С. 80 – 86.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕАКЦИИ АЛКОГОЛИЗА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
ВИНТЕРИЗАЦИИ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА**

Омельченко Ю.Е.

Стажер/преподаватель кафедры технологии жиров и продуктов брожения, Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», г. Харьков

Демидов И.Н.

Доктор технических наук, профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», г. Харьков

Левчук И.В..

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией института экогигиены и токсикологии имени Л.И. Медведя, г. Киев

**USE OF THE ALCOHOLISE REACTION FOR RECOVERY OF WASTE WINTERIZATION OF
SUNFLOWER OIL**

Omelchenko J.

Intern teacher of the Department of Technology of fats and fermentation products, National Technical University "Kharkovsky Polytechnic Institute", Karkiv

Demidov I.

Doctor of technical sciences, professor of the Department of Technology of fats and fermentation products, National Technical University "Kharkovsky Polytechnic Institute", Karkiv

Levchuk I.

Candidate of engineering sciences, Head of the Laboratory of the Institute of Ecohygiene and Toxicology named after L.I. Medved, Kiev

Аннотация

В статье представлены результаты исследования процесса извлечения воскоподобных веществ из отходов винтеризации подсолнечного масла с использованием реакции алкоголиза. Показана возможность получения низкомолекулярных эфиров жирных кислот без предварительного извлечения липидной части из отработанного фильтровального порошка. Установлены рациональные условия процесса алкоголиза с использованием в качестве катализаторов алкилсульфоуксусной и концентрированной серной кислоты. Проанализирован качественный и количественный состав полученных продуктов реакции методом газовой хроматографии.

Abstract

The article presents the results of a study of the process of extraction of waxen substances from wastes of winterization of sunflower oil using the alcoholysis reaction. The possibility of obtaining low-molecular fatty acid esters without preliminary extraction of the lipid part from the waste filter powder is shown. The rational

conditions of the alcoholysis process using alkylsulfonic acid and concentrated sulfuric acid as catalysts were established. The qualitative and quantitative composition of the products of the reaction was analyzed by the method of gas chromatography.

Ключевые слова: отработанный фильтрующий порошок, воскоподобные вещества, алкоголиз, алкилсульфокислота, концентрированная серная кислота.

Keywords: waste filter powder, waxen substances, alcoholysis, alkylsulfonic acid, concentrated sulfuric acid.

Введение.

Современные тенденции развития масложировой промышленности направлены на рациональную переработку всех компонентов растительного сырья, что предусматривает не только повышение качества изготавливаемого продукта, но и сокращение отходов производства. Данный подход позволит предприятиям перейти на малоотходную или безотходную технологию производства. Во-первых, это предусматривает снижение затрат на утилизацию и переработку отходов производства, тем самым уменьшает негативное влияние на окружающую среду. Во-вторых, увеличение рентабельности производства, за счет полноты использования сырья и сокращения энергозатрат на производство [1, 2].

В масложировой промышленности выделение воскоподобных веществ является важным технологическим процессом очистки подсолнечного масла от сопутствующих веществ, который не только улучшает товарный вид продукта, но и дает возможность извлечения воскоподобных веществ из вторичного продукта (зажиренного фильтровального порошка) с целью их дальнейшего использования в различных отраслях промышленности.

Данный вторичный продукт чаще всего используются в качестве удобрения для восстановления почвы добавок к комбикормам животных, сырья для производства цемента и кирпича, или вывозится в места захоронения. Однако предлагаемые способы утилизации являются нерациональными, так как отработанный фильтровальный порошок содержит в себе ценные компоненты, а именно воскоподобные вещества, растительное масло и фильтровальный порошок.

Целесообразность разделения отработанного фильтровального порошка на воскоподобные вещества, растительное масло и регенированный фильтровальный порошок объясняется спросом на данные компоненты в различных отраслях промышленности.

Наибольшими сегментами рынка воскоподобных веществ в зависимости от их качественных показателей являются отрасли пищевой и химической промышленности. Извлеченное растительное масло, в зависимости от степени окисленности, может быть возвращено в производство, либо использовано для технических целей (производства биодизельного горючего, олифы, консистентных смазок, и т.д.). А регенированный фильтровальный порошок может быть рекомендован для повторного использования на стадии вымораживания.

Предлагаемые способы рационального разделения отработанного фильтровального порошка различаются по способу разделения (с помощью органических растворителей или без их применения) и по целевым продуктам [3-5].

Одним из перспективных способов разделения отработанного фильтровального порошка является экстракция низкомолекулярными спиртами [6]. Это позволяет получить, кроме воскоподобных веществ и регенированного фильтровального порошка, спиртовой смесь растительного масла, из которой в дальнейшем можно получить низкомолекулярные эфиры жирных кислот с использованием реакции алкоголиза.

Однако, данные способы имеют ряд недостатков, которые могут создать трудности для реализации предлагаемых технологий на предприятия, особенно малых. А именно, сложность аппаратного оформления, длительность процесса, узконаправленность или многостадийность процесса, регенерация растворителя и повышенный контроль конечных продуктов.

Анализируя выше сказанное, одним из перспективных направлений разделения отработанного фильтровального порошка является проведение реакции алкоголиза непосредственно на отработанном фильтровальном порошке, без предварительной экстракции липидной части, и выделением воскоподобных веществ. Это дает возможность уменьшить расход растворителя, сократить стадии процесса и упростить аппаратное оформление, а так же получить востребованные продукты.

Цель и основные задачи исследования.

Основной целью исследования является извлечение воскоподобных веществ из отработанного фильтровального порошка реакцией алкоголиза и проанализировать глубину извлечения липидов.

В соответствии поставленной целью сформулированы и решены следующие задачи:

1) экспериментально определить рациональные технологические параметры проведения реакции алкоголиза с использованием различных катализаторов;

2) исследовать кинетику реакции алкоголиза с применением в качестве катализаторов концентрированной серной кислоты и алкилбензолсульфокислоты;

3) определить с помощью метода газовой хроматографии качественный и количественный состав извлеченных воскоподобных веществ;

4) определить количественное содержание образовавшихся этиловых эфиров жирных кислот при использовании различных катализаторов.

Материалы и методы исследования.

Для реализации поставленных задач исследовался образец отработанного фильтровального порошка, полученный непосредственно с производства рафинированного подсолнечного масла, с содержанием липидной части около 54 %, содержание воскоподобных веществ $\approx$ около 8 % от липидной части отработанного фильтровального порошка.

В качестве спиртового компонента реакции алкоголиза выбран абсолютный этиловый спирт промышленного производства с количественным содержанием основного вещества около 99,5 %. Преимуществом данного спиртового компонента по сравнению с метиловым спиртом является возможность получения его из возобновляемых источников сырья, низкое негативное влияние на организм человека и доступность. Основываясь на предварительных опытах и гетерогенной природе компонентов системы, массовое соотношение отработанный фильтровальный порошок : этанол принято как 1:15.

В процессе реакции алкоголиза использовались кислотные катализаторы, а именно концентрированная серная кислота и алкилбензолсульфокислота (АБСК). По предварительным исследова-

ниям установили концентрацию выбранных катализаторов, которая составила 3 % от липидной части отработанного фильтровального порошка.

Алкоголиз проводили в реакторе оборудованном обратным холодильником и нагревателем, при механическом перемешивании. Температурный режим процесса выбран около 80°C, в соответствии с температурой кипения спиртового компонента. По окончании реакции смесь отфильтровывали от фильтровального порошка, промывали и высушивали до постоянной массы.

Спиртовая мисцелла, состоящая из этиловых эфиров жирных кислот, триацилглицеролов, диацилглицеролов, моноацилглицеролов, воскоподобных веществ, непрореагировавшего этилового спирта и катализатора, была разделена.

Воскоподобные вещества извлекали методом кристаллизации из полученного раствора в течение 12 часов. После чего, отфильтровывали и промывали от катализатора.

Результаты и обсуждение исследования.

Кинетика реакции алкоголиза на отработанном фильтрующем порошке с использованием в качестве катализаторов концентрированной серной кислоты и алкилбензолсульфокислоты, в концентрации 3 % от липидной части, представлена на рис. 1.

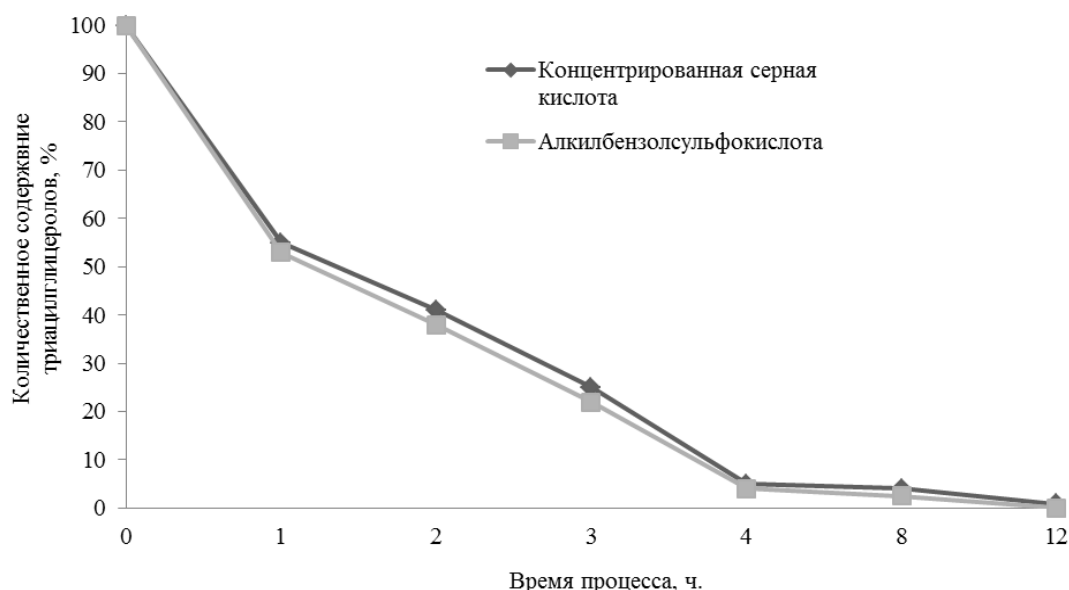


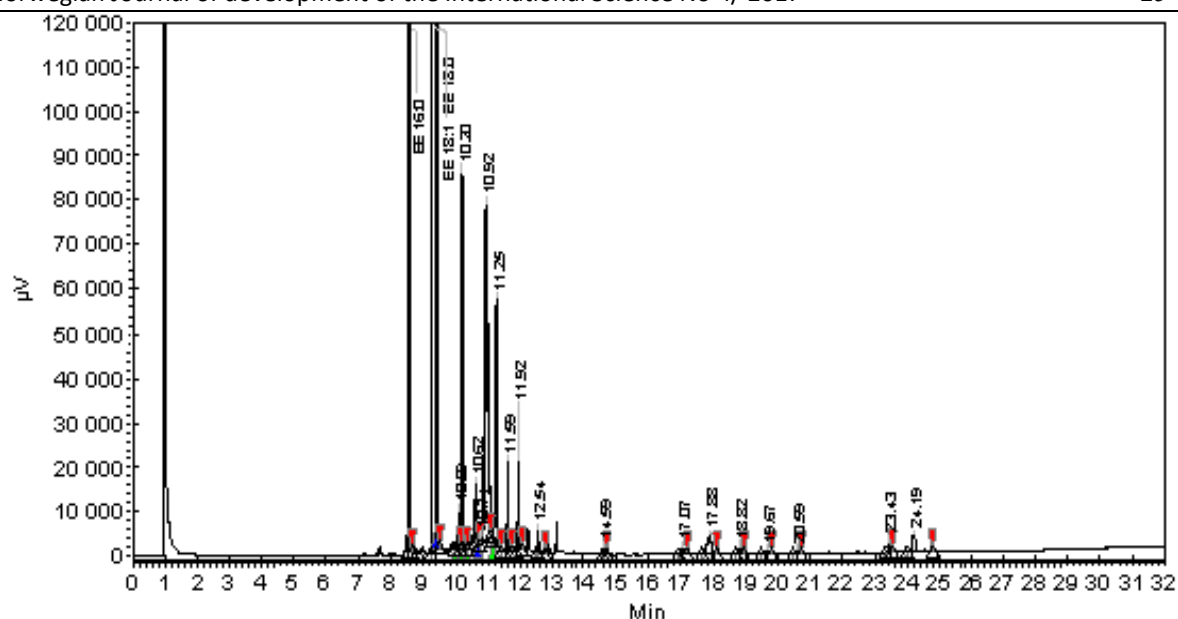
Рис. 1 Кинетические кривые реакции алкоголиза в зависимости от используемого катализатора

Из данных, приведенных на рис. 1 видно, что скорость реакции алкоголиза с применением в качестве катализаторов концентрированной серной кислоты и алкилбензолсульфокислоты практически одинаковы и способны обеспечить высокую глубину реакции алкоголиза.

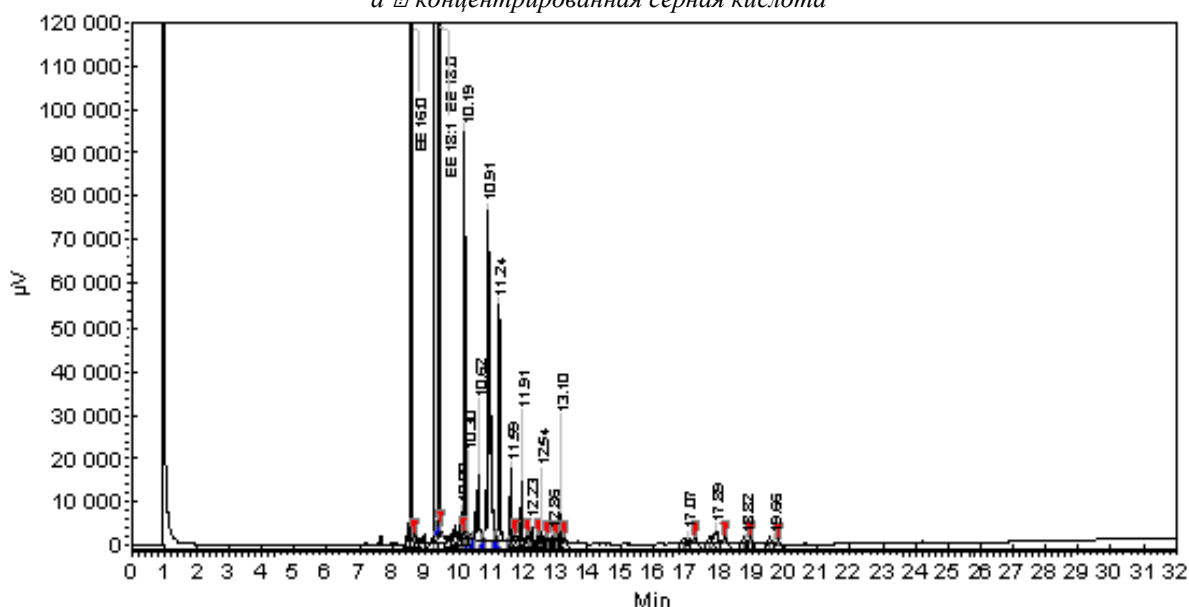
По результатам эксперимента (рис. 1) было определены рациональные условия проведения процесса, а именно длительность составила 8 ч., концентрация катализаторов 3 % от липидной ча-

сти отработанного фильтровального порошка, температура реакции около 80°C.

Кроме этого, установили количественное содержание этиловых эфиров жирных кислот в продуктах реакции для экспериментов с концентрированной серной кислотой и алкилбензолсульфокислотой с помощью метода газовой хроматографии. Результаты исследования представлены на рис. 2.



а [?] концентрированная серная кислота



б $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$ алкилбензолсульфокислота

Рис. 2 Хроматографический анализ этиловых эфиров жирных кислот полученных реакцией алкоголиза: а – концентрированная серная кислота, б – алкилбензолсульфокислота

По данным хроматограмм представленных на рис. 2 видно, что этиловые эфиры жирных кислот, полученных с помощью реакции алкоголиза с использованием кислотных катализаторов, качественно практически одинаковы.

По результатам хроматографического анализа определили количественное содержание этиловых эфиров жирных кислот для обоих катализаторов, которое составило 83 % и 87 % для концентрированной серной кислоты и алкилбензолсульфокислоты соответственно.

При анализе продуктов реакции также были определены количественное содержание моноа-

цилглицеролы, диацилглицеролы и триацилглицеролы в количестве. Оно составило 7 %, 16 % и 0 % соответственно, которые для обоих катализаторов совпадают в пределах ошибки хроматографического анализа. Данные вещества являются пищевыми поверхностно-активными веществами и используются во многих пищевых производствах.

Также методом газовой хроматографии определили качественный и количественный составы извлеченных воскоподобных веществ. Результаты представлены на рис. 3.

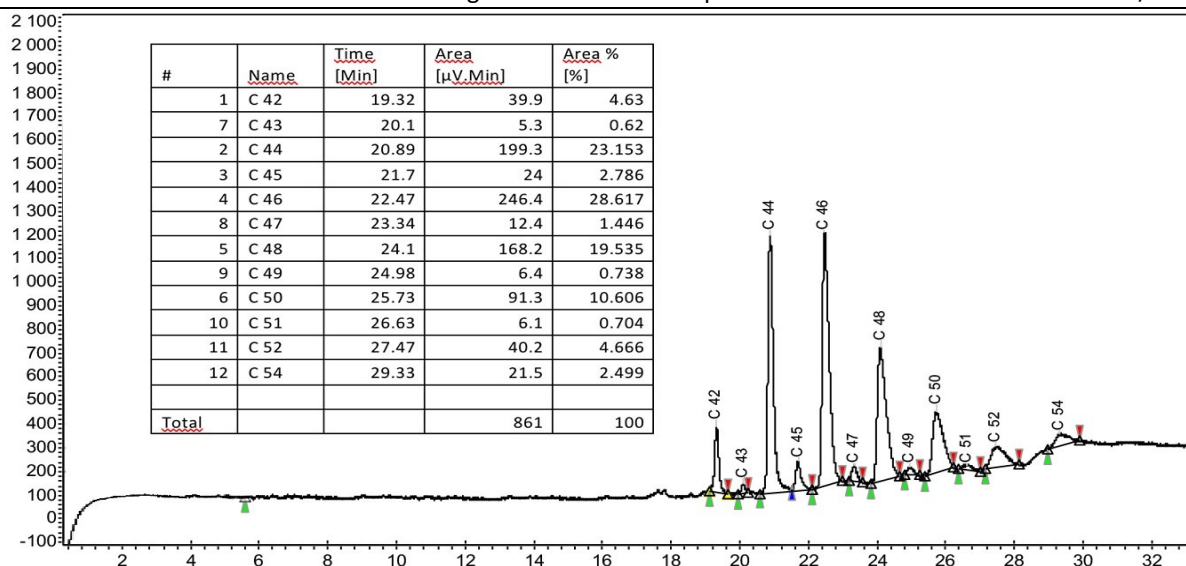


Рис. 3. Качественный состав воскоподобных веществ извлеченных после реакции алкоголиза

Анализ хроматограмм воскоподобных веществ, полученных ранее экстракцией в работе [7], показал что, качественный состав воскоподобных веществ практически одинаков с воскоподобными веществами полученных реакцией алкоголиза. Концентрация сложных эфиров восков с чётным числом атомов С от С42 до С56 гораздо выше, чем с нечётным числом атомов С от С43 до С53.

По данным хроматографического анализа определили количественное содержание воскоподобных веществ, которое составило около 79,7 % от общего содержания в липидной части отработанного фильтровального порошка.

Выводы.

Показана возможность получения этиловых эфиров жирных кислот без предварительного извлечения из отработанного фильтровального порошка липидной части.

Установлены рациональные условия проведения реакции алкоголиза с использованием концентрированной серной кислоты и алкилбензолсульфокислоты, а именно длительность реакции составила 8 ч., концентрация катализаторов 3 % от липидной части отработанного фильтровального порошка. Скорости реакции с исследуемыми катализаторами практически одинаковы, а катализаторы обеспечивают достаточную глубину реакции.

С помощью газовой хроматографии определили количественное содержание этиловых эфиров жирных кислот и воскоподобных веществ. Выход этиловых эфиров жирных кислот компонента биодизельного топлива, составил около 87 %, а выход извлеченных воскоподобных веществ около 79,7 % от общего содержания воскоподобных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. – 2006. – Vol. 45, Issue 2. – P. 45–52.
2. Weber K. New concepts of environmental,

protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – P. 512–515.

3. Пат. RU 2215025 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ разделения фильтрационного осадка от производства "вымороженного" подсолнечного масла на масло, восковой концентрат и фильтр-порошок [Текст] / Бавика В.И., Беденко В.Г., Чистяков Б.Е., Ризманов И.О. заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Экохим». № 99115983/13, заявл. 15.10.1998, опубл. 24.05.2001.

4. Пат. RU 2385899 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ выделения воска [Текст] / Кислов С.В. заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Масло-экстракционный завод Юг Руси». № 2008152688/13, заявл. 29.12.2008, опубл. 10.04.2010.

5. Пат. RU 2347805 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ безотходной утилизации отработанных диатомитовых и перлитовых фильтровальных порошков, используемых при производстве рафинированных растительных масел [Текст] / Цатурян А.С., Симкин В.Б., Авдеев А.А., Масликов В.А., Красавцев Б.Е. заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Южный полюс». заявл. 05.09.2006, опубл. 27.02.2009.

6. Савус А.А. Извлечение жиров из отработанного адсорбента производства пищевых растительных масел перколяционным методом / А.А. Савус, С.Н. Мольченко, И.Н.Демидов // Вестник НТУ «ХПИ» Харьков: НТУ «ХПИ». 2011. № С 48.

7. Омельченко Ю.Е. Качественные показатели воскоподобных веществ / Ю.Е. Омельченко, И.Н.Демидов // Вестник НТУ «ХПИ» Серия: "Нові рішення в сучасних технологіях" Харьков: НТУ «ХПИ». 2016. №42(1214) С 193.

MATHEMATICAL SCIENCES

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Иновенков И.Н.

доцент факультета ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, гор. Москва, РФ

Андреев А.С.

аспирант факультета ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, гор. Москва, РФ

Кусайнов Д.Д.

магистрант Казахского филиала МГУ имени М.В.Ломоносова, гор. Астана, РК

Филиппычев Д.С.

старший научный сотрудник факультета ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, гор. Москва, РФ

Нефедов В.В.

доцент факультета ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова, гор. Москва, РФ

MATHEMATICAL MODELING OF POPULATION DYNAMICS INSIDE THE URBAN ENVIRONMENT

Inovenkov I.

*Associate Professor of the Dept of Computational Math & Cybernetics,
Moscow State University, Russian Federation*

Andreev A.

*Postgraduate student of the Dept of Computational Math & Cybernetics,
Moscow State University, Russian Federation*

Kussainov D.

*MA student of the Dept of Computational Math & Cybernetics,
Moscow State University in Republic of Kazakhstan, Astana City*

Filippychev D.

*Senior Research Fellow of the Dept of Computational Math & Cybernetics,
Moscow State University, Russian Federation*

Nefedov V.V.⁵⁾

*Associate Professor of the Dept of Computational Math & Cybernetics,
Moscow State University, Russian Federation*

Аннотация

Основу рассматриваемой в настоящей работе математической модели составляет так называемое пространственно-динамическое приближение, в рамках которого исследуется вопрос развития и динамики внутригородского населения. Взаимодействие двух групп населения внутри единой городской агломерации может быть описано на качественном уровне с помощью системы из двух нестационарных нелинейных дифференциальных уравнений диффузионного типа. Результаты численного моделирования свидетельствуют, что при соответствующем подборе коэффициентов предложенной математической модели возможны различные сценарии развития ситуации: от полного вытеснения одной группы населения другой (изначально более «агрессивной») до «мирного» сосуществования их между собой.

Abstract

In this paper using a mathematical model of the so-called space-dynamic approach we investigate the problem of development and dynamics of urban population. Interaction of two population groups inside a single urban area can be described qualitatively by a system of two non-stationary nonlinear differential equations of the diffusion type. The results of numerical simulation show that with a suitable choice of the coefficients of the proposed mathematical model may be different scenarios of situation development: from complete displacement of one population group by another (originally more “aggressive”) to the “peaceful” co-existence of them together.

Ключевые слова: математическое моделирование, городское население, нелинейные дифференциальные уравнения диффузионного типа, пространственно-временная динамика городского населения, устойчивые и неустойчивые режимы

Keywords: mathematical modeling, the urban population, the non-linear differential equations of the diffusion type, spatiotemporal dynamics of urban population, stable and unstable regimes

ВВЕДЕНИЕ

Всякая экономическая деятельность соотносится с определенным временем и местом, а потому важным аспектом эволюционных систем явля-

ется учет пространственных зависимостей. С прогрессом в условиях транспортировки и связи взаимодействие между различными экономическими переменными становится в значительной мере за-

висимым от расположения в пространстве. Важно было бы понять характеристики таких пространственных взаимодействий или, в известном смысле, пространственную самоорганизацию в экономике.

Пространственно-временные процессы экономической эволюции отражают свойство изменения структуры и сложное динамическое поведение. В урбанистике можно показать, что медленно протекающие градоформирующие процессы могут быть связаны с регулярными и нерегулярными временными осцилляциями.

В географии и науке об экономике городов и регионов построено множество моделей для объяснения настоящих и прогноза будущих процессов градоформирования. В пример можно привести три подхода предложенных еще в прошлом веке специалистами в этой области.

Первый, называемый «неоклассической экономикой городов», развивался усилиями целого ряда экономистов, специализирующихся в урбанистике, в первую очередь такими, как Уильям Алонсо. Последний разработал модель земельного рынка в городе и его окрестностях (модель Алонсо) на основе модели Тюнена, адаптировав ее к рынку городской земли [1, 100]. Алонсо предположил, что выезд населения за город был связан с двумя факторами ростом доходов и улучшением транспортной инфраструктуры.

Рост доходов в модели Алонсо вызывает рост спроса у населения на размер земельного участка, а снижение транспортных издержек снижает стремление населения жить ближе к центру. Чтобы эти процессы были учтены в модели, Алонсо, по-видимому, одним из первых, ввел в функции прибыли для компаний и в функции полезности для домохозяйства такие факторы, как размер участка и удаленность участка от центра. Но подход неоклассической экономики ограничен, как правило, анализом равновесных состояний и заведомо предполагает их устойчивость.

Второй подход разрабатывался, в основном, исследователями в области науки о регионах и географии. Время и место в этом подходе играло существенную роль. Однако, поскольку при этом пространство разбивается на дискретные зоны, оказывается невозможным объяснить внутреннюю структуру таких моделей городов.

Третий подход, называемый пространственным динамическим приближением, для исследования проблем динамики городов использует непрерывное пространство [2, 3]. Зангом была предложена такая модель, где в фокусе внимания находится именно проблема эволюции внутренней структуры городов. Таким образом, задача о развитии города описывается системой уравнений в частных производных с соответствующими граничными и начальными условиями.

С тех пор проблемы городов весьма усложнились в результате технологического прогресса и изменения поведения людей. Городские системы нашего времени характеризуются возрастанием разнообразия протекающих в них процессов. Цен-

трализация городов наблюдалась как в развитых странах, так и в странах развивающихся; но в городских структурах современности все больше можно увидеть процессы децентрализации, и сегодня чаще мы наблюдаем гетерогенные городские образования, нежели гомогенные. Образцами сложности городских форм являются такие мегаполисы, как Токио, Париж, Нью-Йорк и т.п.

Это хорошо известно, что распределения населения и социальноэкономической деятельности тяготеют к агрегации и регионализации. Причиной тому может служить наличие многих факторов. Скажем рассуждать о том, как человек прибывает в город и желает купить землю для проживания, можно с различных точек зрения. В пример можно привести жаркие споры между экономистами и экологами: экономисты склонны утверждать, что в этом случае речь не идет ни о каких чувствах, поскольку обсуждаемый индивидум – экономичный человек, столкнувшийся с двумя необходимостями выбора: насколько большой участок покупать и насколько близко разместиться по отношению к центру города. Экологи отвечают, что индивидум будет оценивать очевидный характер и расовый состав проживающих рядом людей, качество школ в окрестностях, расстояние до родственников, живущих в городе и тысячи других факторов.

В данной работе, основываясь на результатах исследования в предшествующих трудах, рассматривавших эволюционные подходы к процессам модели градоформирования, исследуется взаимодействие переменных в процессе градоформирования, а также пространственная нелинейная диффузия, участвующая как «стабилизатор» или, наоборот, «дестабилизатор» модели.

Математическая постановка задачи

Население подразделяется на различные группы в соответствии с их экономическими или индивидуальными характеристиками. Население можно классифицировать по расовому происхождению (европейское – неевропейское), по уровню финансового дохода (богатых – бедные), по уровню образования (образованные – необразованные) и т.п.

В целом ряде высокоразвитых в экономическом отношении стран сосуществование групп населения, принадлежащих к различным социальным слоям, порождало и порождает серьезные социальные проблемы, вследствие чего стало активно изучаться с различных точек зрения.

Взаимодействие подобных групп населения внутри единой городской агломерации может быть описано на качественном уровне с помощью системы из нескольких, нестационарных, нелинейных дифференциальных уравнений диффузионного типа. Для простоты рассмотрено только две группы, обозначаемые как «*группа 1*» и «*группа 2*»:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = L_1 u + F_1(u, v) \\ \frac{\partial v}{\partial t} = L_2 v + F_2(u, v), \end{cases}$$

где искомые функции $u = u(x_1, x_2, t)$ и $v = v(x_1, x_2, t)$ по смыслу определяют соответственно плотности 1-ой и 2-ой групп населения в точке (x_1, x_2) в момент времени t .

Функции «взаимодействия» $F_s(u, v)$, $s = \overline{1, 2}$, (их можно трактовать как

источники), в данной системе уравнений (1) играют важную роль, т.к. оказывают непосредственное влияние на всю модель в целом. Детали задания этих функций будут обсуждаться далее. (1)

В системе (1) дифференциальный оператор второго порядка (оператор диффузии) $L_s(.)$ присутствует в правых частях уравнений, описывая эффект географической (пространственной) диффузии населения, причем структура этого оператора следующая:

$$L_s(.) = \text{div}(K_s \text{grad}(.)), s = \overline{1, 2},$$

что приводит к следующему виду:

$$L_s(.) = \text{div}(K_s \text{grad}(.)) = \nabla \cdot (K_s \nabla(.)) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(K_s \frac{\partial .}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(K_s \frac{\partial .}{\partial x_2} \right).$$

Далее будем считать, что коэффициенты этого оператора $K_s = K_s(u, v)$ являются функциями неизвестного решения, что означает нелинейность системы уравнений (1). Зависимость этих коэффициентов от неизвестных функций опреде-

ляет нелинейность рассматриваемой задачи и все проблемы ее численного решения, которые с этим связаны.

Система (1) решается в области Ω (рис. 1).

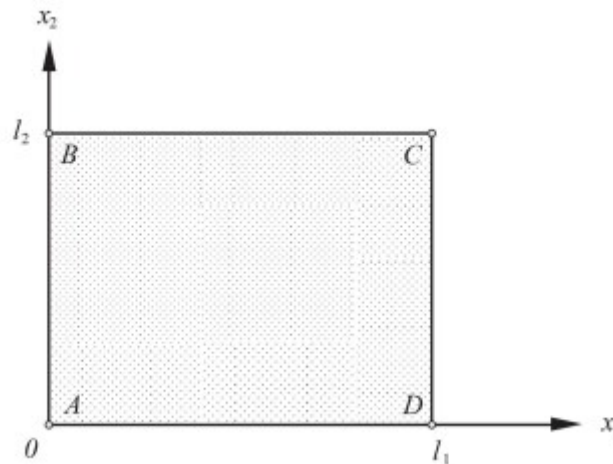


Рис. 1. Область решения задачи: x_1, x_2 - декартовы координаты;

l_1 - ширина области по координате x_1 , l_2 - ширина области по координате x_2 ,

A, B, C, D - граничные (угловые) точки.

Для завершения математической постановки задачи для дифференциальной системы (1) необходимо задать начальные и граничные условия.

Начальные условия

Задание начальных условий (условий Коши) для системы (1), вообще говоря, не представляет каких-либо технических сложностей.

Будем считать, что в начальный момент времени $t = 0$ исходная структура групп населения (их плотности в начальный момент времени) описывается двумя заданными функциями:

$$\begin{cases} u(x_1, x_2, t)|_{t=0} = u_0(x_1, x_2) \\ v(x_1, x_2, t)|_{t=0} = v_0(x_1, x_2), \end{cases} \quad (2)$$

где $(x_1, x_2) \in \Omega$.

Задание граничных условий

Для системы дифференциальных уравнений (1) могут быть поставлены граничные условия первого, второго или третьего родов.

Граничные условия первого рода:

$$\begin{cases} u(x_1, x_2, t)|_{\Gamma} = \varphi_1(x_1, x_2, t) \\ v(x_1, x_2, t)|_{\Gamma} = \varphi_2(x_1, x_2, t), \end{cases} \quad (3)$$

где $(x_1, x_2) \in \Gamma$, $\Gamma = \partial\Omega$ - граница области Ω , а граничные функции $\varphi_s(.,.,.)$, $s = \overline{1,2}$, считаются известными. Таким образом, здесь задается распределение населения на границах области решения в каждый момент времени.

Граничные условия второго рода:

$$\begin{cases} \lambda_1 \frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = \varphi_1(x_1, x_2, t) \\ \lambda_2 \frac{\partial v}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = \varphi_2(x_1, x_2, t), \end{cases} \quad (4)$$

где точка $(x_1, x_2) \in \Gamma$. Здесь допускается поток (переток) населения через границу городского пространства (области решения), n - внешняя единичная нормаль к границе $\Gamma = \partial\Omega$. Если эти потоки равны нулю, то, соответственно, каких-либо перемещений через границу области нет.

- $\frac{\partial \cdot}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = -\frac{\partial \cdot}{\partial x_1} \Big|_{AB}$, $(x_1, x_2) \in AB = \{x_1 = 0, 0 < x_2 < l_2\}$;
- на участке границы BC это: $\frac{\partial \cdot}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = \frac{\partial \cdot}{\partial x_2} \Big|_{BC}$, $(x_1, x_2) \in BC = \{0 < x_1 < l_1, x_2 = l_2\}$;
- на участке границы CD это: $\frac{\partial \cdot}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = \frac{\partial \cdot}{\partial x_1} \Big|_{CD}$, $(x_1, x_2) \in CD = \{x_1 = l_1, 0 < x_2 < l_2\}$;
- на участке границы DA это: $\frac{\partial \cdot}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = -\frac{\partial \cdot}{\partial x_2} \Big|_{DA}$, $(x_1, x_2) \in DA = \{0 < x_1 < l_1, x_2 = 0\}$.

В итоге имеем систему нелинейных дифференциальных уравнений (1) с начальными условиями (2) и граничными условиями одного из трех видов (3)-(5).

При соответствующем подборе параметров этой модели (коэффициентов диффузии, вида функций источника F_s и т.д.) можно надеяться на получение таких режимов решения (режимы с обострением, возникновение аттракторов и т.д.), которые представляют значительный интерес не только с чисто научной, но и практической точек зрения.

Численная схема решения

Поставленная задача (1), т.к. представляет достаточно сложную систему нелинейных диффе-

Граничные условия третьего рода:

$$\begin{cases} \left(A_1 u + \lambda_1 \frac{\partial u}{\partial n} \right) \Big|_{\Gamma} = \varphi_1(x_1, x_2, t) \\ \left(A_2 v + \lambda_2 \frac{\partial v}{\partial n} \right) \Big|_{\Gamma} = \varphi_2(x_1, x_2, t), \end{cases} \quad (5)$$

где точка $(x_1, x_2) \in \Gamma$ и коэффициенты $A_s = const$, $s = \overline{1,2}$.

Как и в физических задачах теплопереноса, здесь предполагается, что обмен с внешней средой может иметь место. Трактовать это можно следующим образом: невозможно ограничить поток население в какую-либо сторону.

Таким образом, граничные условия, определяют то, как городская система взаимодействует с «внешним миром».

В краевых условиях второго и третьего родов (4)-(5) производная обозначает нормальную производную от искомой функции по вектору внешней единичной нормали к соответствующему участку границы

$\Gamma = \{AB \cup BC \cup CD \cup DA\}$, т.е.:

- на участке границы AB это:

ренциальных уравнений диффузионного типа, описывающих пространственно-временное взаимодействие различных групп населения, в настоящей работе решается численно методом конечных разностей (МКР).

Для численного решения используется неявный метод переменных направлений. Программный код реализован в среде разработки MatLab.

Сеточная функция

Для численной аппроксимации системы дифференциальных уравнений (1) водится пространственная сетка, покрывающая область Ω :

$x_1^{(i)} = i \cdot h_1$, $x_2^{(j)} = j \cdot h_2$, где h_1, h_2 - шаги по пространству ($h_s = \frac{l_s}{N_s}$, $s = \overline{1, 2}$), а $t^{(k)} = k \cdot \tau$ - k -ый временной слой ($k = \overline{0, K_{\max}}$), τ - шаг по времени.

Таким образом, вся расчетная область Ω покрывается сеткой (рис. 2).

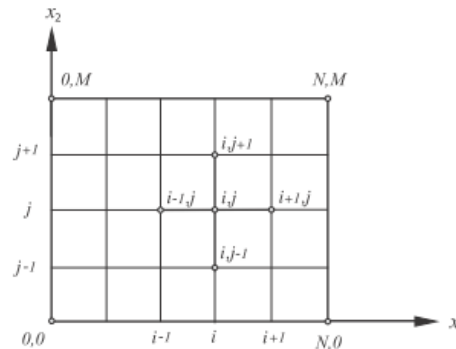


Рис. 2. Разностная сетка в области решения задачи.

Узлы, которые попали внутрь Ω , назовем внутренними, а их совокупность обозначим ω_h . Точки пересечения прямых $x_1 = x_1^{(i)}$ и $x_2 = x_2^{(j)}$ границей области Γ назовем граничными, а множество всех граничных узлов обозначим соответственно как γ_h .

Таким образом, «непрерывная» область Ω заменяется сеткой $\Omega_h = \omega_h \cup \gamma_h$, а вместо непрерывной функции $u = u(x_1, x_2, t)$ в рассмотрение вводится ее сеточный аналог – сеточная функция $y_{ij}^{(k)} = y(x_1^{(i)}, x_2^{(j)}, t^{(k)})$ [4, 67].

Разностная аппроксимация дифференциальных уравнений

Система (1) состоит из дифференциальных уравнений одного типа, поэтому для удобства описания численной схемы решения воспользуем-

$$L(u) \square \dots = \Lambda_{1h}(u_{ij}) + \Lambda_{2h}(u_{ij}) =$$

$$\begin{aligned} & K(i + \frac{1}{2}, j) \frac{u_{i+1,j} - u_{ij}}{h_1} - K(i - \frac{1}{2}, j) \frac{u_{ij} - u_{i-1,j}}{h_1} + \\ & + K(i, j + \frac{1}{2}) \frac{u_{ij+1} - u_{ij}}{h_2} - K(i, j - \frac{1}{2}) \frac{u_{ij} - u_{ij-1}}{h_2}. \end{aligned}$$

Для численного решения задачи (6) выгодно применить неявную схему переменных направлений (в литературе эту схему часто называют схемой Писмена–Рекфорда [5, 28]).

Метод переменных направлений

Разностная дискретизация уравнения (6) проводится на основе локально-одномерной схемы для уравнений с переменными коэффициентами

ся далее рассмотрением лишь одного уравнения из этой системы с соответствующими краевыми условиями:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = L(u) + F(u), x = (x_1, x_2) \in \Omega, t > 0, \\ (Au + \lambda \frac{\partial u}{\partial n}) \Big|_{\Gamma} = \varphi(x, t), x \in \Gamma = \partial\Omega, \\ u(x, t) \Big|_{t=0} = u_0(x), x \in \Omega. \end{cases} \quad (6)$$

При разностной аппроксимации дифференциальный оператор

$$L(u) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(K(u) \frac{\partial u}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(K(u) \frac{\partial u}{\partial x_2} \right)$$

заменяется своим разностным аналогом на пяти-точечном шаблоне:

[4, 529], которая является абсолютно устойчивой (при любых значениях τ и h) и обладает свойством суммарной аппроксимации, имея порядок точности $O(\tau + h^2)$.

Основная идея этого метода состоит в сведении перехода с одного временного слоя на другой

(следующий) к последовательному решению уже одномерной задачи вдоль строк и вдоль столбцов.

Введем следующее обозначение $y_{ij}^{(k)} = y(x_1^{(i)}, x_2^{(j)}, t^{(k)})$. Итак шаг по времени реализуется в два этапа: на промежуточном временном шаге (полушаге) $t = t^{(k+\frac{1}{2})}$ проводим дискретизацию двумерного уравнения (6) только в

$$\frac{y_{ij}^{k+\frac{1}{2}} - y_{ij}^k}{0,5\tau} = \Lambda_{1h}(y_{ij}^{(k+\frac{1}{2})}) + F_{ij}^{(k)},$$

$$\frac{y_{ij}^{k+1} - y_{ij}^{k+\frac{1}{2}}}{0,5\tau} = \Lambda_{2h}(y_{ij}^{(k+1)}) + F_{ij}^{(k+\frac{1}{2})}.$$
(7)

Коэффициент диффузии $K = K(u, v)$ зависит от неизвестного решения, поэтому при аппроксимации локально одномерных задач (7) воспользуемся методом баланса [6, 571].

Метод баланса

Ввиду того что для простоты пока рассматривается одномерное уравнение, опустим индексирование по одному из аргументов, а промежуточ-

направлении оси Ox_1 , имея в итоге одномерное уравнение, после решения которого вновь проводим дискретизацию уравнения (6), но уже в вдоль оси Ox_2 , решая далее полученное одномерное уравнение, определяем значение решения на целом временном шаге $t = t^{(k+1)}$.

ное значение функции при $t = t^{(k+\frac{1}{2})}$ для упрощения записи обозначим как $y_{ij}^{(k+\frac{1}{2})}$.

На отрезке $x_{i-\frac{1}{2}} \leq x \leq x_{i+\frac{1}{2}}$ проинтегрируем

по времени на интервале от $t^{(k)} \leq t \leq t^{(k+\frac{1}{2})}$ локально одномерные уравнения, полученные из исходного уравнения (6):

$$\int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}} (\bar{y} - y_i^{(k)}) dx = \int_{t^{(k)}}^{t^{(k+\frac{1}{2})}} (W_{i+\frac{1}{2}} - W_{i-\frac{1}{2}}) dt + \int_{t^{(k)}}^{t^{(k+\frac{1}{2})}} \int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}} F_i dx dt,$$
(8)

$$\text{где } W_{i+\frac{1}{2}} = K_{i+\frac{1}{2}} \frac{\bar{y}_{i+1} - \bar{y}_i}{h}, \quad W_{i-\frac{1}{2}} = K_{i-\frac{1}{2}} \frac{\bar{y}_i - \bar{y}_{i-1}}{h}.$$

Аналогично имеем и для другого направления на отрезке $x_{j-\frac{1}{2}} \leq x \leq x_{j+\frac{1}{2}}$ и втором полуин-

тервале по времени $t^{(k+\frac{1}{2})} \leq t \leq t^{(k+1)}$:

$$\int_{x_{j-\frac{1}{2}}}^{x_{j+\frac{1}{2}}} (y_j^{(k+1)} - \bar{y}_j) dx = \int_{t^{(k+\frac{1}{2})}}^{t^{(k+1)}} (W_{j+\frac{1}{2}} - W_{j-\frac{1}{2}}) dt + \int_{t^{(k+\frac{1}{2})}}^{t^{(k+1)}} \int_{x_{j-\frac{1}{2}}}^{x_{j+\frac{1}{2}}} F_j dx dt,$$
(9)

$$\text{где } W_{j+\frac{1}{2}} = K_{j+\frac{1}{2}} \frac{y_{j+1}^{(k+1)} - y_j^{(k+1)}}{h}, \quad W_{j-\frac{1}{2}} = K_{j-\frac{1}{2}} \frac{y_j^{(k+1)} - y_{j-1}^{(k+1)}}{h}.$$

В итоге получим локально одномерную схему для исходного уравнения (6) на ω_h :

$$\bar{y}_i - y_i^{(k)} = \frac{\tau}{2h^2} \left(K_{i+\frac{1}{2}} (\bar{y}_{i+1} - \bar{y}_i) - K_{i-\frac{1}{2}} (\bar{y}_i - \bar{y}_{i-1}) \right) + \frac{\tau}{2} F_i, \quad i = \overline{1, N-1},$$

$$y_j^{(k+1)} - \bar{y}_j = \frac{\tau}{2h^2} \left(K_{j+\frac{1}{2}} (y_{j+1}^{(k+1)} - y_j^{(k+1)}) - K_{j-\frac{1}{2}} (y_j^{(k+1)} - y_{j-1}^{(k+1)}) \right) + \frac{\tau}{2} F_j, \quad j = \overline{1, M-1}.$$
(10)

Аппроксимация граничных условий

Для аппроксимации граничных условий (6) воспользуемся тем же методом баланса.

Для этого представим граничные условия из (6) в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(A_1 u - \lambda \frac{\partial u}{\partial x_1} \right) \Big|_{AB} = \varphi_1, x_1 = 0, \\ \left(A_2 u + \lambda \frac{\partial u}{\partial x_1} \right) \Big|_{CD} = \varphi_2, x_1 = l_1, \\ \left(A_3 u - \lambda \frac{\partial u}{\partial x_2} \right) \Big|_{AD} = \varphi_3, x_2 = 0, \\ \left(A_4 u + \lambda \frac{\partial u}{\partial x_2} \right) \Big|_{BC} = \varphi_4, x_2 = l_2. \end{array} \right. \quad (11)$$

Итак, для локально-одномерной схемы (10) проинтегрируем уравнения:

– по направлению Ox_1 на отрезке $[x_0, x_{1/2}]$:

$$\int_{x_0}^{x_{1/2}} (\bar{y}_0 - y_0^{(k)}) dx = \int_{t^{(k)}}^{t^{(k+\frac{1}{2})}} (W_{1/2} - W_0) dt + \int_{t^{(k)}}^{t^{(k+\frac{1}{2})}} \int_{x_0}^{x_{1/2}} F_0 dx dt, \quad (12)$$

– по направлению Ox_1 на отрезке $[x_{N-1/2}, x_N]$:

$$\int_{x_{N-1/2}}^{x_N} (\bar{y}_N - y_N^{(k)}) dx = \int_{t^{(k)}}^{t^{(k+\frac{1}{2})}} (W_N - W_{N-1/2}) dt + \int_{t^{(k)}}^{t^{(k+\frac{1}{2})}} \int_{x_{N-1/2}}^{x_N} F_N dx dt, \quad (13)$$

– по направлению Ox_2 на отрезке $[x_0, x_{1/2}]$:

$$\int_{x_0}^{x_{1/2}} (y_0^{(k+1)} - \bar{y}_0) dx = \int_{t^{(k+1/2)}}^{t^{(k+1)}} (W_{1/2} - W_0) dt + \int_{t^{(k+1/2)}}^{t^{(k+1)}} \int_{x_0}^{x_{1/2}} F_0 dx dt, \quad (14)$$

– по направлению Ox_2 на отрезке $[x_{M-1/2}, x_M]$:

$$\int_{x_{M-1/2}}^{x_M} (y_M^{(k+1)} - \bar{y}_M) dx = \int_{t^{(k+1/2)}}^{t^{(k+1)}} (W_M - W_{M-1/2}) dt + \int_{t^{(k+1/2)}}^{t^{(k+1)}} \int_{x_{M-1/2}}^{x_M} F_M dx dt. \quad (15)$$

Далее, подставив соответствующие значения соотношений (12)-(14), получим искомую аппроксимацию граничных условий:

– при $x_1 = 0$ (на отрезке AB):

$$(\bar{y}_0 - y_0^{(k)}) \frac{h}{2} = \frac{\tau}{2} \left(K_{1/2} \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_0}{h} - (A_1 \bar{y}_0 - \varphi_1) \right) + \frac{\tau h}{4} F_0 \quad (j = \overline{0, M}), \quad (16)$$

– при $x_1 = l_1$ (на отрезке CD):

$$(\bar{y}_N - y_N^{(k)}) \frac{h}{2} = \frac{\tau}{2} \left((\varphi_2 - A_2 \bar{y}_N) - K_{N-1/2} \frac{\bar{y}_N - \bar{y}_{N-1}}{h} \right) + \frac{\tau h}{4} F_N \quad (j = \overline{0, M}), \quad (17)$$

– при $x_2 = 0$ (на отрезке AD):

$$(y_0^{(k+1)} - \bar{y}_0) \frac{h}{2} = \frac{\tau}{2} \left(K_{1/2} \frac{y_1^{(k+1)} - y_0^{(k+1)}}{h} - (A_3 y_0^{(k+1)} - \varphi_3) \right) + \frac{\tau h}{4} F_0 \quad (i = \overline{0, N}), \quad (18)$$

– при $x_2 = l_2$ (на отрезке BC):

$$(y_M^{(k+1)} - \bar{y}_M) \frac{h}{2} = \frac{\tau}{2} \left((\varphi_4 - A_4 y_M^{(k+1)}) - K_{M-1/2} \frac{y_M^{(k+1)} - y_{M-1}^{(k+1)}}{h} \right) + \frac{\tau h}{4} F_M \quad (i = \overline{0, N}). \quad (19)$$

Разностные уравнения (10) и полученные граничные уравнения (разностные аналоги «граничных» условий) (16)-(19) в результате сводятся к стандартному трехдиагональному виду и решаются последовательно хорошо известным методом прогонки [7, 35].

На первом этапе для всей области решается первое из разностных уравнений (10), а после того, как его решение найдено, решается уже второе из уравнений (10).

Система линейных алгебраических уравнений

Для примера рассмотрим решение первого из уравнений (10) с соответствующими ему граничными соотношениями (16)-(17).

Приведем эти разностные соотношения к трехдиагональному виду:

$$a_i y_{i-1} + b_i y_i + c_i y_{i+1} = d_i.$$

Для этого первое из разностных уравнений (10) преобразуем следующим образом:

$$-\left(\frac{\tau}{2h^2} K_{i-\frac{1}{2}}\right) \bar{y}_{i-1} + \left(\frac{\tau}{2h^2} (K_{i-\frac{1}{2}} + K_{i+\frac{1}{2}}) + 1\right) \bar{y}_i - \left(\frac{\tau}{2h^2} K_{i+\frac{1}{2}}\right) \bar{y}_{i+1} = y_i^{(k)} + \frac{\tau}{2} F_i,$$

таким образом, коэффициенты a_i, b_i, c_i равны соответственно:

$$a_i = -\frac{\tau}{2h^2} K_{i-\frac{1}{2}}, \quad b_i = \frac{\tau}{2h^2} (K_{i-\frac{1}{2}} + K_{i+\frac{1}{2}}) + 1, \quad c_i = -\frac{\tau}{2h^2} K_{i+\frac{1}{2}}, \quad \text{а } d_i = y_i^{(k)} + \frac{\tau}{2} F_i, \quad \text{где}$$

индекс $i = \overline{1, N-1}$.

Преобразуем также «граничные» уравнения (16)-(17) к следующему виду:

$$\left(\frac{\tau}{h^2} K_{1/2} + \frac{\tau}{h} A_1 + 1\right) \bar{y}_0 - \left(\frac{\tau}{h^2} K_{1/2}\right) \bar{y}_1 = y_0^{(k)} + \frac{\tau}{2} F_0 + \frac{\tau}{h} \varphi_1,$$

$$\left(\frac{\tau}{h^2} K_{N-1/2} + \frac{\tau}{h} A_2 + 1\right) \bar{y}_N - \left(\frac{\tau}{h^2} K_{N-1/2}\right) \bar{y}_{N-1} = y_N^{(k)} + \frac{\tau}{2} F_N + \frac{\tau}{h} \varphi_2.$$

Таким образом, при $i = 0$ коэффициенты равны:

$$a_0 = 0, \quad b_0 = \frac{\tau}{h^2} K_{1/2} + \frac{\tau}{h} A_1 + 1, \quad c_0 = -\frac{\tau}{h^2} K_{1/2}, \quad d_0 = y_0^{(k)} + \frac{\tau}{2} F_0 + \frac{\tau}{h} \varphi_1,$$

а при $i = N$ коэффициенты определяются формулами:

$$a_N = -\frac{\tau}{h^2} K_{N-1/2}, \quad b_N = \frac{\tau}{h^2} K_{N-1/2} + \frac{\tau}{h} A_2 + 1, \quad c_N = 0, \quad d_N = y_N^{(k)} + \frac{\tau}{2} F_N + \frac{\tau}{h} \varphi_2.$$

В итоге, имея все коэффициенты a_i, b_i, c_i и d_i , можно перейти к решению системы линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей, основываясь на хорошо известном рекуррентном соотношении:

$$y_i = \alpha_{i+1} y_{i+1} + \beta_{i+1}, \quad i = \overline{N-1, 1}, \quad (20)$$

называемом методом прогонки (соответственно коэффициенты α_i и β_i называются прогоночными коэффициентами).

Численный алгоритм решения второго уравнения (10) с соответствующими ему граничными соотношениями (18)-(19) полностью аналогичен. Отличается он лишь тем, что прогонка осуществляется по индексу j , где $j = \overline{0, M}$.

Результаты численного моделирования

Поставленная задача реализована в виде программного обеспечения с конфигурируемыми модельными функциями, на вход которой нужно подавать заданные значения «источника»

F_s ($s = \overline{1, 2}$), коэффициенты диффузии K_s ($s = \overline{1, 2}$), а также ряд параметров, входящих в граничные условия, причем для каждого из четырех участков границы возможно задание различных типов граничных условий.

Результат работы созданного программного кода был протестирован на известных примерах, приведенных в [8; 9; 10].

Примеры численного моделирования

Рассмотрим модельную ситуацию, связанную со взаимодействием двух групп населения, проживающих внутри одной и той же городской среды.

Предполагая, что между обеими группами существует взаимодействие в том смысле, что их отношения влияют на характер распределения населения. Отношения могут быть «дружелюбными», «недружелюбными» и «нейтральными». Покажем, что разделение и сосуществование обеих групп зависит от этих отношений.

Система уравнений (1) может быть описана следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = L_1(u) + u(a - bu - cv) - d_1 u v, \\ \frac{\partial v}{\partial t} = L_2(v) + v(a - bu - cv) - d_2 u v. \end{cases} \quad (21)$$

Этот пример был описан Zhang в 1991 году [2, 244]. Слагаемое $u(a - bu - cv)$ служит для описания реакции населения на существующие экономические условия. Интерпретировать коэффициент a можно как физическую вместимость городского пространства в точке (x_1, x_2) . Когда параметр a постоянен, физическая вместимость однородна в пространстве. Если предположить, что величина $(bu + cv)$ - количественная мера пространства, занимаемого обеими группами, то величину $(a - bu - cv)$ можно рассматривать как избыток предложения физической вместимости.

Когда эта величина в некоторой точке становится больше нуля, то данное место проживания оказывается более привлекательным для населения. Очевидно, что когда она равна нулю, а член $(-d_1 uv)$ и диффузионные эффекты пренебрежимо малы, миграция населения прекращается. Член $(-d_1 uv)$ служит для измерения взаимодействия групп. Коэффициент d_1 может быть как положительным, так и отрицательным и нулевым. Если он положителен, то «группе населения 1» «не нравится» жить с «группой населения 2». Если же $d_1 = 0$, то «расовые» предубеждения отсутствуют. Если коэффициент d_1 отрицателен, то высокая плотность «группы 2» «притягивает» население из «группы 1».

Зададим краевые условия. Пусть система испытывает граничные условия третьего рода, следующего вида:

$$\begin{cases} \left(A_1 u + \lambda_1 \frac{\partial u}{\partial n} \right) \Big|_{\Gamma} = 0, \\ \left(A_2 v + \lambda_2 \frac{\partial v}{\partial n} \right) \Big|_{\Gamma} = 0, \end{cases} \quad (22)$$

где $(x_1, x_2) \in \Gamma$, $\lambda_s = \text{const}$ ($s = 1, 2$).

В качестве начальных плотностей распределения для обеих взаимодействующих между собой групп населения возьмем «симметричные» функции, такие, чтобы вся городская площадь частично была занята той или иной группой (рис. 3).

Можно показать как будет изменяться городская структура для разных параметров моделируемой системы. Например, когда отношения двух групп населения носят «агрессивный» в отношении друг друга характер а коэффициент диффузии сделать зависящим от противоположных функций $K_1(u, v) = v$ и, соответственно, $K_2(u, v) = u$, из полученного результата вычислений (рис. 4, а–г) можно видеть что сначала обе группы населения равномерно заполняют предоставленное им пространство, но из-за чисто враждебных настроений одна группа (можно сказать, что более «агрессивная») в результате полностью вытесняет другую, и в результате городская структура населения становится практически однородной.

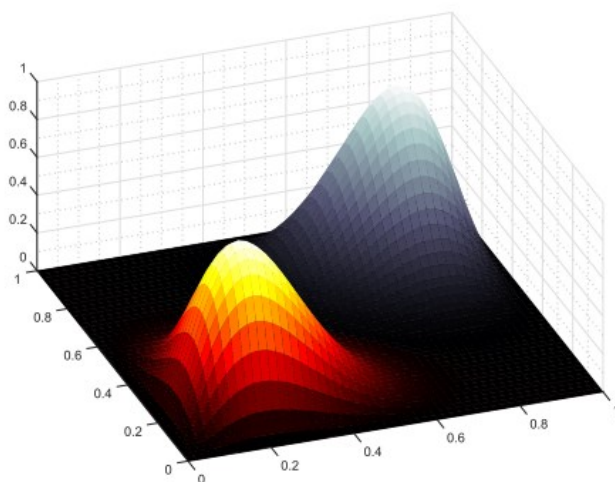


Рис. 3. Начальная плотность распределения для функций u и v .

Если сделать коэффициент $d_1 < 0$, а $d_2 = 0$, коэффициенты диффузии K_1 и K_2 зависящими только от функции u , то можно видеть следующую картину пространственно-временной диффузии населения (рис. 5, а–г; вид сверху в виде линий уровня).

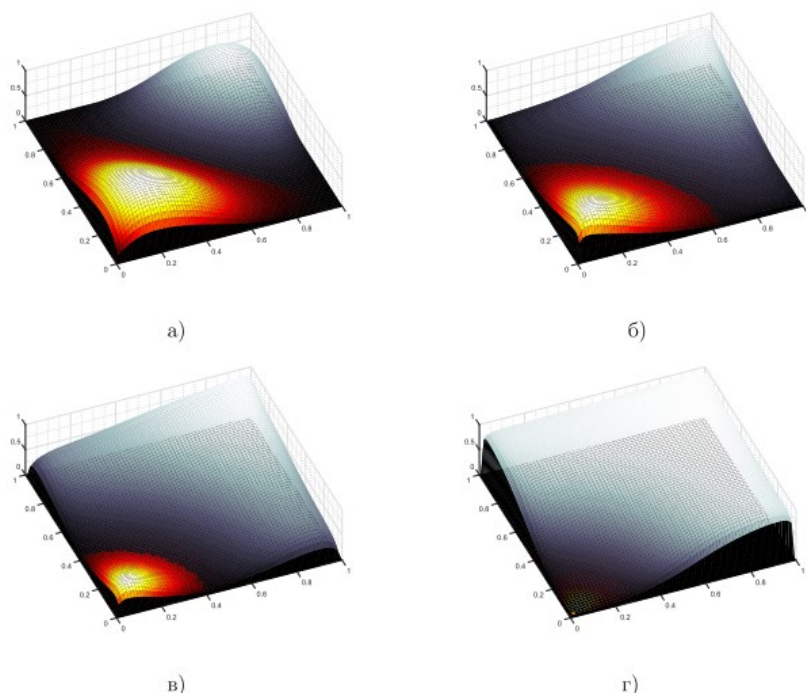


Рис. 4. Эффект «географической» диффузии населения при условии «враждебных» отношений между группами населения.

Этот пример можно классифицировать в соответствии с образовательным уровнем, когда менее образованные люди стремятся к проживанию в районе с преобладанием более высокообразованного населения. Также можно утверждать, что зо-

ны с более благоприятными условиями существования предпочтительнее для жизни, что определяет очевидную миграцию населения из одной зоны проживания в другую.

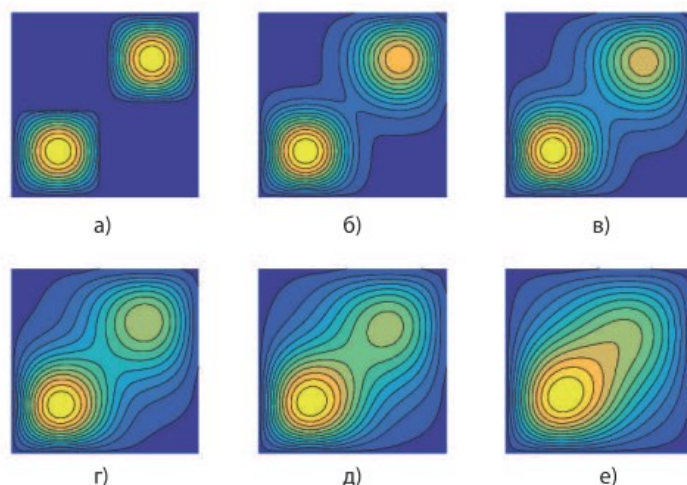


Рис. 5. Перераспределение населения, при условии нейтрально-дружественных отношений ($K_1 = u, K_2 = u$).

В качестве следующего примера, предположим, что характер взаимодействия групп населения между собой можно квалифицировать как чисто конкурентный. Будем считать, что коэффициенты диффузии в уравнениях имеют степенную зависимость.

В этих предположениях оказывается, что одна группа населения доминирует над второй, постепенно вытесняя ее к границам области и тем самым заставляя ее жить на периферии вблизи городских границ (рис. 6, а–е).

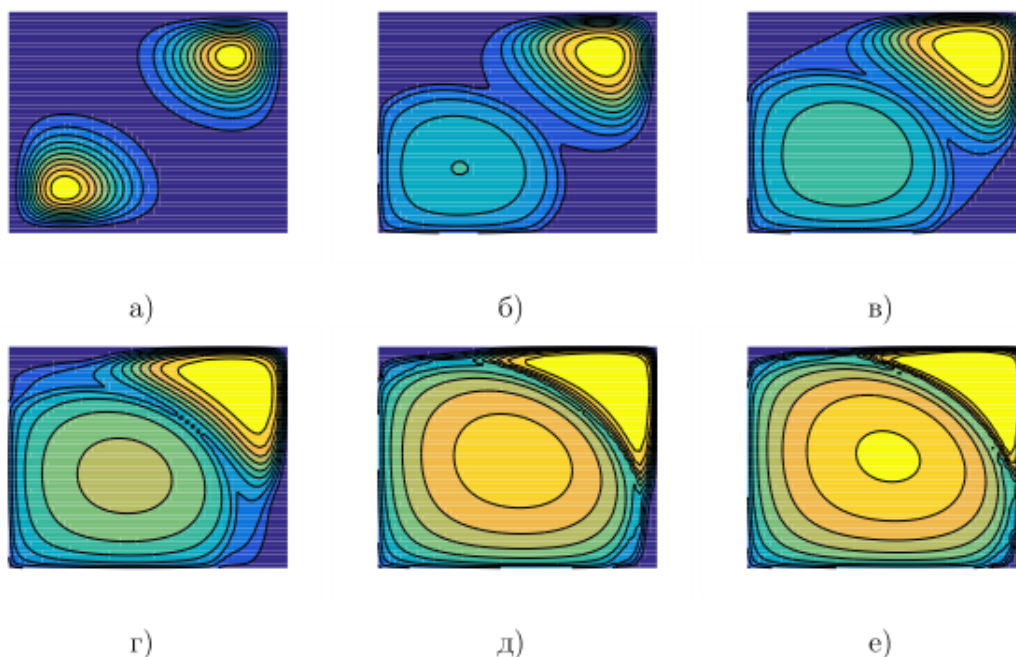


Рис. 6. Перераспределение населения при условии конкурентных отношений ($K_1 = v^k$, $K_2 = v^\sigma$, $k < \sigma$).

Заключение и выводы

В настоящей работе рассмотрена модельная задача, связанная с попыткой описать механизм взаимодействия различных групп населения, проживающих на единой городской территории. Эта задача формулируется в терминах системы нелинейных дифференциальных уравнений диффузионного типа. Использовать при такого рода моделировании так называемую «жесткую» модель не имеет смысла. Речь, по крайней мере сейчас, может идти только лишь о «мягком» моделировании. При формулировке «мягкой» математической модели в первую очередь учитываются только те параметры и факторы, которые необходимы или доступны. Имея же проверенную математическую модель, можно переходить уже и к решению сугубо прикладных задач.

Ранее академик В.И. Арнольд отмечал, что «... успех приносит не только применение готовых рецептов (жестких моделей), сколько математический подход к проблемам явлений реального мира» [11, 28].

Основные результаты данной работы заключаются в следующем:

1. Предложена математическая модель взаимодействия различных групп населения внутри единого городского образования, учитывающая пространственную неоднородность и, тем самым, развивающая известные математические модели [1-3].

2. В результате численного моделирования показано, что при соответствующем подборе коэффициентов модели возможны различные сценарии развития ситуации: от полного вытеснения одной группы населения другой (изначально более «агрессивной») до «мирного» их существования друг с другом.

3. Результаты приведенных расчетов следует в первую очередь понимать как пример «мягкого» математического моделирования, когда ставится задача изучения тенденций и прогнозов развития изучаемой экономико-социальной системы. В то же время предложенная математическая модель

может быть использована и для более предметных прикладных исследований, что, конечно же, невозможно без тесных междисциплинарных контактов и совместных исследований в различных смежных научных областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Alonso, W. (1964), Location and Land Use: Towards a General Theory of Land Rent, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. ISBN 978-0-674-53700-2.
2. Занг (Zhang Wei-Bin) Synergetic economics: time and change in nonlinear economics // Springer series in synergetics. 1991.
3. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории. (пер. с англ.). М.: Изд-во «Мир». 1999. 335 стр.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1977. 656 стр.
5. Peaceman D.W., Rachford Jr. H.H. The numerical solution of parabolic and elliptic differential equations // Journal of the Society for industrial and Applied Mathematics. 1955. Vol. 3. No 1. P.P. 28-41.
6. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики (5-е изд.). М.: Изд-во «Наука», 1977. 735 стр.
7. Костомаров Д.П., Фаворский А.П. Вводные лекции по численным методам. М.: Изд-во «Логос», 2004. 184 стр.
8. Галактионов В.А. Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений // А.А.Самарский, В.А.Галактионов, С.П.Курдюмов и др. М.: Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1987. 480 стр.
9. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М.: Изд-во «Наука». Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.
10. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: точные решения. М.: Изд-во «Физматлит», 2002.
11. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. М.: Изд-во МЦНМО, 2004. 32с.

MEDICAL SCIENCES

CORRECTION OF INTENSIVITY OF APOPTOSIS PROCESSES BY INTRODUCTION OF ALLOGENE MESENCHYMAL STEM CELLS IN EXPERIMENTAL ACUTE RENAL FAILURE

Chebotarova A.

American University of Integrated Sciences, Sint Maarten

Hliebov O.

American University of Integrated Sciences, Sint Maarten

Chebotarov I.

American University of Integrated Sciences, Sint Maarten

Hliebova T.

American University of Integrated Sciences, Sint Maarten

Chmelevskaya I.

Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation

Abstract

The aim of our work was to elucidate the possibility of correcting the intensity of the processes of programmed cell death in experimentally ischemic kidney tissue of laboratory rats by introducing allogeneic mesenchymal stem cells cultured under various conditions. The study was conducted on a group of males of white laboratory rats. Acute renal failure was mechanically modeled in a sterile operating room by clamping both renal pedicles from both sides, for 30 minutes. Mesenchymal stem cells were obtained from the bone marrow of healthy animals, cultured under the conditions of a CO₂-incubator on a standard nutrient substratum and with the addition of homogenate of kidney tissue of rats that passed 3 days before the study of acute renal failure according to the ischemia-reperfusion model. Cultures of mesenchymal stem cells were injected into the tail vein of the animals one hour after the modeling of renal damage. The study was performed on the 3rd, 7th and 14th days from the moment of experimental renal damage. The course of the apoptotic process was studied by determining the concentration of fragmented DNA (fDNA) in the kidney tissue using a diphenylamine test and detecting the level of free sphingosine (SFG). The studies were carried out using spectrophotometry. An increase in the concentration of fDNA and free sphingosine in the renal tissue of animals that have suffered acute renal failure for the entire 24-hour study was established. The use of apoptosis-induced mesenchymal stem cells led to a decrease in the activity of programmed cell death in the kidney tissue of animals, which was confirmed by a significant decrease in the concentration of fDNA and free sphingosine on the 7th and 14th days of the experiment.

Keywords: apoptosis, acute renal failure, mesenchymal stem cells, sphingosine, DNA fragmentation.

Modern science is actively studying the course of the apoptotic process in the tissues of the body in physiological and pathological conditions. The process of programmed cell death, or apoptosis, is characterized by pronounced morphological changes and energy-dependent biochemical mechanisms [9, 10, 14]. Apoptosis is a vital component of various processes, including normal cellular relationships, development and functioning of the immune system, hormone-dependent atrophy, embryonic development and chemically induced cell death [4, 15]. Incomplete apoptosis, including its excessive or inadequate activity, leads to the development of different diseases, such as neurodegenerative processes, ischemic lesions of various organs, autoimmune disorders, tumor growth, infectious processes and infertility [2, 12, 18]. Recently, close attention has been paid to a thorough study of ischemic lesions of internal organs, including kidneys, leading to an acute damage of them (ARD – acute renal damage). This is due to the relatively high incidence of this pathology among the population - 180-280 people per 100 thousand of the population, the difficulty of timely diagnosis and adequate correction of pathology, a high risk of disabilities [7]. Due to the high metabolic activity, the renal tissue is extremely susceptible to any damage, and the main pathogenetic

mechanism of ARD development is an ischemic or hypoxic damage of the kidney parenchyma. In such case, the synthesis of energetically rich substrates, the balance in intracellular messenger systems, including the sphingoid compounds system are violated, also the decrease in the activity of antioxidant protection is disrupted. This leads to the activation of free radical oxidation, damage to cell membranes of epithelial cells and their death by apoptosis or necrosis. Because of the flow of apoptotic processes in the cell, the process of fragmentation of nuclear DNA and shrinkage of the cytoplasmic membrane is activated [13]. Depending on the stage of acute renal damage, the rate of apoptosis may vary.

With the development of acute functional renal failure, a need for timely correction of this condition occurs through maintenance therapy or complete replacement of the function of the affected organ. Prolonged damage to the renal parenchyma leads to the deep structural and biochemical defects, which can lead to a chronization of the process. In these conditions, an attempt to find new methods of treating this condition is especially important, and the development of cellular therapies has come to the forefront in recent years. Stem cells have many unique properties, such as multipotency, high proliferative activity and differ-

entiation potential, they can synthesize such biologically active substances as interleukins, growth factors, immunosuppressive agents [3, 17]. Mesenchymal stem cells (MSC) are relatively easy to separate and cultivate under laboratory conditions. The effectiveness of their use in the therapy of diseases of the cardiovascular system, infectious and septic processes, and autoimmune pathology has been proved [11]. The using of mesenchymal stem cells for correction of ischemic lesions is a perspective direction. However, the question of the influence of the course of apoptotic processes on the activity of mesenchymal stem cells and the possibility of their application for correction of ischemic damage to the renal tissue remains unclear.

The aim of this study was to determine the effect of intact and apoptosis-induced mesenchymal stem cells (ai-MSC) on the dynamics of apoptosis in renal tissue in experimental acute renal damage.

Materials and methods. The study was conducted on 52 males of white laboratory rats aged 14-16 weeks and weighing 200 ± 50 g. All animals were kept in standard vivarium conditions and 14 days of quarantine passed before entering the experiment, studies were conducted at the same time of the day from 8 to 12 h, in accordance with the principles set forth in the Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific purposes (Strasbourg, France, 1986) and in accordance with the rules of laboratory practice in the Russian Federation (Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No.267, 19.06.2003). Acute renal damage in laboratory animals was modeled after ischemia-reperfusion by cutting the skin and muscle layer in the lumbar region from both sides in the projection of the kidneys, followed by clamping the clamps of both renal pedicle for 30 minutes in conditions of sterile laboratory under ether anesthesia [1]. Mesenchymal stem cells were obtained from the bone marrow of the femoral and tibia of healthy laboratory rats by washing the bone cavity with 3 ml of the nutrient medium IGLA-MEM into a sterile tube. Mesenchymal stem cells were separated from hemopoietic by resuspension, filtration through a nylon mesh, and also by adhesion to the culture plastic. The viability of mesenchymal stem cells was determined by the test with trypan blue, while cell suspensions containing less than 90% of viable cells were not used. The final

concentration of live MSC was adjusted to 5×10^4 in 1 ml of substratum and poured into 25 cm² culture dishes. Cell culture was performed on the nutrient substratum IGLA-MEM with the addition of 10% serum of embryos of cattle, antibiotic and L-glutamine with a change of 1/2 of substratum every 5 days - intact MSCs (i-MSCs). Creation of apoptosis-induced environment was achieved by introducing mesenchymal stem cells into the culture at the time of seeding of the homogenate of ischemic kidney tissue collected in laboratory animals on the 3rd day after the experimental acute renal injury, then the culture was carried out per the method mentioned above [8]. The cultivation was carried out under conditions of a CO₂ incubator HF151UV with a carbon dioxide concentration of 5% in a sterile cell culture laboratory. MSC was administered 1 hour after modeling of ARD in an amount of 5×10^6 cells in the rats' tail vein.

All animals participating in the experiment were divided into 4 groups: 1st group - intact animals (11 rats); 2nd - ARD (13 animals); 3rd - ARD and injection of i-MSC (15 animals); 4th - ARD and injection of ai-MSC (13 animals).

The animals were slaughtered on the 3rd, 7th and 14th days after the formation of ARD by decapitation under ether anesthesia with immediate extraction of the kidneys. The course of the apoptotic process was monitored by determining the concentration of fragmented DNA (fDNA) in the kidney tissue using the diphenylamine test and detecting the level of free sphingosine (SPG) by the method of M.I. Prokhorova based on extraction of sphingoid bases with diethyl ether [5, 6]. The measurements were carried out using the spectrophotometer SF 46.

The results were processed using the statistical t-Student test using Statistica 6.0 software package. The results were considered reliable at a value of $p < 0,05$.

Results and discussion. It was found that the level of DNA fragmentation in the kidney tissue of animals after ARD was significantly higher than that of intact rats. Thus, the content of cDNA on the 3rd and 7th and 14th days after modeling of ARD increased correspondingly to 6.8; 5.5 and 6.7 times, while there were no significant differences in the data obtained for different periods of the study (Table 1).

Table 1

The level of DNA fragmentation in the kidney tissue after experimental acute renal damage in the case of the injection of mesenchymal stem cells ($M \pm m$)

№ gr.	Experimental Conditions	Day of Experiment		
		the 3 rd day	the 7 th day	the 14 th day
1	Intact animals	$4,3 \pm 0,4\%$	$4,3 \pm 0,4\%$	$4,3 \pm 0,4\%$
2	ARD without injection of MSC	$29,4 \pm 4,1\%^{*1}$	$23,8 \pm 3,2\%^{*1}$	$28,7 \pm 3,9\%^{*1}$
3	ARD with injection of MSC	$26,1 \pm 3,1\%^{*1}$	$16,7 \pm 2,2\%^{*1,2 \wedge 3}$	$12,0 \pm 1,4\%^{*1,2 \wedge 3,7}$
4	ARD with injection of ai-MSC	$30,7 \pm 4,4\%^{*1}$	$11,9 \pm 1,8\%^{*1-3 \wedge 3}$	$7,0 \pm 1,2\%^{*1-3 \wedge 3,7}$
Note: 1. * noted data are reliable relative to observation groups; 2. ^ noted data, reliable relative to the observation day (* ^ - $p < 0.05$).				

After the injection of i-MSC cultured in a classical environment to animals with ARD on the 3rd, 7th and 14th days of the experiment, the DNA fragmentation level in the renal tissue was respectively 6.1; 3.9 and 2.8 times higher than in the control group. But, if on the 3rd day the content of fDNA was similar without the injection of i-MSC, then the level of this metabolite was statistically reduced on the 7th and especially on the 14th day in comparison with animals with ARD of 1.4 and 2.4 times (Table 1).

The most effective was the use of ai-MSC, because on the 7th day, in comparison with the indices of animals with ARD and ARD with the injection of i-MSC, the use of apoptosis-induced mesenchymal stem cells reduced the level of DNA fragmentation in renal ischemic tissue, respectively, 2, 0 and 1.4 times. On the 14th day of the study this indicator decreased even more: in 4.1 and 1.7 times (Table 1).

The same dynamics was revealed when measuring the level of free sphingosine, the second indicator of the apoptotic process used by us. After the for-

mation of ADR, the content of SPG in the kidney tissue exceeded the similar index of healthy animals on the 3rd, 7th and 14th days, respectively, 2.3; 2.1 and 2.2 times. The use of i-MSC on the 3rd day of induction of ADR did not affect, and on the 7th and 14th days the content of SPG decreased, in comparison with animals without the use of i-MSC, respectively, by 1.2 and 1.4 times (Table 2).

The injection of ai-MSC to animals with ADR on the 3rd day of the development of the consequences of ischemia did not affect the content of SPG. On the 7th day of the induction of acute ischemic injury of the kidneys, the use of apoptosis-induced mesenchymal stem cells reduced the level of SPG in the kidney tissue, compared with the group of animals with only ADR or with ischemic damage to the kidneys and those receiving i-MSC, respectively, at 1.5 and 1.2 times. On the 14th, the use of ai-MSC proved to be even more effective, since it reduced the content of SFG by 1.8 and 1.2 times, respectively (Table 2).

Table 2

The level of free sphingosine in the kidney tissue after experimental acute renal damage in the case of the injection of mesenchymal stem cells (M ± m)

gr.	Experimental Conditions	Day of Experiment		
		3 сутки	7 сутки	14 сутки
	Intact animals	16,3±1,4	16,3±1,4	16,3±1,4
	ARD without injection of MSC	37,2±2,7 * ¹	33,9±2,4 * ¹	35,1±3,9 * ¹
	ARD with injection of i-MSC	34,5±3,1 * ¹	27,9±2,1 * ^{1,2} ^ ³	24,6±2,1 * ^{1,2} ^ ³
	ARD with injection of ai-MSC	41,2±6,4 * ¹	22,8±1,8 * ¹⁻³ ^ ³	19,7±1,1 * ¹⁻³ ^ ^{3,7}
Note: 1. * noted data are reliable relative to observation groups; 2. ^ noted data, reliable relative to the observation day (* ^ - p < 0.05). 3. The level of SFG is ng/mg protein.				

Thus, according to the information reported above, we can talk about the activation of apoptosis processes in the renal tissue during the whole day of observation after modeling of experimental renal damage. In the case of the injection of intact mesenchymal stem cells, the activity of the apoptotic process in the renal tissue of animals was decreased on the 7th and 14th days of the experiment, which is confirmed by the dynamics of the contents of both of the markers we selected. Analyzing the significant decrease in the level of SPG and FDD after the administration of apoptosis-induced MSCs relative to the indices of animals that did not receive MSC or received i-MSC, it can be concluded that the activity in the kidney tissue of the apoptotic process is effectively suppressed, which is most pronounced on the 14th day of the experiment.

Interpreting the obtained data it is possible to speak about positive influence of introduction of intact mesenchymal stem cells on the course of acute ischemic renal damage. A number of investigators confirm the possibility of injected i-MSCs during homing into the renal parenchyma, where they are most likely capable of differentiating into renal epithelial cells, activating the processes of angiogenesis, restoring the

structure of the distal tubules and, as a consequence, improving renal function. In addition, they are able to release a number of biologically active substrates, such as growth factors, modulate the immune response, reducing the intensity of the inflammatory process and activating the tissue's own repair potential, thus reducing apoptotic activity [4].

The injection of apoptosis-induced mesenchymal stem cells, presumably, speed up the repair process in the kidney tissue due to the rapid proliferation of these cells and their differentiation into the renal endothelium, thanks to their previous "learning" during the cultivation stage under conditions of introduction into the culture environment of renal tissue ischemic as well as the damaged experimental organ. Thus, activation of apoptosis in the conditions of the injection of ai-MSC is less prolonged, due to the reduction in the duration of lesion of the kidney tissue. These results coincide with studies in the field of apoptosis-induced proliferation and repair in a damaged organ [16].

Conclusions.

1. In acute ischemic renal damage on the 3rd, 7th and 14th days from the time of modeling, a significant increase in the level of activity markers of the

apoptotic process – free sphingosine and fragmented DNA in the kidney tissue – is observed.

2. Injection of intact mesenchymal stem cells in conditions of acute renal damage reduces the activity of apoptosis in the tissues on the 7th and 14th days of observation.

3. Apoptosis-induced mesenchymal stem cells with ARD are more effective than in intact MSCs, reducing the content of apoptotic markers in the kidney tissue.

REFERENCES:

1. Бриндак Д.В., Фильчуков Д.А. Содержание нитрит-анионов и состояние системы антиоксидантной защиты при введении мезенхимальных стволовых клеток на фоне экспериментальной острой почечной недостаточности // Украинський медичний альманах. 2012. Т. 15. № 6. С. 30-32.

2. Дорошенко В. Э. Апоптоз в эндометрии у бесплодных женщин с комплексной неатипической гиперплазией (КНГЭ) в период окна имплантации // Таврический Медико-Биологический Вестник. 2012. Т. 15. №2. Ч. 1 (58). С. 103-105.

3. Калинина Н.И., Сысоева В.Ю., Рубина К.А., Парфенова Е.В., Ткачук В.А. Мезенхимальные стволовые клетки в процессах роста и репарации тканей // Acta Naturae (русскаяязычная версия). 2011. №4. С. 32-39.

4. Кирпатовский В.И., Казаченко А.В., Надточий О.Н. Перспективы использования стволовых клеток в лечении острой и хронической почечной недостаточности // Урология. 2007. № 6. С. 82-87.

5. Орлова Е.А., Комаревцев В.Н. Определение фрагментации ДНК в клетках почечной ткани // Актуальні проблеми акушерства і гінекології, клінічної імунології та медичної генетики. 2001. №6. С. 206-208.

6. Прохорова М.И. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен). Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 178 с.

7. Сигитова О.Н., Богданова А.Р. Современные подходы к диагностике, классификации и оценке тяжести острого повреждения почек // Вестник современной клинической медицины. 2015. № Приложение 1. С. 146-153.

8. Чеботарёва А.А., Демьяненко Е.В., Соловьёва И.В. Динамика изменений уровня свободных метаболитов оксида азота в культуре мезенхи-

мальных стволовых клеток крыс, культивированных в апоптоз-индуцированном окружении // Проблемы экологической и медицинской генетики и клинической иммунологии. 2014. № 5 (125). С. 17-22.

9. Чеботарёва А.А. Влияние интактных и апоптоз-индуцированных мезенхимальных стволовых клеток на динамику апоптоза в почечной ткани при экспериментальном остром повреждении почек // Вестник новых медицинских технологий. 2016. № 4 Т. 23. С. 88-93.

10. Эфендиев А.М.О., Мамедова Ф.И.К. Биохимические основы апоптоза при сердечной недостаточности // Universum: медицина и фармакология. 2014. №12 (13). С. 4.

11. Biancone L., Bruno S., Deregis M.C., Tetta C., Camussi G. Therapeutic potential of mesenchymal stem cell-derived microvesicles // Nephrol. Dial. Transplant. 2012. Vol. 27 (8). P. 3037-3042.

12. Cacciapaglia F., Spadaccio C., Chello M., Gigante A., Coccia R., Afeltra A., Amoroso A. Apoptotic molecular mechanisms implicated in autoimmune diseases // European Review for Medical and Pharmacological Sciences. 2009. №13. P. 23-40.

13. Havasi A., Borkan S.C. Apoptosis and acute kidney injury // Kidney Int. 2011. Vol. 80 (1). P. 29-40.

14. Kezban Kartlaşmış, Umut Kökbaş, Levent Kayrin. Biochemistry of Apoptosis // Archives Medical Review Journal. 2016. Vol. 25 (1). P. 52-69.

15. Portt L., Norman G., Clapp C., Greenwood M., Greenwood M.T. Anti-apoptosis and cell survival: A review // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular and Cell Research. 2011. Vol. 1813 (1). P. 238-259.

16. Ryoo H.D., Bergmann A. The role of apoptosis-induced proliferation for regeneration and cancer // Cold Spring Harb Perspect Biol. 2012. Vol. 4 (8). P. 1-17.

17. Xin Wei, Xue Yang, Zhi-peng Han, Fang-fang Qu, Li Shao, Yu-fang Shi Mesenchymal stem cells: a new trend for cell therapy // Acta Pharmacologica Sinica. 2013. Vol. 34. P. 747-754.

18. Yang J., Guo X., Yang J., Ding J., Li S., Yang R., Fan Z., Yang C. RP105 protects against apoptosis in ischemia/reperfusion-induced myocardial damage in rats by suppressing TLR4-mediated signaling pathways // Cell. Physiol. Biochem. 2015. Vol. 36. №6. P. 2137-2148.

СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С НЕЙРОТРАВМОЙ**Анников Ю.Г.***аспирант кафедры общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины), ФГБОУ ВО "Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского" Минздрава России, Саратов, Россия***Кром И.Л.***доктор медицинских наук, руководитель Центра медико-социологических исследований, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины),**ФГБОУ ВО "Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского" Минздрава России, Саратов, Россия***Еругина М.В.***доктор медицинских наук, заведующая кафедрой общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины), ФГБОУ ВО "Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского" Минздрава России, Саратов, Россия***A MODERN INTERPRETATION OF THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH NEUROTRAUMA****Annikov Y.***Post-graduate Department of Health Organization and Public Health (with the Courses of Law and History of Medicine), Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia***Krom I.***Doctor of Medical Sciences, Head of Centre for Medical and Social Research, Professor Department of Health Organization and Public Health (with the Courses of Law and History of Medicine), Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia***Yerugina M.***Doctor of Medical Sciences, Head of Department of Health Organization and Public Health (with the Courses of Law and History of Medicine), Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia***Аннотация**

В обзоре представлены результаты исследований, доказывающих, что значительные успехи в восстановлении больных с черепно-мозговой травмой возможны при использовании комплексного подхода, скоординированных междисциплинарных действий, направленных на пациента и его семью, а также последовательности периодов реабилитации, начиная с раннего интенсивного и заканчивая поздним восстановительным периодом.

Медико-социальная реабилитация пациентов, перенесших черепно-мозговую травму, в современном контексте – мультидисциплинарная проблема, эффективность регламентации которой определяется координацией и решением медицинских, социальных, психологических и организационных задач.

Abstract

The review presents the results of studies showing that significant progress in the recovery of patients with traumatic brain injury is possible by using an integrated approach, a coordinated multidisciplinary action aimed at the patient and his family, as well as the rehabilitation period of the sequence, starting with early intensive and ending late recovery period.

Medical and Social Rehabilitation of patients after traumatic brain injury, in the current context – a multidisciplinary challenge, the effectiveness of regulation is determined by the coordination and solution of medical, social, psychological and organizational tasks.

Ключевые слова: нейрореабилитация, черепно-мозговая травма, медико-социальные последствия, предикторы инвалидности, междисциплинарный подход.

Keywords: neurorehabilitation, traumatic brain injury, medical and social consequences, predictors of disability, multidisciplinary approach.

В современной нейрореабилитационной практике отмечается тенденция единого подхода к содержанию реабилитации пациентов с различными этиопатогенетическими особенностями повреждения головного мозга, что оправдано в связи с частым сходством клинических проявлений в восстановительном и резидуальном периодах [1, 560 с.; 2, 1255 с., 3, 554 с.].

Нейрореабилитация – сложный, патогенетически обоснованный процесс комплексного лечения с обязательным применением методов медицинского, медико-психологического, медико-

педагогического и медико-социального воздействия, значение и интенсивность которых меняются на разных этапах заболевания [4, 420–433 с.; 5, 7–13 с.; 6, 4 с.].

Наиболее сложным направлением нейрореабилитации является реабилитация больных с очаговыми поражениями головного мозга, перспективы которой зависят от степени тяжести патологического процесса, возрастных, гендерных и социально-экономических характеристик больного [7, 40–41 с.].

Актуальность проблемы медико-социальной реабилитации больных с очаговыми поражениями головного мозга связана с высокой распространенностью данной патологии и развитием медицинских технологий, способствующих увеличению продолжительности жизни данной категории больных, которые ранее считались инкурабельными [8].

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) – одно из часто встречающихся заболеваний, ее частота составляет в России 400 на 100 тыс. населения [9, 4 с.]. Среди лиц перенесших черепно-мозговую травму, 75-80% полностью утрачивают трудоспособность и профессиональные навыки. Частота инвалидизации как исхода острой ЧМТ у взрослых при тяжелых травмах составляет 59,1%, травмах средней тяжести – 5,7%, легких травмах – 0,5% [10, 31-36 с.; 11, 386 с.]. Чаще тяжелые ЧМТ возникают у лиц трудоспособного возраста – до 45 лет [12, 10-32 с.].

Ведущими причинами инвалидизации больных с ЧМТ являются последствия очаговых поражений головного мозга: гемипарезы, нарушения высших психических функций и др. когнитивных процессов, в том числе речи, психические расстройства [9, 4 с.].

По мнению большинства авторов, последствия ЧМТ, даже при легкой ее степени, могут впервые проявляться спустя многие годы после перенесенной ЧМТ, будучи при этом не всегда адекватными тяжести течения острого периода ЧМТ и нередко имеющими прогредиентное течение [13, 3-4 с.; 14, 17-18 с.; 15, 4-10 с.].

Однако, в отличие от тяжелой ЧМТ, после легкой и среднетяжелой травмы большинство отдаленных нарушений носит полностью или частично обратимый характер, что обуславливает актуальность скорейшей и полноценной медицинской, социальной и психологической реабилитации пациентов [16, 62 с.].

Больные с последствиями ЧМТ могут быть длительное время, а зачастую и пожизненно, социально не адаптированы, иметь серьезные неврологические и психологические дисфункции [14, 17-18 с.; 17, 139 с.]. Эти последствия, сопровождающиеся когнитивными, эмоциональными и поведенческими расстройствами, не только нарушают «навыки социальной адаптации» [15, 4-10 с.], но и в целом снижают трудоспособность и качество жизни пациента [18, 38-41 с.; 19, 1070-1075 с.].

В мире достигнуты значительные успехи в восстановлении больных с тяжелой нейротравмой за счет широко применяемого комплексного подхода, скоординированных междисциплинарных действий, направленных на больного и его семью, а также последовательности периодов реабилитации, начиная с раннего интенсивного и заканчивая поздним восстановительным периодом [20; 21, 399-412 с.; 22; 23].

Реабилитация пациентов, перенесших ЧМТ, в современном контексте – мультидисциплинарная проблема. В связи с тяжестью последствий и осложнений она требует координации и решения

медицинских, социальных, психологических и организационных задач, что и определяет эффективность реабилитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kadykov AS, Chernikova LA, Shahparonova NV. Rehabilitation of neurological patients. Moscow: MEDpress-Inform, 2008; 560 p. Russian (Кадыков А.С., Черникова Л.А., Шахпаронова Н.В. Реабилитация неврологических больных. М.: МЕДпресс-информ, 2008; 560 с.).
2. Umphred D. Neurological rehabilitation. USA: MOSBY Elsevier, 2007; 1255 p.
3. Stokes M. Physical management in neurological rehabilitation. USA: MOSBY Elsevier, 2004; 554 p.
4. Belova AN. Neurorehabilitation: a guide for physicians. Moscow: Antidor, 2002; 420–433 p. Russian (Белова А.Н. Нейрореабилитация: руководство для врачей. М.: Антидор, 2002; 420–433 с.).
5. Razumov AN, Bobrovniksky IP. Regenerative medicine: 15 years of modern history – stages and directions of development. Journal of restorative medicine & rehabilitation 2008; (3): 7–13. Russian (Разумов А.Н., Бобровницкий И.П. Восстановительная медицина: 15 лет новейшей истории – этапы и направления развития. Вестник восстановительной медицины 2008; (3): 7–13).
6. Walter K. Rehabilitation bei posttraumatischer hirnschädigung. Nervebarzt 2003; (35): 4.
7. Vasilieva AM, Memetov SS, Ryabtseva SA, Tarantseva LA. Medical and social aspects of the effects of head injuries on the example of Novoshakh-tinsk Rostov region. Medico-Social Expert Evaluation and Rehabilitation 2003; (4): 40–41. Russian (Васильева А.М., Меметов С.С., Рябцева С.А., Таранцева Л.А. Медико-социальные аспекты последствий черепно-мозговых травм на примере г. Новошахтинска Ростовской области. Медико-социальная экспертиза и реабилитация 2003; (4): 40–41).
8. Shklovsky VM. Help for discussion at the meeting of the Bureau of the Presidium of RAO 07.11.2012 «Interdisciplinary problems in neurorehabilitation system». <http://www.raop.ru/content/Presidium.2012.11.07.Spravka.doc> (19 January 2017). Russian (Шкловский В.М. Справка для обсуждения на заседании Бюро Президиума РАО 7.11.2012 г. «Междисциплинарные проблемы в системе нейрореабилитации». <http://www.raop.ru/content/Presidium.2012.11.07.Spravka.doc> (дата обращения 19 января 2017)).
9. Shklovsky VM, Fukalov YuA, Partsalis EM et al. Methodical letter «Organization of specialized neurorehabilitative care for patients with focal brain damage resulting from stroke, traumatic brain injury and other disorders of the central nervous system» 2006; (504–PX): 4. Russian (Шкловский В.М., Фукалов Ю.А., Парцалис Е.М. Методическое письмо «Организация специализированной нейрореабилитационной помощи больным с очаговыми поражениями головного мозга в

результате инсульта, черепно-мозговой травмы и других заболеваний центральной нервной системы» 2006 г.; (504-PX): 4).

10. Skoromets AA, Pugacheva EL. Research of efficiency of a complex preparation cytoflavin to correct the consequences of mild traumatic brain injury. *Neuroscience and Behavioral Physiology* 2010; 110 (3): 31–36. Russian (Скоромец А.А. Пугачева Е.Л. Исследование эффективности комплексного препарата цитофлавина для коррекции последствий легкой черепно-мозговой травмы. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2010; 110 (3): 31–36).

11. Likhterman LB. Neurology traumatic brain injury: a clinical guide for neurosurgeons, neurologists, traumatologists. Moscow: JSC «Smolensk Regional printing house n.a. Smirnov VI», 2009; 386 p. Russian (Лихтерман Л.Б. Неврология черепно-мозговой травмы: клиническое пособие для нейрохирургов, неврологов, травматологов. М.: ОАО «СОТ им. В. И. Смирнова», 2009; 386 с.).

12. Gurgeneidze ND. Clinic, diagnosis and comprehensive treatment of multiple foci of the brain crush: DSc diss. St. Petersburg, 1997; 10–32 p. Russian (Гургенидзе Н.Д. Клиника, диагностика и комплексное лечение множественных очагов разможнения головного мозга: дис. ... д-ра мед. наук. Санкт-Петербург, 1997; 10–32 с.).

13. Mordovtsev AG. Medical and social risks of cranial injuries and their prevention: CSc diss. abstract. Astrakhan, 2007; 3–4 p. Russian (Мордовцев А.Г. Медико-социальные риски черепно-мозгового травматизма и их профилактика: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Астрахань, 2007; 3–4 с.).

14. Pischaskina NYu. The course of the effects of mild and moderate injuries in patients of working age (clinical and social aspects): CSc diss. abstract. St. Petersburg, 2006; 3, 17–18 p. Russian (Писчаскина Н.Ю. Особенности течения последствий легкой и среднетяжелой травмы у больных трудоспособного возраста (клинические и социальные аспекты): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2006; 3, 17–18 с.).

15. Shtulman DR, Levin OS. Light cranio-cerebral trauma. *Nevrologicheskii zhurnal* 1999; (1): 4–10. Russian (Штульман Д.Р., Левин О.С. Лёгкая черепно-мозговая травма. Неврологический журнал 1999; (1): 4–10).

16. Litvinov TR, Mendelevich EG, Mendelevich VD. Clinical, psychological and social determinants of health postcommotion syndrome. *The Russian Mental Health* 2012; (9): 62. Russian (Литвинов Т.Р., Менделевич Е.Г., Менделевич В.Д. Клинические, психологические и медико-социальные детерминанты посткоммоционного синдрома. Психическое здоровье 2012; (9): 62).

17. Waldman AV, Voronina TA. Pharmacology nootropics (experimental and clinical study). Moscow: Meditsina, 1989; 139 p. Russian (Вальдман А.В., Воронина Т.А. Фармакология ноотропов (экспериментальное и клиническое изучение). М.: Медицина, 1989; 139 с.).

18. Makarov AYu. The consequences of traumatic brain injury and their classification. *Nevrologicheskii zhurnal* 2002; 6 (2): 38–41. Russian (Макаров А.Ю. Последствия черепно-мозговой травмы и их классификация. Неврологический журнал 2002; 6 (2): 38–41).

19. Stranjalis G., Korfias S., Papapetrou C. et al. Elevated serum S-100B protein as a predictor of failure to short-term return to work or activities after mild head injury. *Journal of neurotrauma* 2004; 21 (8): 1070–1075.

20. Seeley HM, Hutchinson PJ. UK-Rehabilitation following traumatic brain injury: challenges and opportunities. *Journal ACNR* 2006; 6 (2).

21. Wilson B. Cognitive rehabilitation of memory disorders: theory and practice. In: De Deyn PP, Thiery E, D'Hooge R, ed. *Memory: basic concepts, disorders and treatment*. Leuven: Acco; 2003. p. 399–412.

22. Turner-Stokes L. Rehabilitation following acquired brain injury. London: Royal College of Physicians & British Society of Rehabilitation Medicine National Clinical Guidelines, 2003.

23. Shklovsky VM. Organization of specialized neurorehabilitative care for patients with focal brain damage resulting from stroke, traumatic brain injury and other disorders of the central nervous system. *Methodical letter* 2006. Russian (Шкловский В.М. Организация специализированной нейрореабилитационной помощи больным с очаговыми поражениями головного мозга в результате инсульта, черепно-мозговой травмы и других заболеваний центральной нервной системы. Методическое письмо 2006).

MULTISTATE MODEL FOR PREDICTING SURVIVAL AND TRANSFORMATION IN YOUNG AND MIDDLE-AGED PATIENTS WITH MYELODYSPLASTIC SYNDROME**Klimkovich N.***M.D., Ph.D., Associate Professor**Head of the Department of Pediatric Oncology and Hematology,
Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education***Krasko O.***Ph.D in Computer Sciences**Leading Researcher of the Laboratory of Bioinformatics
United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences***Abstract**

The aim of research - analyze the clinical and laboratory characteristics of patients with MDS in order to provide additional prognostic criteria that will determine the risk of transitions between states of the disease - the transformation in leukemia – death. The research included 70 patients from 18 to 60 years with primary MDS. Analysis of the course and outcomes of MDS has shown a high predictive value of IPSS-R scale even in isolated age cohort of patients from 18 to 60 years. In addition to the criteria included in the predictive system IPSS-R, there have been found a predictor that has a statistically significant prognostic value in the multivariate model together with the IPSS-R. Expression of CD95 is the only factor, which is associated with all three transitions; its low value increases the risk of transition into the state of transformation and into the terminal state. Furthermore, the model of the three states has shown that the risk of transformation from MDS to acute leukemia is associated with a younger age. There is also a tendency to increase the risk of transition into the terminal state as without transformation, and after transformation with increasing age of patients

Key words: myelodysplastic syndromes, multistate model, prognosis, IPSS-R, CD95

Myelodysplastic syndromes (MDS) are included into a heterogeneous group of clonal blood diseases characterized by peripheral cytopenias, dysplastic features of hematopoietic precursors, progressive deterioration and a high risk of transformation into leukemia. MDS occur in several versions that differ in frequency of appearance, the duration of the course and the probability of transformation into acute leukemia. Such a variety of forms - from existing for the years MDS of isolated cytopenia to rapid progression of leukemia – complicates it for a clinician to make right decisions about therapies and intervention time. From the moment of the first classification of MDS to date searches for prognostic factors have been conducted, with the help of which it would be possible to form a stratification of patients according to therapeutic groups with maximum efficiency.

Today, the most needful to determine the prognosis of MDS is The International Prognostic Scoring System (IPSS), which was established in 1997 and improved in 2012 [1, 2]. It includes an assessment of the percentage of blastic cells, cytogenetic abnormalities and the number of germs in cytopenia. Manipulation of these criteria gives the chance to evaluate the overall survival and the risk of transformation into acute leukemia. For more than a decade IPSS has been the gold standard and has been used by the majority of research centers and physicians worldwide. Despite the fact that IPSS is a fundamental prognostic tool, it is evident now, that this scale has several limitations. For example, the use of karyotype abnormalities as a prognostic factor is limited by the fact that chromosomal damage is detected within no more than half of the patients with MDS, and the predictive value of most cytogenetic aberrations remains unknown [3]. Furthermore, the variability of flow and progression of the disease are heterogeneous even within the same

cytogenetic abnormalities. Thus, the survival of patients with a favorable prognosis is not always high. In contrast, in the group of patients with a poor prognosis a few have a favorable course of the disease [4]. In addition, one of the major limitations of IPSS is the inability to identify patients with low-risk variations of MDS (group of low and intermediate-1 risk) and poor prognosis, the number of which is close to two-thirds of sufferers from MDS. This is a very diverse group with clinical and laboratory manifestations from minimal cytopenia to severe transfusion dependence, but with a low percentage of blasts and normal or intermediate karyotype. There are attempts to develop special predictive models or allocate additional risk factors for these patients [5-7].

Work on the further improvement of the IPSS model based on the system analysis of chromosomal changes in MDS has created a new cytogenetic classification of MDS, which has formed the basis of the revised international numerical forecast system (IPSS-R - Revised International prognostic scoring system) [2, 8, 9]. Last predictive model is more sophisticated and accurate in terms of prognosis than the original IPSS. The main differences concern the specification of cytogenetic classification, the number of bone marrow blasts and the level of cytopenia. Comparative analysis of IPSS and IPSS-R has revealed significant advantages of the last one, primarily due to the advent of the various categories of patients in each group IPSS. Although it is shown that the diversity of cytogenetic damages does not identify the prognostic potential of all chromosomal aberrations that occur in patients with MDS, even in case of raising the number of prognostic variants till 5 [10]. Until today the discussion on specific clinical and laboratory criteria in terms of their inclusion in the forecast model continues.

In our view, the biological heterogeneity of MDS is a prerequisite of the need to search for additional criteria for predicting the development of all possible states and outcomes in MDS. For this purpose, it is possible to apply a model of multiple states, which reflects the development of the process in time and may describe a number of possible events and their dependencies. At the same time, events are transitions between states. This class of models is especially relevant for modeling the various activities that are dependent on the event, as the appearance of the disease and changes in the risk of death.

The aim of our research was to analyze the clinical and laboratory characteristics of patients with MDS in order to provide additional prognostic criteria that will determine the risk of transitions between states of the disease - the transformation in leukemia - death.

Materials and methods. The research included 70 patients from 18 to 60 years with primary MDS, who were treated at the hematology department of the

Public Health Institution «Municipal Clinical Hospital № 9» (Minsk, Belarus) and the Republican Research Centre for Radiation Medicine and Human Ecology (Gomel, Belarus). The diagnosis was made according to the criteria of the disease WHO classification of myeloid neoplasms in 2008 [11]. The material of the research were clinical and medical data, the indicators of peripheral blood and bone marrow of patients. Biological materials were taken only after signing by patients informed consent form to participate in the research.

Statistical analysis. Survival analysis by groups was performed with the log-rank test. We used Kruskal-Wallis test to determine difference in CD95 values between IPSS-R groups. Detailed analysis of the variables associated with outcome was performed by multistate survival model. We used three state model without recurrence: State 1- MDS, State 2 - transformation, State 3 - death (Fig. 1). State occupation probabilities are calculated according [12].

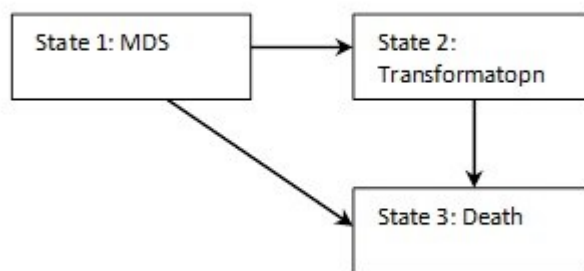


Figure 1. - Three state model for MDS

We fitted Cox-Markov model for estimation relative hazard (HR) of variables associated with the transition from State 1 to State 2; from State 1 to State 3 and from State 2 to State 3. The analysis was performed with statistical tools R version 3.1.3 [13] and packages *survival* [14], *msSurv* [15], *p3state.msm* [16].

Results and discussion. A total of 70 patients with MDS were referred from 2007 to 2014. Table 1 summarizes their characteristics. Their median age was 48 years (22...62). There is a higher occurrence of the disease in female patients compared to male with a percentage of 61,4%/38,6%. The duration of antecedent hematological disorder was 6 months (range 2...38). The median of presenting white hemoglobin was 82±15 g/l, white blood cells in peripheral blood was 2,1 (0,1...9,4) 10⁹/L, platelets was 86 (3,5...355) 10⁹/L and blasts in BM were 3,4% (0,4...16). There were patients with defined MDS

subtypes, the most subtype was RAEB in 28 patients (40%), followed by RCMD in 26 patients (37 %) and RA in 16 patients (23 %). Their IPSS-R score was calculated based on their initial presentation. Of these patients, 21 (30%) had good risk disease, 27 (38,6%) had intermediate risk, 15 (21,4%) had poor risk and 7 (10%) had very poor risk.

In the research were used the following parameters: gender, age, group of risk for IPSS-R; components IPSS-R (karyotype, hemoglobin, peripheral blood neutrophils and platelets, percent of bone marrow blast) and CD95 expression of bone marrow cells. The expression of the CD95 (Fas / APO 1) by bone marrow cells of patients with MDS was chosen because previous work revealed that, in addition to internationally recognized prognostic factors, the expression of CD95 has a statistically significant effect on overall survival in MDS [17].

Table 1

Characteristics of patients with primary myelodysplastic syndromes

Factors	Types of MDS			Alle, n=70 (100%)
	RA, del(5q) n=16 (23%)	RCMD, n=26 (37%)	RAEB, n=28 (40%)	
Age at diagnosis, years, median (range)	52 (24...62)	47 (31...60)	47 (22...59)	48 (22...62)
Gender:				
male, n (%)	2 (12,5)	12 (46,2)	13 (46,4)	27 (38,6)
female, n (%)	14 (87,5)	14 (53,8)	15 (53,6)	43 (61,4)
Hemoglobin, g/L, mean(SD)	79 (13)	84 (17)	81 (14)	82 (15)
WBC, ·10 ⁹ /L, median (range)	4,5 (1,4...6,3)	4,2 (1,1...15,4)	4,8 (1,1...11,5)	4,7 (1,1...15,4)
Neutrophils, ·10 ⁹ /L, median (range)	2,1 (0,5...5,6)	1,9 (0,6...9,4)	2,2 (0,1...5,8)	2,1 (0,1...9,4)
Platelets, ·10 ⁹ /L, median (range)	208 (73...354)	60 (3,5...355)	83 (14...271)	86 (3,5...355)
Bone marrow blast, median (range)	2 (0,75...3,5)	2,13 (0,4...5,4)	9,3 (6,5...16)	3,4 (0,4...16)
Cytogenetic abnormalities				
no	9 (60)	16 (64)	21 (75)	46 (67,6)
isolated	2 (13,3)	6 (24)	5 (17,9)	13 (19,1)
combined	0	3 (12)	2 (7,1)	5 (7,4)
del (5q31)	4 (26,7)	0	0	4 (5,9)
IPSS-R, n (%)				
Good	12 (75)	9 (34,6)	0	21 (30)
Intermediate	4 (25)	13 (50)	10 (35,7)	27 (38,6)
Poor	0	4 (15,4)	11 (39,3)	15 (21,4)
Very poor	0	0	7 (25)	7 (10)
CD95 expression, %, median (range)	75 (13,2...95)	28,6 (3...87)	11,9 (2,1...74,5)	17,1 (2,1...95)

To control the prognostic significance of the criteria, which are used in the model of three states for MDS, there has been conducted an analysis of overall survival in depend on the risk category of IPSS-R and expression of CD95. Variables of karyotype, hemoglobin concentration, the amount of neutrophils and platelets of peripheral blood, the number of blast cells in the bone marrow have not been included in the predictive-analysis of overall survival, because they are

composite components of a risk category of IPSS-R and thus highly correlate with it. Survival analysis of patients with MDS, depending on the group of risk of IPSS-R, showed a statistically significant difference in this prognostic scale (Fig. 2). For example, the median of survival in the group of good (favorable) risk was 46 months, in the intermediate-risk group - 18 months, adverse (poor) risk - 13 months and very poor risk - 5 months ($p < 0,05$).

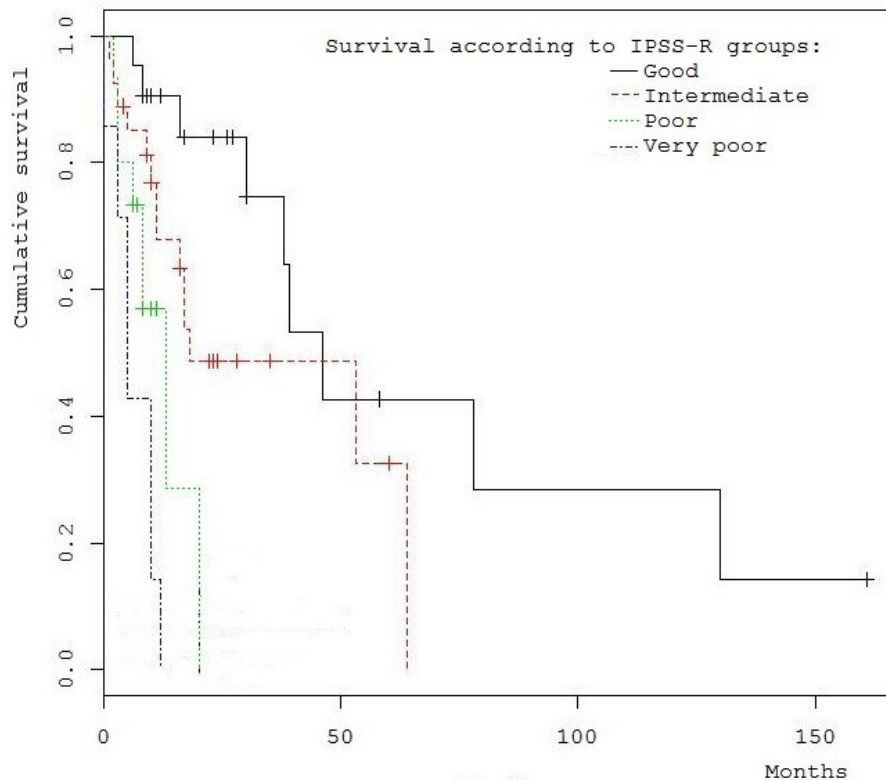


Figure 2

Overall survival of patients with MDS, depending on the group of risk on the prediction scale of IPSS-R

Comparison of the expression of CD95 among patients of various groups of risk on a scale of IPSS-R showed a statistically significant difference ($p = 0,004$) in mean values of this parameter (Fig. 3). The expression level of CD95 in the good risk group was 68 (2,96 ... 94) %, in the intermediate risk group - 22 (3,7 ... 95) %.

In groups of poor risk and very poor risk the expression of CD95 was significantly lower - 12 (2,13 ... 22,1) and 13,8% (2,5 ... 21,4) % respectively. Thus, the level of the expression of CD95 by bone marrow cells in MDS refers to the division into risk groups on a scale of IPSS-R: a poor prognosis corresponds to a lower value of the expression of CD95.

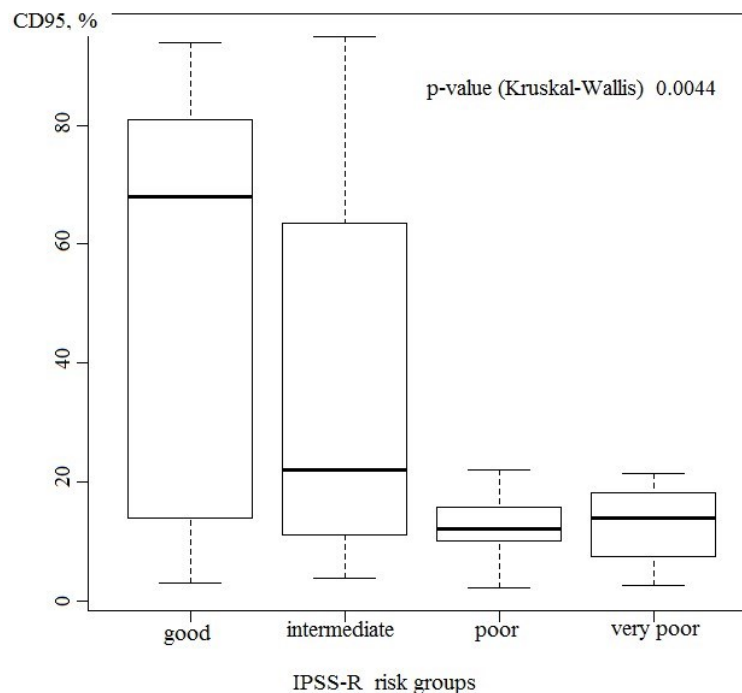


Figure 3 - CD95 expressions of the bone marrow cells among patients with MDS, depending on the group of risk on the prediction scale of IPSS-R

Among all analyzed groups of risk on the scale of IPSS-R, the group of intermediate risk is the most diverse. IPSS-R could not distinguish the prognosis between good and intermediate risk cytogenetic categories in OS [18]. In our research the group of intermediate risk also demonstrates its ambiguity. Indicator of the three-years survival rate for the group of intermediate risk relates to that indicator for the group of good risk ($48,7 \pm 10,6\%$ and $42,7 \pm 15,5\%$, respectively). However, the median of survival in the group of intermediate risk is close to meaning of the corresponding figure in the group of poor risk.

During the analysis of survival among patients with MDS in the group of intermediate risk, depending on the level of expression of CD95, it was found that the level of the receptor $< 22\%$ significantly reduces the cumulative probability of survival (Fig. 4). In the group of patients with CD95 expression more than 22% the overall survival was $82,5 \pm 11,3\%$ (95 % CI (63,1-100) %), that was significantly higher than the corresponding figure in the group with the level of expression $\leq 22\%$ - $11,2 \pm 10,3\%$ (95 % CI (1,8-68,4)%), $p = 0,00209$ (Fig. 4).

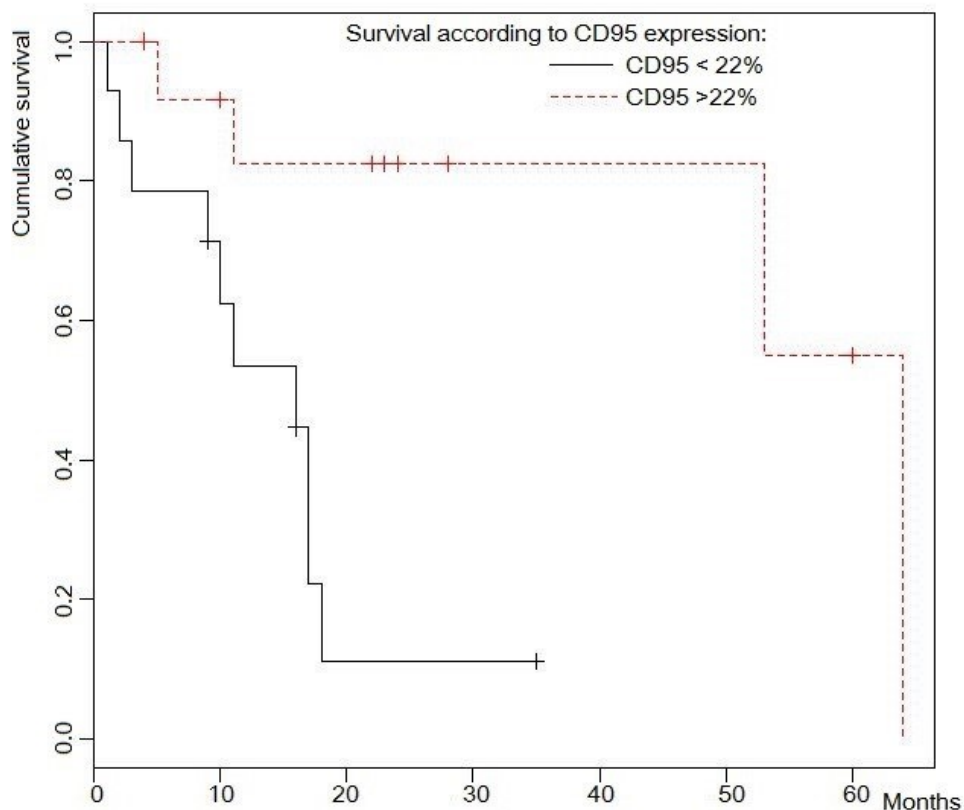


Figure 4 - Overall survival of patients with MDS in intermediate risk group of IPSS-R, depending on CD95 expression of bone marrow cells

Further studies of the prognostic significance of the investigated parameters were held in the framework of mathematical modeling, which used a model of the three states "disease - death". Quantitative characteristics of patients according to the model of the three states is shown in Table 2.

Graphs of evaluating probabilities being in three states in depend on the time and based on model of the three states of "disease-death" are presented in Table 3 and Fig. 5. You can see that over time the probability

to remain in a state "1" is reduced to zero. After 12 months from the onset of the disease only 26.6% of patients remain in the same status, after 60 months - only 11.3%. The probability of transformation (transition into the state "2") increases during the first 12 months and constitutes 45.1%. During a further period this index varies only slightly (49.3% in 60 months). Probability of death (transition into state "3") increases over time and constitutes 28.3% after 12 months and 39.4% after 60 months.

Table 2

Quantitative characteristics of patients in a model of multiple states "disease – death"	
Condition	Number of patients
All patients, who participated in the research	70
individuals experiencing the intermediate event	36
events for the direct transition from state 1 to state 3	19
events on transition from state 2	19
individuals remaining in state 1	15
censored observations on transition from state 2	17

Table 3

The probability of being in three states depending on the time and based on model of the three states of "disease - death"

Time, months	The probability of being in state		
	State 1	State 2	State 3
	estimate±se	estimate±se	estimate±se
12	0.266±0.002	0.451±0.002	0.283±0.002
36	0.170±0.002	0.493±0.002	0.338±0.002
60	0.113±0.002	0.493±0.002	0.394±0.003

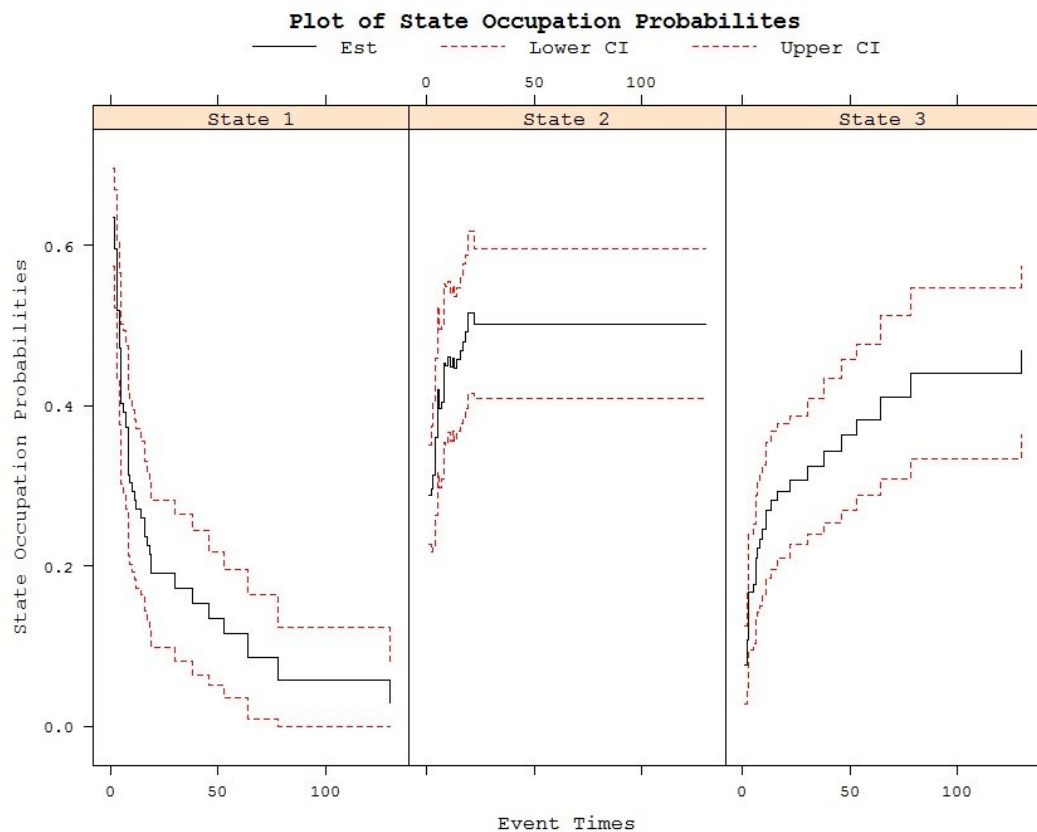


Figure 5 - The probability of being in state 1 "disease", state 2 "transformation" and state 3 "death" by patients in depend on time

On the stage of studying hazard ratio (HR) based on the model Cox -Markov for three transitions: 1 → 3 (diagnosis - death), 1 → 2 (diagnosis - transformation), 2 → 3 (transformation - death) - factors, significantly influencing the probability of transition from one state to another, have been identified. You can see the results in Table 4. Thus, the number of bone marrow blasts ($p = 0,023$), very poor risk group of IPSS-R ($p = 0,004$) and high expression of CD95 ($p = 0,002$) are unfavorable prognostic factors of death, irrespective of transformation in leukemia. The criteria of a high probability of transformation into acute leukemia are the young age of the patients ($p = 0,031$), low number of platelets ($p = 0,005$), the number of bone marrow blasts ($p < 0,001$), the group of risk IPSS-R ($p < 0,001$) and low expression of CD95 ($p < 0,001$). Only the expression of CD95 ($p = 0,015$) significantly affects on the probability of death after transformation into leukemia.

In the multivariate analysis of model "disease - death" were included the variables that showed a statistically significant effect on the transition from one

state to another in the univariate analysis: age, group of IPSS-R and expression of CD95. The number of blasts in BM was not included in the multivariate model, because it is a component of risk group of IPSS-R (Table 5).

The results of multivariate analysis showed that, along with the parameters of IPSS-R, the expression of CD95 is an independent statistically significant predictor. This is the only predictor, which is associated with all three transitions, and its low value increases the risk of transition, as in a state of transformation ($p = 0,004$), and in a terminal state from the state of the disease ($p = 0,003$) and from the state of transformation into leukemia ($p = 0,019$). Along with this factor, on the probability of transformation into leukemia affects the young age of patients ($p = 0,03$), poor ($p = 0,015$) and very poor ($p = 0,011$) groups of risk of IPSS-R.

Thus, the analysis of the course and outcomes of MDS has shown a high predictive value of IPSS-R scale even in isolated age cohort of patients from 18 to 60 years. In addition to the criteria included in the

predictive system IPSS-R, there have been found a predictor that has a statistically significant prognostic value in the multivariate model together with the IPSS-R. Expression of CD95 is the only factor, which is associated with all three transitions; its low value increases the risk of transition into the state of transformation and into the terminal state. Furthermore, the

model of the three states has shown that the risk of transformation from MDS to acute leukemia is associated with a younger age. There is also a tendency to increase the risk of transition into the terminal state as without transformation, and after transformation with increasing age of patients.

Table 4

Effect of studied factors on the probability of transition from one state to another based on the multi-state model for myelodysplastic syndromes

Parameter	Univariate analysis								
	1→3(diagnosis-death)						1→3(diagnosis-death)		
	β	HR	p	β	HR	p	β	HR	p
Age (per year increased)	0.04	1.04	0.090	-0.03	0.97	0.031	0.02	1.02	0.334
Gender									
male	reference			reference			reference		
female	-0.26	0.77	0.590	-0.58	0.56	0.080	-0.04	0.96	0.93
Hemoglobin (per unit increased)	0.00	1.0	0.946	0.00	1.0	0.786	0.02	1.02	0.300
WBC (per unit increased)	0.03	1.03	0.709	0.00	1.0	0.933	0.13	1.13	0.055
Neutrophils (per unit increased)	0.07	1.08	0.526	-0.03	0.97	0.743	0.28	1.33	0.022
Platelets (per unit increased)	0.00	1.0	0.110	-0.006	0.99	0.005	0.00	1	0.238
Cytogenetic abnormalities									
no	reference			reference			reference		
isolated	-0.17	0.84	0.800	0.23	1.26	0.574	0.94	2.57	0.121
combined	0.33	1.39	0.757	0.51	1.67	0.348	1.13	3.10	0.166
del (5q31)	-0.14	0.87	0.860	-18.1	1.34	<0.001	N/A	N/A	N/A
Bone marrow blasts (per unit increased)	0.15	1.16	0.023	0.20	1.22	<0.001	0.04	1.04	0.557
IPSS-R									
Good	reference			reference			reference		
Intermediate	0.54	1.72	0.380	1.26	3.52	0.015	-0.09	0.91	0.932
Poor	1.35	3.84	0.105	2.28	9.77	<0.001	1.17	3.23	0.305
Very poor	2.49	12.05	0.004	2.68	14.64	<0.001	1.31	3.71	0.257
CD 95 (per unit increased)	-0.046	0.96	0.002	-0.04	0.96	<0.001	-0.06	0.95	0.015

Table 5

Multivariate analysis of the probability of transition from one state to another based on the multistate model for myelodysplastic syndromes

Parameter	Multivariate analysis								
	1→3(diagnosis-death)						1→3(diagnosis-death)		
	β	HR (95% CI)	p	β	HR	p	β	HR	p
Age (per year increased)	0.05	1.05 (1.0-1.11)	0.061	-0.03	0.97 (0.94-0.997)	0.030	0.05	1.05 (0.98-1.12)	0.164
IPSS-R									
Good	reference			reference			reference		
Intermediate	-0.02	0.98 (0.28-3.40)	0.975	0.74	2.09 (0.74-5.92)	0.165	1.34	3.80 (0.36-40.12)	0.267
Poor	-0.05	0.95 (0.18-4.97)	0.953	1.43	4.19 (1.32-13.32)	0.015	1.41	4.08 (0.43-38.87)	0.221
Very poor	1.31	3.73 (0.69-20.27)	0.128	1.86	6.47 (1.53-27.38)	0.011	1.98	7.22 (0.68-77.20)	0.102
CD 95 (per unit increased)	-0.04	0.96 (0.93-0.99)	0.003	-0.03	0.97 (0.95-0.99)	0.004	-0.08	0.92 (0.86-0.99)	0.019

REFERENCES:

- Greenberg P, Cox C, LeBeau MM, Fenaux P, Morel P, Sanz G, *et al.* International scoring system for evaluating prognosis in myelodysplastic syndromes. *Blood* 1997; 89 (6): 2079–88.
- Greenberg PL, Tuechler H, Schanz J, Sanz G, Garcia-Manero G, Sole F, *et al.* Revised International prognostic scoring system for myelodysplastic syndromes. *Blood* 2012; 120 (12): 2454–65.
- Bernasconi P, Klersy C, Boni M, Cavigliano PM, Calatroni S, Giardini I, *et al.* World Health Organization classification in combination with cytogenetic markers improves the prognostic stratification of patients with de novo primary myelodysplastic syndromes. *Brit. J. Haematol* 2007; 137: 193-205.
- Czibere A, Bruns I, Junge B, Singh R, Kobbe G, Haas R, *et al.* Low RPS14 expression is common in myelodysplastic syndromes without 5q-aberration and defines a subgroup of patients with prolonged survival. *Haematologica* 2009; 94(10): 1453-55.
- Garcia-Manero G, Shan J, Faderl S, Cortes J, Ravandi F, Borthakur G, *et al.* A prognostic score for patients with lower risk myelodysplastic syndrome. *Leukemia* 2008; 22: 538-43.
- Machherndl-Spandl S, Swga W, Bosmuller H, Germing U, Gruber Ch, Nachtkamp K, *et al.* Prognostic impact of blast cell counts in dysplastic bone marrow disorders (MDS and CMML I) with concomitant fibrosis. *Ann Hematol* 2014; 93: 57–64.
- Bejar R. Clinical and genetic predictors of prognosis in myelodysplastic syndromes. *Haematologica* 2014; 99(6): 956-64.
- Schanz J, Steidl Ch, Fonatsh Ch, Pfeilstocker M, Nosslinger Th, Tuechler H, *et al.* Coalesced multicentric analysis of 2,351 patients with myelodysplastic syndromes indicates an underestimation of poor-risk cytogenetics of myelodysplastic syndromes in the International Prognostic Scoring System. *J Clin Oncol* 2011; 29(15): 1963-70.
- Schanz J, Tuechler H, Sole F, Mallo M, Luno E, Cervera J, *et al.* New comprehensive cytogenetic scoring system for primary myelodysplastic syndromes (MDS) and oligoblastic acute myeloid leukemia after MDS derived from an international database merge. *J Clin Oncol* 2012; 30: 820-9.
- Gritsaev SV, Martynkevich IS, Petrova EV, Martynenko LS, Ivanova MP, Aksenova Vlu, *et al.* Cytogenetic profile in patients with primary myelodysplastic syndrome. *Therapeutic Archive* 2013; 7: 43-49.
- Brunning RD, Orazi A, Germing U, Le Beau MM, Porwit A, Bauman I, *et al.* Myelodysplastic syndromes/neoplasms, overview. In: Staven H. Swerdlow, *et al.* WHO classification of tumours of hematopoietic and lymphoid tissues, 4th edition. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2008;88-104.
- Datta S, Satten GA. Validity of the Aalen-Johansen estimators of stage occupation probabilities and Nelson-Aalen estimators of integrated transition hazards for non-Markov models. *Statistics and Probability Letters* 2001; 55(4): 403-11.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Therneau T (2015) A Package for Survival Analysis in S. version 2.38, URL: <http://CRAN.R-project.org/package=survival>.
- Ferguson N, Datta S, Brock G. msSurv: An R Package for Nonparametric Estimation of Multistate Models. *Journal of Statistical Software* 2012; 50(14): 1-14.

1-24. URL <http://www.jstatsoft.org/v50/i14/>.

16. Meira-Machado L, Roca Pardinas J. p3state.msm: Analyzing Survival Data from an Illness-Death Model. Journal of Statistical Software 2011; 38(3): 1-18. URL <http://www.jstatsoft.org/v38/i03/>.

17. Klimkovich N, Krasko O, Kozarezova T. Prognostic factors in de novo myelodysplastic syn-

drome in young and middle-aged people. ScienceRise 2015; 1/3(6):29-37.

18. Yang YT, Hou HA, Liu CY, Lin CC, Chou WC, Lee FY, et al. IPSS-R in 555 Taiwanese patients with primary MDS: Integration of monosomal karyotype can better risk-stratify the patients. Am J Hematol 2014; 89(9): 142-9.

ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТАКТИКА ПРИ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У ДЕТЕЙ

Саввина В.А.

Доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

Варфоломеев А.Р.

Доктор медицинских наук, профессор кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

Николаев В.Н.

доцент кафедры педиатрии и детской хирургии медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия

SURGICAL TACTICS WITH FUNNEL-LIKE DEFORMITY OF THE CHEST IN CHILDREN

Savvina V.

Doctor of Medical Sciences, Professor of the Pediatric and Pediatric Surgery Department of the Medical Institute in the North Eastern Federal University in Yakutsk, Russia

Varfolomeev A.

Doctor of Medical Sciences, Professor of the Pediatric and Pediatric Surgery Department of the Medical Institute in the North Eastern Federal University in Yakutsk, Russia

Nikolaev V.

Assistant Professor of the Pediatric and Pediatric Surgery Department of the Medical Institute in the North Eastern Federal University in Yakutsk, Russia

Аннотация

В статье представлен сравнительный анализ хирургического лечения воронкообразной деформации грудной клетки у детей. С применением метода операции по Нассе значительно снизилась частота послеоперационных осложнений и сократилась длительность стационарного лечения.

Abstract

The article presents a comparative analysis of the surgical treatment of funnel-like deformity of the chest in children. With the use of the Nuss operation method, the incidence of postoperative complications significantly decreased and the duration of hospital treatment was reduced.

Ключевые слова: воронкообразная деформация грудной клетки, стернохондродистракция, торакопластика.

Keywords: funnel-shaped deformation of the chest, sternochondrodistracthion, thoracoplasty.

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) встречается примерно у 1 из 1000 детей и нередко является частным проявлением синдромальной патологии соединительной ткани [1]. Традиционно показанием к хирургической коррекции являются функциональные нарушения дыхательной и сердечно-сосудистой систем, выраженность которых напрямую связана со степенью деформации [2, 3]. Большинство общепринятых методик хирургического лечения дают хорошие функциональные результаты, однако косметический эффект оставляет желать лучшего.

В 1998 г. хирург Donald Nuss опубликовал 10-летний опыт лечения ВДГК, назвав свою методику минимально инвазивной техникой коррекции во-

ронкообразной груди [6]. В нашей клинике до 2009 года подобные деформации оперировались методом торакопластики по Палтия, после операции дети нуждались в оформлении инвалидности, испытывали физические ограничения, нередко наблюдалась ранняя миграция пластины, клинические и функциональные результаты не удовлетворяли требованиям современной хирургии. 20% детей оперированы повторно с последующим удовлетворительным результатом. С 2009 года мы перешли на новый метод хирургического лечения ВДГК.

Материалы и методы исследования: За период с 2009 по 2015 годы в хирургическом отделении Педиатрического центра Республиканской

больницы №1 Национального центра медицины г. Якутска по поводу воронкообразной деформации грудной клетки оперировано 54 ребенка (таблица 1).

Таблица №1

Распределение детей по возрасту и полу.

пол	Возраст, годы					Все возрасты
	4 – 5	6 – 8	9 – 11	12 – 14	15 – 16	
мальчики	4	6	11	8	4	33 (61%)
девочки	3	4	7	6	1	21 (39%)
всего	7 (13%)	10 (18%)	18 (34%)	14 (26%)	5 (9%)	54 (100%)

Большинство больных (61%) были мальчики. В 60% случаев операция выполнена в возрасте от 9 до 14 лет. По степени деформации грудной клетки: у 30 больных была деформация III степени (55%), у остальных 45% детей – деформация II степени по Гижицкой. Кроме того, у 6 детей (11%) была асимметричная деформация при ВДГК. Марфано-подобный синдром выявлен у 10% больных с воронкообразной деформацией грудной клетки, у этих детей диагностированы малые аномалии сердца, признаки нарушения созревания соединительной ткани (арахнодактилия, плоскостопие, нарушения осанки). В комплекс предоперационного обследования наряду с общепринятыми методами включали рентгенографию грудной клетки в

двух проекциях, ЭХОКГ, по показаниям консультацию кардиолога и генетика.

Применялись титановые пластины длиной от 240 мм до 360 мм, шириной от 15 мм до 20 мм, толщиной от 1,7 мм до 2,8 мм и инструмент-проводник. Размер пластины подбирался заранее до операции с учетом возраста и размеров грудной клетки ребенка. Форму изгиба пластины формировали индивидуально совместно с техником операционного блока в зависимости от вида и степени деформации. Операция выполнялась под комбинированным эндотрахеальным наркозом в сочетании с эпидуральной анестезией.

Результаты и обсуждение: 73% случаев составили дети из районов. В среднем в год оперировано 7 – 9 больных (рис.1).

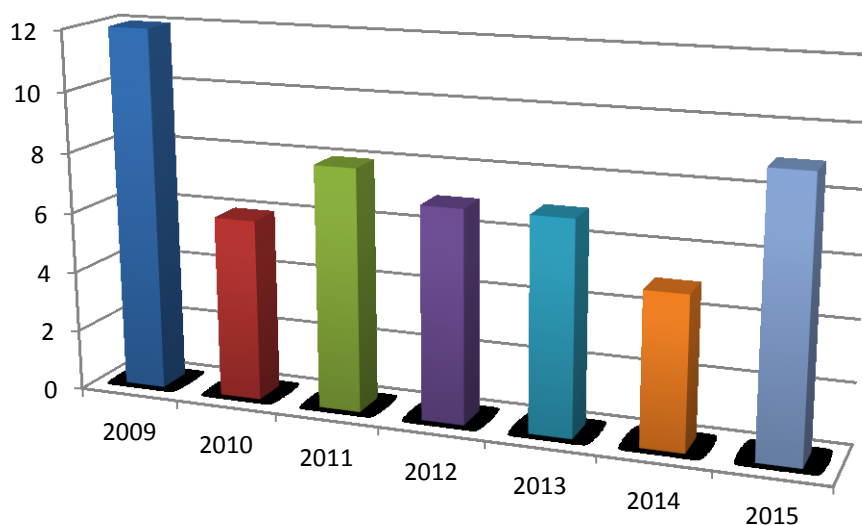


Рис.1. Количество стернохондродистракций по Насса по годам.

Продолжительность операции составила в среднем 40 мин $\pm$ 20 мин. В раннем послеоперационном периоде дети находились в течение 1-2 сут в отделении интенсивной терапии для эпидурального обезбоживания. Вечером после операции выполняли контрольный обзорный рентген грудной клетки для исключения явлений послеоперационного пневмоторакса. Медикаментозная терапия включала антибактериальную терапию в течение 7 суток цефалоспорином 3 поколения, гемостатическую терапию дициноном, обезбоживание микроструйным введением в эпидуральный катетер

наропина, кроме того, внутривенно вводили трамал. В связи со спецификой операции давление, вызываемое пластиной, значительно больше, чем при стандартных торакопластиках. Это вызывает выраженный болевой синдром в раннем послеоперационном периоде. Внедрение продленной эпидуральной анестезии позволяет детям не чувствовать боли и свести к минимуму введение наркотических анальгетиков. Эпидуральное обезбоживание применяется при стернохондродистракции в нашей клинике с 2013 года и клинически доказана эффективность данного вида обезбо-

ливания. Длительность эпидуральной анальгезии составила 3 ± 1 сут.

Послеоперационное осложнение в виде пневмоторакса выявлено в 3 случаях, что составило 5%, в одном случае двухсторонний пневмоторакс, купированы установкой плевральных дренажей. Гнойно-воспалительных осложнений не наблюдалось. В литературе описаны случаи повреждения органов средостения при «слепом» проведении пластины, даже случаи перфорации сердца. В связи с этим многие хирурги этапы формирования

загрудинного тоннеля и проведения пластины выполняют под контролем видеоторакоскопии [4, 5]. Как показывает опыт ведущих клиник [2], формирование тоннеля слева направо наиболее безопасно, так как при этом пути инструмент не упирается в сердце, а идет по касательной.

Во всех случаях достигнута коррекция деформации, отличный функциональный и косметический результат получен у 92% оперированных детей (Рис.2).

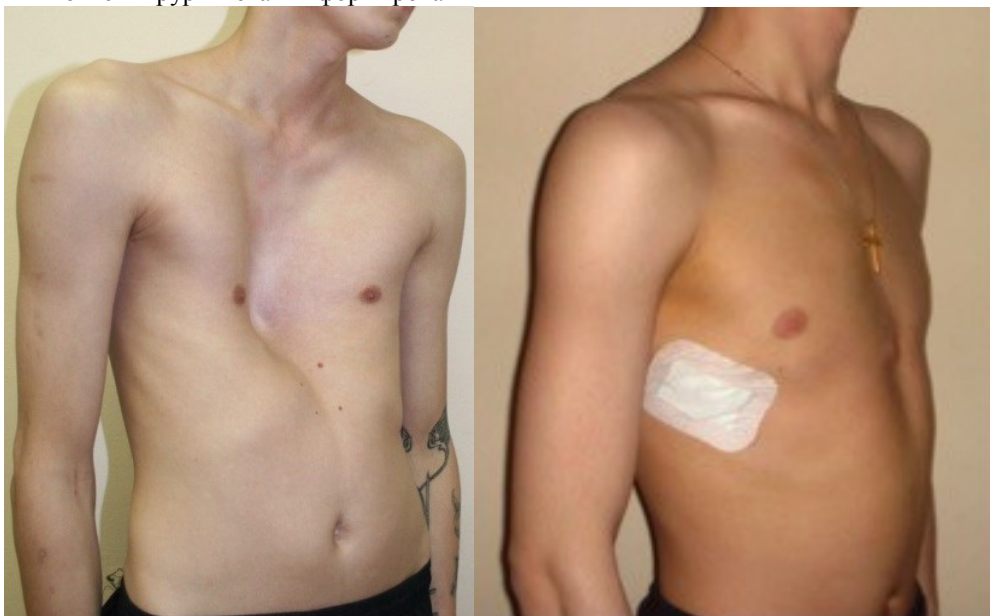


Рис. 2. Клинический результат стернохондродистракции по Насса.

Заживление послеоперационных ран первичным натяжением, длительность стационарного лечения составила $10 - 12 \pm 2 - 4$ койко/дня. В послеоперационном периоде после выписки каких-либо ограничений не рекомендовали, дети не носят специальные корсеты, как после торакопластики по Палтия. Пластины удалены через 3 года, миграции и смещения металлоконструкций не выявлено. Удаление пластины сложностей не вызывало.

До 2009 года для коррекции воронкообразной деформации грудной клетки применялась торакопластика по Палтия. Длительность методики Палтия была в среднем 1,5 – 2 часа, в 90% случаев была необходимость в заместительной терапии эритромазой, с гемостатической целью применялась ПСЗ. Частота послеоперационных осложнений в виде кровотечения или пневмоторакса составляла 35%. В отдаленные сроки в 20% случаев

наблюдалась миграция пластины, что требовало повторной установки металлоконструкции. В 12% случаев в отдаленные сроки после удаления пластины выявлен рецидив деформации грудино-реберного комплекса.

Сравнительная оценка традиционных методов хирургической коррекции ВДГК, в частности, торакопластики по Палтия, и операции Насса выявила следующие преимущества последней (таблица 2):

1. Минимальная травматичность;
2. Неосложненный послеоперационный период;
3. Наилучший косметический результат.

Таким образом, коррекция воронкообразной деформации грудной клетки методом Насса позволяет получить наилучший косметический и функциональный результат, и является методом выбора.

Таблица №2.

Сравнительные характеристики методик торакопластики.

методика	Длит-ть операции	Осложнения	Длит-ть обезбо-ливания	Смеще-ние пласти-ны	Койко/дни	рецидив
Палтия	1,5 – 2 часа	35%	8 – 12 дней	20%	16 - 21	12%
Насса	40 - 60 мин	5%	5 – 7 дней	-	10 - 12	-

Выводы:

1. Стернохондродистракция по Насса является эффективным наименее безопасным

методом устранения воронкообразной деформации грудной клетки у детей.

2. У большинства больных (92%) достигнут отличный функциональный и косметический результат.

3. В 5% случаев были осложнения в раннем послеоперационном периоде в виде пневмоторакса вследствие ранения париетальной плевры во время вмешательства.

4. Применение эпидуральной анестезии эффективно уменьшает болевой синдром в раннем послеоперационном периоде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Исаков Ю.Ф., Степанов Э.А., Гераскин В.И. Руководство по торакальной хирургии у детей. – М., 1978.
2. Разумовский А.Ю., Павлов А.А., Алхасов

А.Б. и др. Хирургическая коррекция воронкообразной деформации грудной клетки методом Насса // Детская хирургия – 2006 - №2 – с.4-9.

3. Тимошенко В.А.

Металлостернохондропластика при врожденных и приобретенных деформациях грудной клетки у детей: метод. рекомендации. – М., 1998.

4. Hebra A. // Chest Surg. Clin. N. Am. – 2000 – Vol.10, №2 – p.329-339.

5. Hosie S., Sitkiewicz T., Petersen C. et al. // Eur.J. Pediatr. Surg. – 2002 – Vol.12, №4 – p.235 – 238.

6. Nuss D., Croitoru D.P., Kelly R.E. Jr. et al. // Eur.J. Pediatr. Surg. – 2002 – Vol.12, №4 – p.230 – 234.

УДК 616.314-089.28/29(474.322)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОКАЗАНИЯ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ НАСЕЛЕНИЮ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Флейшер Г. М.

*врач-консультант ГУЗ «Областная стоматологическая поликлиника –
Стоматологический центр», г. Липецк*

IMPROVING THE PROVISION OF ORTHOPEDIC DENTAL CARE LIPETSK REGION

Fleicher G.

consultant physician GUZ "Regional dental clinic – Dental center, Lipetsk

Аннотация

Стоматологическая помощь является одним из самых востребованных видов медицинской помощи населению. По числу обращений больных она занимает второе место после обращений за терапевтической помощью, а распространенность заболеваний полости рта у взрослого населения в России достигает 100%. Самыми распространенными болезнями полости рта являются кариес зубов, пародонтит, рак полости рта, инфекционные болезни полости рта, травмы и врожденные патологии. Актуальность темы обусловлена высоким уровнем распространения среди населения Липецкой области стоматологической патологии, что требует проведения системного анализа организации, управления и деятельности стоматологической службы по области в целом и на отдельно взятых территориях с разработкой моделей по совершенствованию оказания данного вида медицинской помощи, в том числе с использованием автоматизированной информационной системы. В данной статье приведены данные КПУ, эпидемиологического обследования и т. д. по г. Липецку и Липецкой области.

Abstract

Dental care is one of the most popular types of medical care. By the number of complaints of patients, it is second only to applications for therapeutic help and prevalence of oral diseases in the adult population in Russia reaches 100%. The most common oral diseases are dental caries, periodontitis, oral cancer, infectious diseases of the oral cavity, trauma and congenital conditions. Relevance of the topic due to the high prevalence of the Lipetsk region of dental disease among the population, which requires a systematic analysis of the organization, management and operation of dental on field service as a whole and in the individual areas with the development of models to improve the delivery of this type of medical care, including the use of automated information system. This article describes the CPU data, epidemiological surveys of the city of Lipetsk and Lipetsk region.

Ключевые слова: стоматологическая помощь, ортопедическая стоматология, зубопротезирование, нуждаемость, население.

Keywords: dental care, prosthetic dentistry, dentures, neediness population.

Одной из основных целей социальной политики, проводимой в России, является обеспечение для каждого гражданина такого уровня жизни, который позволит жить продуктивно в социальном и экономическом плане и максимально долго. В то же время данные социальной и медицинской ста-

тистики, результаты эпидемиологических научных исследований свидетельствуют в последнее время о неблагоприятных тенденциях в состоянии здоровья человека, в том числе и стоматологического.

С точки зрения системного подхода и системного анализа любая организация, в том числе и

такая социально-экономическая система как стоматологическая служба, стремится к оптимизации своей деятельности в изменяющихся условиях окружающей действительности. Недостаток обстоятельных сведений об уровне и структуре стоматологической заболеваемости работающих граждан, а также необходимость проведения системного анализа, оценки и корректировки организационно-управленческих и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Липецкого региона, в том числе входящих в сферу деятельности стоматологической службы, определяют значимость и актуальность темы исследования.

Вопросам определения потребности в ортопедическом стоматологическом лечении посвящено значительное количество публикаций. Практическое их значение состоит в возможности ближайшего и отдаленного планирования ортопедической стоматологической помощи, разработке научно обоснованных рекомендаций по ее улучшению. Ряд авторов изучали потребность в зубных протезах

сельского и городского населения и установили наличие тесной связи между потребностью в зубном протезировании, климато-географическими условиями, уровнем стоматологического обслуживания населения, возрастом и полом пациентов. Кроме того, потребность в ортопедическом лечении связана с распространенностью стоматологических заболеваний, уровнем организации специализированной помощи и имеет свои особенности в каждом конкретном регионе. В этой связи большое значение приобретают массовые эпидемиологические обследования, позволяющие получить достоверные показатели нужды населения в ортопедической помощи, что особенно важно при всеобщей диспансеризации.

По обобщенным данным, основанных на последних результатах эпидемиологического обследования, достаточно высока распространенность кариеса зубов среди взрослого населения (99%-100%). Средние показатели распространенности и интенсивности кариеса зубов среди населения РФ представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Средние показатели распространенности и интенсивности кариеса зубов среди населения РФ 2009 г

<i>Возраст</i>	<i>Распространенность</i>	<i>К</i>	<i>П</i>	<i>У</i>	<i>КПУ</i>
Временные зубы					
6	84,00%	2,94	1,48	0,36	4,78
Постоянные зубы					
6	13,00%	0,15	0,08	0	0,23
12	73,00%	1,17	1,3	0,04	2,51
15	82,00%	1,57	2,15	0,09	3,81
35-44	99,00%	3,13	6,02	4,78	13,93
65 и >	100,00%	1,72	2,77	18,26	22,75

Примечание: Показатели развития осложнений кариеса значительны: потребность взрослого населения в пломбировании и протезировании зубов составляет 55% и удалении зубов - 23%. Все это определяет возрастающую потребность в ортопедическом лечении – изготовлении искусственных коронок либо зубных протезов.

Данные по КПУ, нуждаемости и эпидемиологическому обследованию населения по г. Липецку и Липецкой области представлены в Табл. 2-6.

Таблица 2.

Эпидемиологическое обследование населения г. Липецка и Липецкой области 2009г.

<i>Возраст</i>	<i>Распространенность</i>	<i>К</i>	<i>П</i>	<i>У</i>	<i>КПУ</i>
Распространенность и интенсивность кариеса зубов г. Липецк					
Временные зубы					
6	84,00%	1,42	2,42	0,07	3,91
Постоянные зубы					
6	9,00%	0,13	0,09	0,00	0,22
12	57,00%	0,17	1,33	0,05	1,55
15	84,00%	0,72	1,91	0,12	2,75
35-44	100,00%	1,38	10,15	4,00	15,53
65 и >	100,00%	0,38	5,75	13,50	19,63
Распространенность и интенсивность кариеса зубов г. Елец					
Временные зубы					
6	93,00%	3,73	1,73	0,03	5,49
Постоянные зубы					
6	3,00%	0,03	0,00	0,00	0,03
12	85,00%	0,00	3,19	0,00	3,19
15	84,00%	0,28	2,96	0,00	3,24
35-44	100,00%	1,45	10,03	4,26	15,74
65 и >	100,00%	0,08	8,25	14,67	23,00
Распространенность и интенсивность кариеса зубов г. Лебедянь					
Временные зубы					
6	88,00%	4,00	0,80	0,56	5,36
Постоянные зубы					
6	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
12	68,00%	0,68	1,11	0,14	1,93
15	85,00%	0,85	2,22	0,30	3,37
35-44	100,00%	0,40	14,28	3,16	17,84
65 и >	100,00%	0,35	6,88	18,65	25,88
Распространенность и интенсивность кариеса зубов с. Красное					
Временные зубы					
6	82,00%	2,88	1,36	0,73	4,97
Постоянные зубы					
6	3,00%	0,06	0,00	0,00	0,06
12	46,00%	0,18	0,89	0,00	1,07
15	85,00%	0,33	2,85	0,07	3,25
35-44	100,00%	0,64	8,88	3,44	12,96
65 и >	100,00%	0,75	5,04	15,96	21,75

Таблица 3.

Льготное зубопротезирование населения по г. Липецк и Липецкой области 2010-2015г.г.

Год	Очередность	Число лиц, получивших протезы		% бесплатного протезирования
		всего	в т.ч. бесплатно (пенсионеры)	
Льготное зубопротезирование по Липецкой области 2010-2015г.г.				
2010г.	11374	23695	13402	56,5
2011г.	14160	24589	13451	54,7
2012г.	12662	25976	12348	47,5
2013г.	8849	26573	12058	45,4
2014г.	14207	28000	12135	43,2
2015г.	15030	28072	11637	41,4
В том числе льготное зубопротезирование по г. Липецк 2010-2015г.г.				
2010г.	5663	12418	6135	49,4
2011г.	7654	13389	6466	48,3
2012г.	5650	14649	5703	38,9
2013г.	2744	14903	5824	39,1
2014г.	6975	14912	5898	39,5
2015г.	8330	14899	5409	36,3

Таблица 4.

Эпидемиологическое обследование населения г. Липецк и Липецкой области 2009г.

Населенный пункт	Нет протезов	Несъемные	Частичные съемные	Частичные съемные и несъемные	Полные съемные	
					на одной челюсти	на обеих челюстях
Процент лиц с протезами (возраст 35-44 года)						
г. Липецк	65	35	0	0	0	0
г. Елец	55	45	0	0	0	0
г. Лебедянь	60	40	0	0	0	0
с. Красное	80	20	0	0	0	0
Процент лиц с протезами (возраст 65 и >)						
г. Липецк	24	50	13	13	0	0
г. Елец	38	25	21	12	0	4
г. Лебедянь	19	50	19	0	12	0
с. Красное	25	42	8	13	8	4

Таблица 5.

Потребность в протезировании населения в г. Липецк и Липецкой области 2009 г.

Потребность в протезировании населения в г. Липецк и Липецкой области 2007 г.						
Населенный пункт	Не требуется	Несъемные	Частичные съемные	Частичные съемные и несъемные	Полные съемные	
					на одной челюсти	на обеих челюстях
возраст 35-44 года						
г. Липецк	88	8	0	4	0	0
г. Елец	87	10	0	3	0	0
г. Лебедянь	96	4	0	0	0	0
с. Красное	80	20	0	0	0	0
возраст 65 и >						
г. Липецк	63	13	20	4	0	0
г. Елец	79	21	0	0	0	0
г. Лебедянь	54	38	4	4	0	0
с. Красное	63	25	8	4	0	0

Таблица 6.

Ортопедическая помощь населению по г. Липецк, г. Елец и Липецкой области 2010-2015г.г

Год	Число лиц, получивших протезы по Липецкой области, всего		В т.ч. число лиц, получивших протезы по г. Липецк		В т.ч. число лиц, получивших протезы по г. Елец	
	всего	в т.ч. бесплатно	всего	в т.ч. бесплатно	всего	в т.ч. бесплатно
2010	23695	13402	12418	6135	2318	1675
2011	24589	13451	13389	6466	2343	1362
2012	25976	12348	14649	5703	2401	1371
2013	26573	12058	14903	5824	2530	1153
2014	28000	12135	14912	5898	2827	1039
2015	28072	11637	14899	5409	2984	

Несмотря на широкую распространенность стоматологических патологий и негативную тенденцию ухудшения здоровья полости рта среди населения России, первичная посещаемость стоматологов остается на крайне низком уровне. Специальные исследования показали, что значительная часть (более 56%) населения страны годами не обращается за стоматологической помощью, а среди пациентов с уже установленными заболеваниями пародонта только 7% регулярно обращаются к пародонтологу.

За последние годы в Российской Федерации, как и во всех развитых странах мира, происходит естественный процесс старения населения, связан-

ный с улучшением жизни общества. Этому также способствует прогресс науки и здравоохранения, позволяющие осуществлять борьбу с тяжелыми соматическими заболеваниями, приводящими к преждевременному старению и смерти людей. В результате, только за последние годы в Российской Федерации доля лиц пожилого и старческого возраста превысила 40%. Все это выдвигает на передний план проблему нормального жизнеобеспечения указанной категории лиц, совершенствования всех видов их медицинского и в том числе стоматологического обеспечения.

Тем не менее, нуждаемость в оказании ортопедической помощи растет, не смотря на развитие

технологий, это связано с рядом факторов, среди которых можно выделить большую запущенность стоматологического статуса основной массы населения страны, который имеет устойчивую тенденцию к ухудшению. Сложность решения задач совершенствования ортопедической помощи определяется несколькими факторами:

1) высоким уровнем заболеваемости зубочелюстной системы у жителей России: уже у 20-летних людей в 80-90% случаев отмечается кариес зубов, в 60-70% – гингивит и пародонтит, достигая к 35-45-летнему возрасту 100% распространенности. Доля стоматологической заболеваемости в структуре общей заболеваемости составляет 20-25%.

2) Это, в свою очередь увеличивает потребность населения России в ортопедической помощи: показатель нуждаемости в протезировании составляет 55%, в т.ч. у лиц пожилого возраста – около 63%.

3) Предрасполагающим фактором к запущенности стоматологического статуса пациентов является некачественное оказание стоматологической терапевтической и хирургической помощи, связанное с осложнениями после эндодонтического лечения, с неоправданной тактикой хирургов, удаляющих зубы и корни, которые при комплексном профессиональном подходе можно сохранить. У 70% населения России в возрасте 20-50 лет нарушена целостность зубных рядов. Нуждаемость в ортопедическом лечении съемными протезами среди этой категории довольно высокая и составляет 33-58%.

4) При отсутствии современных и доступных методов и средств диагностики, при отсутствии современного оборудования, материалов и специалистов – оказание стоматологической ортопедической помощи ведется на уровне 80-90-х гг. XX века. Косвенно это связано с тем, что чем дальше расстояние от столицы, от крупных областных и краевых центров, тем меньше возможностей для развития и совершенствования предоставления услуг ортопедической стоматологии в государственных и негосударственных учреждениях здравоохранения конкретного региона.

Совершенствование функционирования стоматологической службы можно добиться, только имея достаточные ресурсы и материальную базу ортопедических отделений и зуботехнических лабораторий. Правильная и современная модель работы врача стоматолога-ортопеда подразумевает повышения качества изготавливаемых протезов при уменьшении времени и сокращении объема работы.

Большой задел в этом должна дать повсеместная профилактика, информирование населения, обучение гигиене полости рта, качественная, оправданная и точная терапевтическая и хирургическая стоматологическая помощь.

Совершенствование функционирования стоматологической службы можно добиться, только имея достаточные ресурсы и материальную базу ортопедических отделений и зуботехнических ла-

бораторий. Правильная и современная модель работы врача стоматолога-ортопеда подразумевает повышения качества изготавливаемых протезов при уменьшении времени и сокращении объема работы.

Для разработки обоснованных рекомендаций по улучшению ортопедической стоматологической помощи проведена сравнительная оценка состояния зубных протезов у местного и пришлого населения Липецкой области в различных возрастных группах и определена потребность в этом виде стоматологического лечения у населения в целом. Установлено, что в ортопедическом лечении с одинаковой частотой нуждаются и мужчины, и женщины, причем потребность в этом виде стоматологической помощи увеличивается с возрастом как у местного, так и у пришлого населения.

Экономический анализ деятельности стоматологических учреждений Липецкой области показал, что переход от административного управления к экономическому, через развитие самоуправления и экономических методов управления выявляет немало резервов для улучшения качества, оказываемой стоматологической помощи и заинтересованности медицинских работников в эффективности своей работы.

Внедрение рыночных механизмов хозяйствования в стоматологическую практику показало, что государственная система стоматологического обслуживания имеет большой потенциал реформирования. Стратегическим направлением развития отечественной стоматологии является переход к рыночной экономике, что должно привести к более полному удовлетворению потребностей населения в квалифицированной медицинской помощи, гарантии качества, а также более эффективному использованию кадровых, материальных и финансовых ресурсов.

Сложность сегодняшней ситуации состоит в том, что экономисты медицинских организаций зачастую не владеют методами финансового анализа. Кроме того, традиционное калькулирование медицинских услуг на основе бюджетного финансирования учреждения и имеющаяся финансовая отчетность не всегда позволяют сделать достоверное экономическое обоснование внедрения какой-либо медицинской технологии.

Финансовые средства заработанные государственными стоматологическими поликлиниками от предпринимательской или иной приносящий доход деятельности согласно ФЗ РФ № 223 от 18 июля 2011 года расходуются на:

2.3 снижение кредитования финансирования стоматологической деятельности за счет областного или городского бюджета;

2.4 улучшение оказания стоматологической помощи населения;

2.5 приобретение стоматологических материалов;

2.6 покупка оборудования мировых производителей различных модификаций и технологической оснащенности;

2.7 обучение новым методикам лечения и применению в работе высокоэффективных технологий по лечению зубов и зубному протезированию.

Указанные обстоятельства и определили возможность перехода госбюджетных стоматологических учреждений г. Липецка и Липецкой области на работу в новых условиях хозяйствования.

Особняком стоят вопросы организационного характера. Необходимо стремиться к внедрению в практику современных методов диагностики, лечения и профилактики. Требуется решение правовых, организационных, управленческих и экономических вопросов, позволяющих сбалансировать экономические стимулы с этическими императивами доступности и качества ортопедической стоматологической помощи. В виду того, что в большей мере услугами ортопедической стоматологии пользуются люди старших возрастных групп, с ограниченными финансовыми возможностями, то вопрос льготного или бесплатного медицинского обслуживания в этой сфере медицины в большей степени приобретает социальный аспект. В связи с поступательным развитием методик и технологий современной ортопедической стоматологии созрела реальная необходимость в создании многоуровневой сети стоматологических центров, которая позволит осуществлять социально ориентированную стоматологическую помощь и снизит затраты на получение медицинских услуг по протезированию зубов, без вреда для эффективности лечебного процесса. Вопрос в том, чтобы помощь государства не была адресована только крупным клиникам, а реализовалась на всех уровнях предоставления стоматологических услуг в государственных и муниципальных учреждениях здравоохранения.

Для повышения эффективности и доступности предоставляемых стоматологических ортопедических услуг населению, проживающему вне административных центров можно рекомендовать следующие мероприятия:

- развитие передвижных мобильных комплексов по оказанию стоматологической помощи, оснащенных необходимым медицинским оборудованием. Использование мобильных стоматологических комплексов позволит обеспечить стоматологической (в т. ч. ортопедической) помощью жителей отдаленных населенных пунктов;
- создание благоприятных условий для жизни и работы медицинских кадров в сельских районах, привлечение квалифицированных специалистов из других муниципальных образований Липецкой области;
- с целью кадрового обеспечения работы мобильных комплексов можно привлекать интернов и клинических ординаторов по специальности «стоматология ортопедическая»;
- в каждом регионе необходимо разработать медико-социальную программу по обеспечению

социально незащищенного контингента населения зубными протезами. В местных бюджетных учреждениях различных районов региона необходимо предусмотреть финансовые средства на изготовление современных конструкций зубных протезов данному контингенту населения, с учетом эстетики и эффективности протезирования;

- для повышения качества и эффективности оказания ортопедической помощи лицам пожилого и старческого возраста необходимо повысить квалификацию врачей-ортопедов, пересмотреть нормы их нагрузки, разработать и внедрить новые прогрессивные технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Аббаев З. М. Анализ основных учётных показателей работы врача стоматолога-ортопеда по данным 4-летнего наблюдения / З. М. Аббаев, В. М. Гринин // Стоматология для всех. - 2004. - №2. - С.42-44
- 2 Алимский А. В. Принципы функционирования стоматологических учреждений в условиях рыночной экономики/ А. В. Алимский// Труды V съезда Стоматологической Ассоциации России. - М., 1999. -С. 4 -5.
- 3 Алимский А. В. Медико-социальные и организационные аспекты обращаемости и оказания ортодонтической помощи в современных условиях/ А. В. Алимский, С. В. Текучева, И. В. Гуненкова // Экономика и менеджмент в стоматологии. – 2011. – № 3 (35). – С. 38 –43.
- 4 Апресян Г. Н. Нуждаемость в ортопедической стоматологической помощи населения пожилого и старческого возраста и особенности ее оказания в условиях бесплатного (льготного) зубного протезирования/ Г. Н. Апресян: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2005. – 25 с.
- 5 Кисин Г. Б. Совершенствование деятельности зуботехнических лабораторий различных форм собственности/ Г. Б. Кисин: автореф. дис. ... канд. мед. наук.– М., 2003. – 24 с
- 6 Основные социально-демографические особенности стоматологической обращаемости в государственные и частные лечебные учреждения в современных условиях/ В. М. Гринин, А. Э. Лезгишвили, А. В. Кузьмина и другие // Dental forum. - 2009. - №3 (31). - С. 54 -57.
- 7 Трофимов В. В. Материально-технические, технологические, методологические и клинические аспекты последипломного преподавания дентальной имплантологии/ В. В. Трофимов, О. В. Федчишин, Н. Д. Белозеров // Рос. вестн. дент. имплантол. – 2007/2008. – № 1/4(II)(17/20). – С. 84 -96.
- 8 Флейшер Г. М. Юридические аспекты оказания стоматологической помощи / Г. М. Флейшер // Dental Magazine. - 2016. - № 1.
- 9 WHO Media centre. Информационный бюллетень №318, Май, 2012 г.

THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF ADAPTOGENIC RECEIPT «LIDER-5» ON THE EXPERIMENTAL ARTHRITIS

Sukhee Z.

Institute of Traditional Medicine, Mongolian National University of Medical Science

Khishigjargal S.

Institute of Traditional Medicine, Mongolian National University of Medical Science

Molor-Erdene P.

The “New medicine” Medical Institute of Mongolia

Sarantsetseg B.

The “New medicine” Medical Institute of Mongolia

Uuganbayar B.

The Institute of Traditional Medicine and Technology of Mongolia

Dashinamhzilov Zb.

Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Tsydendambaev P.

Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Abstract

The traditional adaptogenic receipt «Lider-5» was used for the treatment of gout podagra, rheumatoid arthritis (RA) and other joint diseases and thus we aimed to study its effect on antioxidant activity during the arthritis induced in experimental animals. Our results showed that the adaptogenic receipt «Lider-5» decreases the malondialdehyde (MDA) levels in serum and joints, enhanced superoxide dismutase and glutathione enzyme activities, the indicators of the reviving antioxidant status. The above highlights prophylactic and therapeutic effects of «Lider-5» receipt on oxidative stress in the experimental model, and this is mostly due to the antioxidant activity of constituting medical herbs such as Lider (*Tinospora sinensis*) and Degd (*Gentiana decumbens* L.).

Key words: adaptogen, «Lider-5», experimental arthritis, antioxidant activity, *Gentiana decumbens* L., *Tinospora sinensis*.

Rational of study: The main cause of RA is unclear, but its' key pathological features include a proliferative synovitis cartilage degradation, erosion of bone, and fibrosis. This severe disease has autoimmune origin, and a slow progression, which consequently reduces the average life expectancy by 3-18 years and leads to the disability 80% of its patients within 20 years.

The recent studies show that 1% of the population is affected by RA, of which women aged between 40 and 50 have the biggest share [1, p.2].

Collagen-induced arthritis (CIA) is an animal model of rheumatoid arthritis that is widely used to address questions of disease pathogenesis. Arthritis is normally induced in mice or rats by immunization with type II collagen in adjuvant. Because these animals are cost effective, can be genetically modified, highly reproductive and gives opportunity to determine early, intermediate and later stages of disease pathogenesis.

Recent studies of Japanese and American researches showed that using medications with antioxidant effect gives positive results in treatment of rheumatoid arthritis. Therefore, we have chosen to study receipt «Lider-5», an oriental recipe called RA remedy, that contains antioxidant raw materials such as Lider (*Tinospora sinensis*), and is used for the treatment of gout podagra, rheumatoid arthritis and other joint diseases. It consists of five basic constituents such as Lider (*Tinospora sinensis*), Vanlag (*Gymnadenia conopsea*), Ar-ura (*Terminalia chebula* Retz), Talga-

dorj (*Cassia TORA*), Gentiana (*Gentiana decumbens*) [2-5, p.2].

The aim of study: The aim is to study the effect of traditional receipt «Lider-5» on antioxidant activity on the type 2 collagen-induced arthritis model.

Materials and method: The study was carried out at the Institute of Traditional Medicine of Mongolian National University of Medical Science and Laboratory of Pharmacological studies at Research center for Traditional Medicine and Technology, at the Inner Mongolia Autonomous Region. The receipt «Lider-5» used for studies was obtained from Eznie Khoshuu's Mongolian hospital in Alasha aimag of the Inner Mongolia Autonomous Region.

Mice in control and «Lider-5» treated groups were given 1 mg of an emulsion made with 0.5mg bovine type II collagen solution and 0.5mg in complete Freund's adjuvant by intradermal injection on 3 sites of a spine and a week later a booster injection using identically prepared emulsion was given.

Mice in the intact group were injected with 0.9% NaCl solution in the same way as in the other groups.

Arthritic limb is visually identified by redness and swelling of the ankle joint. For most the first signs of arthritis development are visible on day 14 and severe inflammatory reaction often develop by day 28 after immunization. 21 days after the immunization in comparative group that was treated with 40mg/kg of ibuprofen (Ibuprofen group), in two groups of «Lider-5» treatment 100mg/kg (Lider-5 (100) group) and 200mg/kg (Lider-5 (200) group) per body weight, «Lider-5» receipt's water extracts was given orally to

mice. Results were measured by change in the malondialdehyde (MDA) levels, superoxide dismutase (SOD) and glutathione (GSH) enzyme levels.

Results: Researches confirmed that inflammation disturbs body's lipid peroxidation process and antioxidant status and levels of serum malondialdehyde (MDA), and lipid peroxidation products such as hydrogen peroxide, and hydroxyl radical concentration were increased in blood and inflammation sites (Utyashev B.S., Baiurin F.Ya., 1998).

Based on results of the above studies, were measured on day 56 serum malondialdehyde (MDA), the activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), glutathione (GSH) and superoxide dismutase (SOD) levels.

Table 1 shows that control group's serum MDA levels were increased by 1.9 times, and MDA levels in paw tissue were 2.4 times higher in comparison with the intact group ($p < 0.001$). Experiment results confirm that serum and tissue MDA levels increase in collagen-induced RA model is statistically significant.

Table 1

Effect of «Lider-5» on levels of MDA in rhemathoid arthritis

Groups (mg/kg)	MDA levels (nmol/ml)	
	Serum	Paw tissue
Intact	0.45±0.02	1.38±0.02
Control	0.84±0.02	3.25±0.21
Ibuprofen(40)	0.59±0.01**	2.13±0.19**
Lider-5(100)	0.76±0.05*	2.84±0.25*
Lider-5(200)	0.60±0.03**	2.21±0.11**

*Compared to control group $p < 0.05$

** Compared to control group $p < 0.01$

Compared to the control group (0.84±0.02), serum MDA levels in «Lider-5» (100mg/kg) group were decreased by 10.5 percent (0.76±0.05) and in «Lider-5» (200mg/kg) group were decrease by 40 percent (0.60±0.03). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to «Lider-5» (100mg/kg) group then serum MDA levels were 26.7 percent lower with a statistical significance.

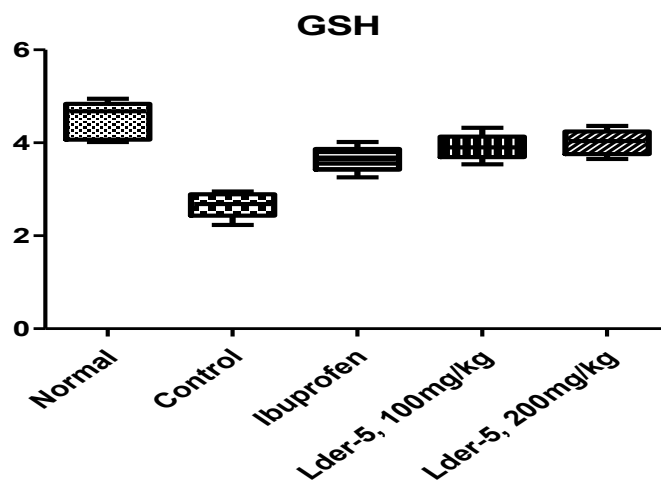
Compared to the control group, MDA levels in joint tissue the «Lider-5» (100mg/kg) group was decreased by 14.4 percent (3.25±0.21) and in «Lider-5» (200mg/kg) group were decrease by 47.1 percent (2.21±0.11). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to «Lider-5» (100mg/kg) group then MDA levels were 28.5 percent lower with a statistical significance.

Antioxidant substances activate enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT),

glutathione- superoxidase with antioxidant properties which removes Iron and copper ions, leading to the generation of reactive oxygen species and activating free radicals, thus restores cell structure via limiting interaction of double bonds in unsaturated fatty acids with oxidant.

The assessment of glutathione (GSH) and superoxide dismutase (SOD) levels in homogenate prepared from tissue samples of collagen type II induced RA animals' joint cartilage was performed with a spectrophotometric method.

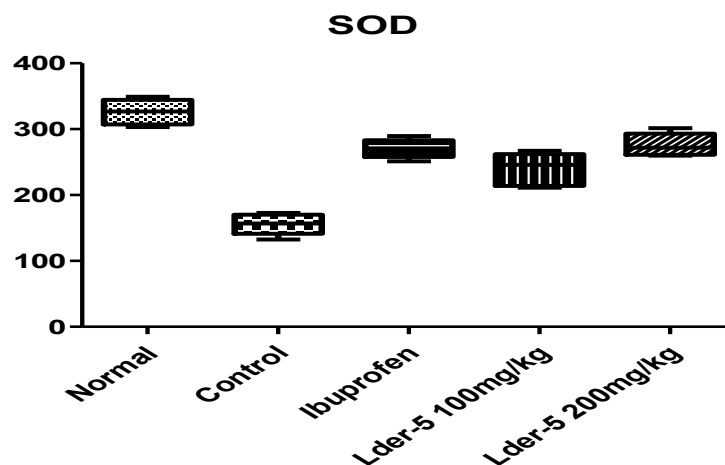
Experimental results show that GSN levels in the control group compared to intact group was lower by 1.7 times, and SOD levels were decreased by 2.1 times ($P < 0.01$).



Picture 1. Effect of «Lider-5» on levels of GSH levels in rhemathoid arthritis model.

Picture 1 show that GSH enzyme levels in RA models decreased with a statistical significance. Compared to the control group (2.67 ± 0.27), GSH levels in joint tissue in «Lider-5» (100mg/kg) group was increased by 26.9 percent (3.91 ± 0.28) and in «Lider-5»

(200mg/kg) group were increased by 33.4 percent (4.01 ± 0.26). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to «Lider-5» (100mg/kg) groups, the change in GSH levels did not have a statistical significance.



Picture 2. Effect of «Lider-5» on SOD levels in rhemathoid arthritis model.

Picture 2 shows that SOD enzyme levels in RA models decreased with a statistical significance. Compared to the control group (155.8 ± 15.9), SOD levels in a cartilage tissue in «Lider-5» (100mg/kg) group was increased by 1.5 times (239.5 ± 23.1) and in «Lider-5» (200mg/kg) group were increased by 1.8 times (276.0 ± 17.2). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to Lider-5 (100mg/kg) groups, the change in SOD levels have a statistical significance.

Our study on the effect of traditional receipt «Lider-5» on antioxidant status in arthritis induced in experimental animals, showed that «Lider-5» receipt lowers impact of lipid peroxidation products by activating antioxidant enzymes and generally exerts antioxidant activity in RA model.

Discussion: Mongolian traditional receipt is one of the main legacies of traditional wisdom which has been enriched over centuries and contributed to the historical and civilization of the mankind. Part of it is to study the medical activity of herbal products and minerals and use them as food and medical substance.

Traditional medicine in Mongolia has been rehabilitating last 50 years. In this period study, all fields such as research, training, education, medical care and medical production has reached some success, and new knowledge, data and experience has been accumulated. On the other hand, the oriental medicine is drawing the world's attention.

«Lider-5» receipt is traditional medicine, which consists five different types of medical herbs such as Lider (*Tinospora sinensis*), Vanlag (*Gymnadenia conopsea*), Ar Ura (*Terminalia chebula Retz*), Talga-dorj (*Cassia tora*), Degd (*Gentiana decumbens*). In our study induction of RA model increased the serum malondialdehyde (MDA) levels by 1,9 times, and articular tissue MDA levels by 2,4 times in the control group. Also experimental results showed, that GSN levels in the control group compared to intact group

was lowered by 1.7 times, and SOD levels were decreased by 2.1 times. These facts show that collagen type II induced RA animals have significant changes in their antioxidant status.

Indian scientists Pallinti Vasanthi, Nalini Ganesan, Chegu Hariprasad, G. Rajasekhar, S. Meera etc. determined that MDA levels increases in experimental RA animals (6, p.7), while Turkish scientists Nurettin Tastekin, Nurettin Aydogdu, Dikmen Dokmecic, Ufuk Usta, Murat Birtane, Hakan Erbas, Mevlut Turetc identified, that not only MDA levels increase, but also GSN levels, SOD, catalase enzyme levels decrease in RA model (7, p.7).

Compared to the control group, «Lider-5» (200mg/kg) treated group's serum MDA levels were decreased by 40 percent, articular tissue MDA levels were decreased by 47.1 percent (2.21 ± 0.11), while GSH levels in articular tissue were increased by 26.9-33.4 percent, SOD levels were increased by 1,5-1,8 times.

Based on the results of our study, «Lider-5» receipt has therapeutic effects on oxidative stress in the experimental model, and this is mostly due to the antioxidant activity of its' constitutes. For example, Lider (*Tinospora sinensis*), Degd (*Gentiana decumbens*) contain alkaloids such as sophoradin, Cytisine, N-oxyethylcytisine, sophocarpin, neosophoramin, Baptifolin, isosophoridin, aloperine, allilaloperine, N-methylaloperine, matrine, trikotrophiltetramine, sophorin, α -III-hydroxy, sophoridin, 13-14 dehydrosophorodine [8, 9, p. 7]. Indian researchers Sanjay Jain, Bhumika Sherlekar, Rakesh Barik find out that Lider (*Tinospora sinensis*) has antioxidant activity (10, p.7).

Conclusion: Traditional adaptogenic receipt «Lider-5» has positive effect on antioxidant status in type 2 collagen-induced arthritic model.

REFERENCES:

1. Kong Y., Feige U., Sarosi I. et al. Activated T cells regulate bone loss and joint destruction in adjuvant arthritis through osteoprotegerin ligand // *Nature*. -1999; Vol. 402. - P. 304-309.
2. Ж.Сүрэнжав. Монгол анагаах ухааны эм найралгын судлал. ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. Хөх хот. 1991 он. х. 126-127.
3. Дараммаарамба. Бэрх онисны учир зангилаат тайлагч. ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. Хөх хот. 1990 он. х. 135-143.
4. Тован Гомбожав. Монгол есны нууц уламжалт заслын ундэс ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. Хөх хот. . х. 302.
5. Хангайбаатар. Бай чин юны эмчилгээний туршлагат жор. ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. Хөх хот. х. 115.
6. Pallinti Vasanthi, Nalini Ganesan, Chegu Hariprasad, G. Rajasekhar, S. Meera. Plasma lipophilic antioxidant and pro-oxidant levels in rheumatoid arthritis // *J. Indian Rheumatol. Assoc.* - 2004. - Vol. 12. - P. 40-42.
7. Nurettin Tastekin, Nurettin Aydogdu, Dikmen Dokmecic, Ufuk Usta, Murat Birtane, Hakan Erbas, Mevlut Ture. Protective effects of l-carnitine and alpha-lipoic acid in rats with adjuvant arthritis // *Pharmacological Research*. - Vol. 56 (2007). - P. 303-310.
8. Хурэлчулуун Б., Ө. Батчимэг. Монгол эмэнд хэрэглэдэг гадаад ургамлын туухий эд. Улаанбаатар хот, 2004 он. Эрхэс хэвлэх уйлдвэр. х. 10-12, 88-89.
9. Лига У. нар. Монгол орны эмийн ургамлыг өрнө дорнын анагаах ухаанд хэрэглэхүй. Улаанбаатар: JKC printing; 2005. х. 153.
10. Sanjay Jain, Bhumika Sherlekar, Rakesh Barik. Evaluation of antioxidant potential of *tinospora cordifolia* and *tinospora sinensis* // *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. - 2010; Vol. 1 (11). - P. 122-128.

PHYSICAL SCIENCES

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ХИМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Гладышев Г. П.

Доктор химических наук, профессор

Главный научный сотрудник

Институт химической физики им. Н. Н. Семенова

Российская Академия наук, Москва

ON CHANGES IN CHEMICAL STABILITY OF COMPONENTS IN CHEMICAL AND BIOLOGICAL EVOLUTION

Gladyshev G.

Doctor of chemical sciences, professor

Principal scientist

N. N. Semenov Institute of Chemical Physics

Russian Academy of Sciences, Moscow

Аннотация

В статье представлены физические обоснования возможности использования стандартной энергии Гиббса для качественной оценки стабильности химических соединений, состоящих из основных биогенных элементов.

Abstract

A possibility of using the standard Gibbs energy to estimate qualitatively the stability of the chemical compounds consisting of the main biogenic elements is physically justified.

Ключевые слова: Стабильность, химическая эволюция, возникновение жизни, биологическая эволюция, энергия Гиббса, термодинамика.

Keywords: Stability, chemical evolution, origin of life, biological evolution, Gibbs energy, thermodynamics.

Введение

Движущей силой возникновения жизни и ее эволюции является термодинамика, которая в соответствии с законом временных иерархий может быть применима для исследования процессов на всех структурных иерархических уровнях [1-12]. Эти процессы описываются расширенным обобщенным уравнением Гиббса, учитывающим самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Самопроизвольные процессы протекают внутри выделенных квазизакрытых систем на каждом иерархическом уровне, тогда как несамопроизвольные процессы инициируются окружающей средой. Взаимодействие структур смежных иерархий протекает в соответствии с термодинамическим принципом стабильности вещества. Принцип стабильности вещества выявляет термодинамические механизмы передачи прямой и обратной информации между структурами различных иерархий [1-10].

Для ясности отметим, что в этой статье представлены отдельные результаты, касающиеся иерархической близкой к равновесию (квазиравновесной) линейной динамической термодинамики. Иерархическая термодинамика не имеет никакого отношения к «термодинамике» систем далеких от равновесия И. Пригожина. Термодинамика Пригожина не применима к процессам появления

и эволюционному развитию живого мира и, по мнению автора, является кинетической теорией, имеющей только историческое значение [4-10].

Для изучения сложных живых систем и объектов необходимо искать упрощенные модели происхождения жизни, ее эволюции и старения живых существ. Критериями соответствия этих моделей реальности являются выявленные предсказания теории. К настоящему времени иерархическая термодинамика сделала множество предсказаний [8-10]. В целом сформулированные постулаты и предположения, используемые автором при создании теории, оказались оправданными. Однако не все предположения получили физическое основание. Например, это относится, прежде всего, к определению относительной стабильности основных биогенных химических веществ путем сравнения стандартных энергий Гиббса их образования.

Сравнительная стабильность простых органических молекул

Многие физикохимики, прежде всего, геологи – эволюционисты заявляют, что природа ищет минимумы энергии Гиббса. Автор этой статьи утверждает, что природа ищет минимальные значения удельной энергии Гиббса образования структурно выделенных объектов различных

иерархий в эволюции [1-3, 8-10]. Это утверждение автор, прежде всего, стал связывать с увеличением стабильности супрамолекулярных структур живых организмов в биологической эволюции, филогенезе и онтогенезе. Кроме того эти представления были перенесены на химическую эволюцию и процессы образования жизни. Однако нужно было найти способ оценки и сравнения термодинамической стабильности химических соединений и образуемых ими супрамолекулярных структур. Если бы удалось это сделать, то можно бы было считать доказанным, что основной движущей силой возникновения жизни и биологической эволюции является второе начало термодинамики, которое определяет самопроизвольное течение процессов структурообразования в динамических квазиравновесных и квазизакрытых предбиологических и биологических системах. Здесь следует заметить, что в целом направленность эволюции определяется не только самопроизвольными процессами, протекающими внутри выделяемых квазизакрытых систем, но и несамопроизвольными процессами в этих системах, инициируемых окружающей средой. Однако на сравнительно больших временных интервалах, когда окружающая среда меняется сравнительно незначительно, направляющее действие второго начала является определяющим [8-10].

Сдерживающим фактором доказательства роста супрамолекулярной стабильности и снижением молекулярной стабильности химических веществ, происходящих в эволюции живых объектов вследствие действия принципа стабильности вещества, являлась невозможность оценок абсолютных значений функции Гиббса. Хорошо известно, что абсолютные значения свободной энергии Гиббса неизвестны, хотя их изменения можно определить.

Для оценки изменения стабильности химических веществ в химической и биологической эволюции автор попытался сопоставлять стандартные значения энергии Гиббса образования веществ (стандартные изобарные потенциалы образования). Оказалось, что такое сопоставление выявляет термодинамическую направленность эволюционных процессов [11]. Однако возникал вопрос, почему это возможно: мы не знаем абсолютных значений энергии Гиббса образования простых веществ, которые все в термодинамике приняты

равными нулю [9]. Как уже указывалось, это позволяет оценивать изменение энергии Гиббса в процессах, но не дает ответ на вопрос: как отличается стабильность веществ различного элементного состава в единой шкале.

Некоторым обоснованием использования стандартной энергии Гиббса образования для сравнения стабильности химических веществ различного состава, используемых природой в химической и биологической эволюции, по мнению автора, является примерное равенство первых потенциалов ионизации основных элементов и простых веществ, которые используются природой при образовании живых существ. Такими простыми веществами являются H_2 , C (графит), N_2 , O_2 , P (черный), S_2 и некоторые другие. Эти вещества с определенным приближением являются термодинамически однотипными [9]. С точки зрения реальной «абсолютной стабильности» стабильность упомянутых веществ является близкой. Подобное заключение относится и к стабильности соответствующих атомов указанных простых веществ. Заметим, что стабильность простых веществ по понятным причинам сравнительно мало отличается от стабильности атомов, образующих простые вещества. Тенденции изменения стабильности указанных атомов и соответствующих простых веществ сохраняются. Так, энергия ионизации N_2 составляет 1503 кДж/моль, тогда как энергия ионизации атома N равна 1402 кДж/моль. Энергия ионизации H_2 равна 1488 кДж/моль, а энергия ионизации атома H составляет 1312 кДж/моль.

Удобно сопоставлять энергии первых ионизационных потенциалов основных биогенных элементов, поскольку их величины достоверны и представлены в многочисленной справочной литературе.

Ниже приведены значения энергии первых ионизационных потенциалов в кДж/моль для упомянутых **«основных органических» биогенных элементов**:

H (1312.1), **C** (1086.5), **N** (1402.4), **O** (1314.0),
P (1011.8), **S** (999.7)
[<http://boomeria.org/chemtextbook/cch12.html>]

Действительно, приведенные величины потенциалов ионизации (особенно для H, N, O), в грубом приближении, сравнительно близки.

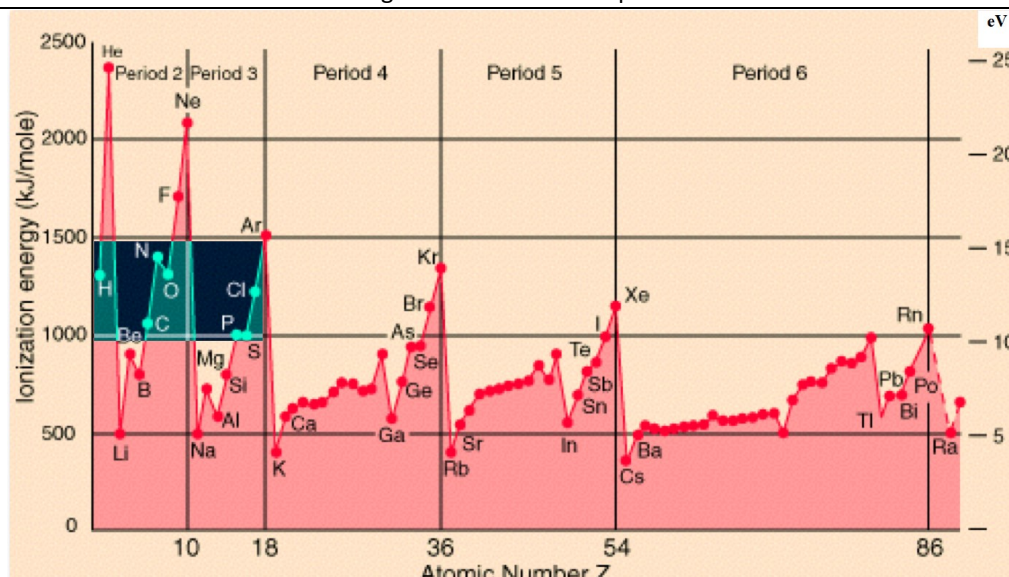


Рис. 1. Энергия ионизации элементов

<http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/GenChem2/Intro/3.html>

Представленные данные позволяют утверждать, что основные биогенные элементы и их простые вещества имеют приблизительно одинаковую, соизмеримую, стабильность. Высказанное положение позволяет рассматривать эти вещества как термодинамически однотипные атомы и молекулы.

Таким образом, можно утверждать следующее. В термодинамике используется постоянная точка отсчета стандартных значений известных термодинамических функций простых веществ, которая принимается равной нулю. Значения ионизационных потенциалов основных «элементов жизни» с грубым приближением можно считать некой реальной постоянной величиной, т.е. некой единой «абсолютной» (хотя и «плавающей») точкой отсчета. Отсюда следует, что использование стандартных значений энергии Гиббса для оценки стабильности простых молекул, содержащих эти «термодинамически однотипные» элементы с известным грубым приближением имеет физическое обоснование.

Ранее на подобное обстоятельство автор обратил внимание при установлении связи ионизационных потенциалов благородных газов и стабильностью их химических соединений. [12].

Представленные результаты оказываются полезными при выявлении тенденции изменения стабильности химических соединений и супрамолекулярных структур в эволюции и при старении живых существ.

Иерархическая термодинамика, используя обсуждаемое предположение, сделала ряд предсказаний, которые были подтверждены на практике [9]. Это позволяет утверждать, что приближенные модели происхождения жизни, ее эволюции и старения живых существ оказались оправданными.

Если говорить об общей тенденции в биологической эволюции, то справедливо следующее качественное утверждение: "Присутствие атомов кислорода в молекулах способствует их стабиль-

ности, тогда как присутствие атомов азота удаляет эти молекулы от стабильности".

Сформулированное правило напоминает известные стадии окисления органических веществ, которые можно представить в виде следующих превращений:

Углеводороды → Спирты → Альдегиды и Кетоны → Карбоновые кислоты → CO₂ + H₂O.

Представленный ряд превращений демонстрирует переходы от одного класса органических соединений к другому. С точки зрения иерархической термодинамики становится понятным ускорение обмена веществ в живых организмах при увеличении количества кислорода в атмосфере земли.

Одним из ярких предсказаний созданной автором термодинамической диетологии являлось утверждение о характере пищи, которую целесообразно использовать для поддержания здоровой и продолжительной жизни человека. В частности, на основании термодинамических вычислений были обоснованы диеты, использующие молодую пищу для продления здоровой жизни. Так, в одной из обзорных работ написано [13]:

"The diets promoting a long and healthy life should, of course, comprise only ecologically clean foods. They should be balanced as to composition and calorific value. It is extremely important for a diet to include cold (deep) sea foods and foods made from plants and animals inhabiting cold and Alpine regions. It is also desirable that the biomass used should be that of young plants and animals. What is more, we should use predominantly food prepared from the biomass of ancient species, living organisms with a low phylogenetic development level (standing at early stages of phylogenesis). The food for which young (ontogenetically and phylogenetically) plants and animals were used is not only gerontologically valuable but also, for obvious reasons, has a low calorific value. It is also known to prolong healthy life and is certain to increase general longevity. One should use pure practi-

cally salt-free drinking water. Medicinal mineral waters should be specifically indicated.

Generally speaking, it is advisable to use the foods and water which meet the general up-to-date standards developed on a strictly scientific foundation. It is also desirable that these foods and water should be recognized to have high anti-aging value, and that the water should be "gerontologically pure". Specific recommendations, which are an object of recent research, are also available".

Предсказания теории были подтверждены многими прямыми и косвенными наблюдениями [14]. Например, недавно появилась обстоятельная работа [15], непосредственно подтверждающая выводы термодинамической теории. К сожалению, в статье отсутствуют ссылки на многочисленные исследования в области термодинамической теории старения [3-6]. Сравнительно давно в США пытаются использовать метод переливания молодой крови для борьбы со старением человека.

Заключение

Показано, для выявления тенденции изменения стабильности основных химических соединений в ходе химической и биологической эволюции можно использовать стандартные значения энергии Гиббса образования (стандартные изобарные потенциалы образования) веществ. С точки зрения термодинамики основные биогенные элементы и соответствующие простые вещества можно считать в определенной степени однотипными. Известные данные подтверждают термодинамическую теорию возникновения жизни и ее эволюции. Утверждается, что иерархическая термодинамика является физическим фундаментом расширенного Дарвинизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Gladyshev Georgi P., On the Thermodynamics of Biological Evolution, Journal of Theoretical Biology, Vol. 75, Issue 4, Dec 21, 1978, pp. 425-441 (Preprint, Chernogolovka, Institute of Chem. Phys. Academy of Science of USSR, May, 1977, p. 46).
- Gladyshev Georgi P., Thermodynamics Theory of the Evolution of Living Beings, Commack, New York: Nova Science Publishers, Inc., 1997. 142 P. In Russian: Гладышев Г.П., Термодинамическая теория эволюции живых существ, М.: "Луч", 1996.-86с.
<http://www.statemaster.com/encyclopedia/History-of-thermodynamics>
- Гладышев Г.П. Супрамолекулярная термодинамика – Ключ к осознанию явления жизни. *Что такое жизнь с точки зрения физико-химии*. Издание второе, М – Ижевск. ISBN: 59397-21982 (2003).
- Gladyshev G. P., Natural Selection and Thermodynamics of Biological Evolution, Natural Science, 7, pp. 117-126(2015).
<http://dx.doi.org/10.4236/ns.2015.73013>
- Gladyshev Georgi P., Thermodynamics of Aging and Heredity, Natural Science, 7, No 5, pp. 270-286(2015).
<http://www.scirp.org/Journal/PaperInformation.aspx?PaperID=56613>
- Gladyshev G.P., The Thermodynamic Theory of Evolution and Ageing, Advances in Gerontology, 4, 109-118 (2014). Original Russian Text © G.P. Gladyshev, published in Uspekhi Gerontologii, 2012, Vol. 25, No. 3, pp. 373-385.
https://www.researchgate.net/publication/272013167_Thermodynamic_theory_of_evolution_and_ageing
- Gladyshev Georgi, Thermodynamics Optimizes the Physiology of Life, p. 152 – 163. In: Philosophy & Cosmology, v. 12 (2014), pp. 152-163. ISSN 2307-3705.
http://ispcjournal.org/journals/2014/PhC_2014.pdf
- Гладышев Г. П. Иерархическая термодинамика и эволюция химической и биологической материи. (Gladyshev G.P., Hierarchical thermodynamics and evolution of chemical and biological matter). The scientific heritage: Budapest, Hungary. Vol. 1, № 3 (3), pp. 102-121. (2016).
https://www.researchgate.net/publication/309533110_Hierarchical_thermodynamics_and_evolution_of_chemical_and_biological_matter
- Gladyshev G. P., Hierarchical Thermodynamics: Foundation of Extended Darwinism. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol-3, Issue-2, 2017, ISSN: 2454-1362.
<http://www.onlinejournal.in/IJIRV3I2/270.pdf>
- Gladyshev G.P., On general physical principles of biological evolution, International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB) Volume 5, Issue 3, March 2017, pp. 5-10, ISSN 2349-0357 (Print) & ISSN 2349-0365 (Online)
<https://www.arcjournals.org/pdfs/ijrsb/v5-i3/2.pdf>
- Гладышев Г. П. Термодинамика и возникновение жизни.
<https://gladyshevevolution.wordpress.com/>
- Gladyshev G. P., On the Principle of Substance Stability and Thermodynamic Feedback in Hierarchic Systems of Bioworld, Biology Bulletin, Vol. 29, No. 1, pp. 1-4.
- G.P. Gladyshev., Macrothermodynamics of Biological Evolution: Aging of Living Beings. Modern physics B, Vol. 18, Number 6, March 10, 2004.
- Gladyshev G.P., Materials for the Symposium "Thermodynamics and Information Theory in Biology" – 1998 AAAS Annual Meeting and Science Innovation Exposition AAAS's 150-th Anniversary Celebration, 12-17 February – Philadelphia, Pennsylvania, Monday, February 16, 3:00pm-6:00pm, Track: Emerging Science: Transforming the Next Generation.
<http://creatacad.org/?id=39&lng=eng>
- Sang-Goo Lee at all, Age-associated molecular changes are deleterious and may modulate life span through diet. *Science Advances*, Vol. 3, no. 2, 17 Feb 2017
<http://advances.sciencemag.org/content/3/2/e1601833.full>

TECHNICAL SCIENCES

О ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ДИСПЕРГИРОВАНИИ СПЛОШНЫХ ПИЩЕВЫХ И ДРУГИХ СРЕД ДО УРОВНЯ МИКРО И НАНОСТРУКТУР

Авроров В.А.

*д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(Пенза, Россия)*

Авроров Г.В.

*к.т.н., доцент кафедры «Пищевые производства»
Пензенский государственный технологический университет
(Пенза, Россия)*

HIGH-SPEED THE DISPERSION CONTINUOUS FOODS AND OTHERS SURROUNDINGS OF SPATIAL LIMIT MICRO AND NANOSTRUCTURE

Avrorov V.

*doctor of technical science, professor, head department "Food production"
Penza State Technology University (Penza, Russia)*

Avrorov G.

*candidate of technical science, docent of the department "Food production"
Penza State Technology University (Penza, Russia)*

Аннотация

В статье рассмотрен способ ультратонкого диспергирования сплошных сред до уровня микро- и наноструктур и проведен анализ условий движения среды в роторной высокоскоростной центрифуге.

Abstract

In the article presents the method of superfine dispersion continuous surroundings of spatial limit micro and nanostructure and the analysis of the condition movement surrounding in the rotary high-speed dispenser.

Ключевые слова: сплошная среда, ультратонкое высокоскоростное диспергирование, условия движения среды, роторный диспергатор.

Keywords: continuous surrounding, superfine high-speed dispersion, the condition movement, rotary dispenser.

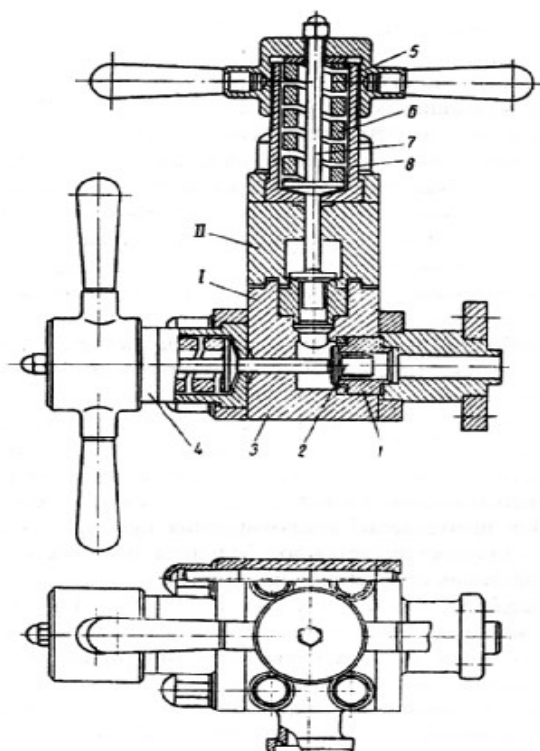
Пищевые технологии характеризуются разнообразием способов воздействия различных рабочих органов машин и аппаратов на сырье, полуфабрикаты или готовую продукцию. Для каждого вида пищевой продукции используется своя совокупность способов обработки, содержащих ряд специфических технологических операций, составляющих единый процесс воздействия на обрабатываемый материал.

При обработке сырья определяющими являются его реологические и текстурные свойства, непосредственно влияющие на характер воздействий со стороны рабочих органов машин и определяющие реакции на эти воздействия.

Например, для улучшения качественных показателей жидких и пастообразных пищевых продуктов их обработка дополнительно осуществляется за счет пропускания под большим давлением

через узкие кольцевые щели специальных машин, называемых гомогенизаторами. От воздействия гидродинамических факторов происходит дробление дисперсной фазы на более мелкие составляющие, что влечет изменение свойств выходящего продукта. Этот процесс называется гомогенизацией [1]. Гомогенизация изменяет дисперсность частиц продукта, его структуру и физико-механические свойства, такие как плотность, вязкость и др.

Рабочим органом гомогенизатора является гомогенизирующая головка, которая служит диспергатором обрабатываемой среды (рис.1). К ее основным рабочим элементам относятся седло и клапан. Клапанная щель, образуемая между седлом и клапаном, в зависимости от конструктивного исполнения может быть гладкой или волнистой, с постоянным или переменным сечением.



*I – первая ступень, II – вторая ступень
1 – седло клапана, 2 – клапан, 3 – корпус, 4 – нажимное устройство,
5 – накидная гайка, 6 – пружина, 7 – шток, 8 – стакан
Рис. 1 – Гомогенизирующая головка*

Продукт подается насосом под большим давлением до 20 МПа. Сила давления поднимает клапан, между ним и седлом образуется щель, через которую продавливается жидкий продукт. Клапан находится над седлом в плавающем состоянии, поскольку из-за изменения гидродинамических условий его положение постоянно меняется. Силовое замыкание клапана обеспечивается пружиной, жесткость которой определяется в зависимости от создаваемого давления.

Степень измельчения зависит от величины давления, конструкции гомогенизирующей головки, равномерности подачи, состояния и качества предварительной обработки продукта.

Производительность плунжерного гомогенизатора

$$P = 0,25D^2 S \omega z \eta_n, \quad (1)$$

где D, S – диаметр и ход плунжера соответственно, м; ω – угловая скорость вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; z – число плунжеров; η_n – КПД насоса.

При пропускании через гомогенизатор, например, молочных продуктов средний диаметр жировых шариков в диапазоне давления от двух до двадцати МПа может быть оценен следующей формулой

$$\bar{d} = 3,8 \cdot 10^{-6} / \sqrt{p}, \text{ м.} \quad (2)$$

К недостаткам известного гомогенизатора, реализующего данный способ обработки, можно отнести сложность и значительную металлоем-

кость конструкции, необходимость для его работы создания высокого давления, трудоемкость настройки и повышенную точность изготовления элементов гомогенизирующей головки,

При производстве некоторых пищевых продуктов, например, растворимого кофе, сухого молока и др. требуется распылить жидкость на мельчайшие капли с тем, чтобы при высушивании капель получить сухие смеси с минимально возможным расходом энергии. Для диспергирования жидкости в промышленности используются распылительные форсунки механического типа, пневматические форсунки или центробежные распылители.

В механической форсунке подаваемая под давлением 0,3...20 МПа жидкость проходит через отверстие небольшого диаметра и на выходе из него распыляется на мельчайшие капли. Для увеличения эффекта распыления струе часто сообщается вращательное вихревое движение.

Механические форсунки обеспечивают ультратонкое диспергирование маловязких жидкостей с каплями на выходе от 30 до 150 нм [2]. Однако эти форсунки не эффективны при диспергировании неньютоновских жидкостей, эмульсий и поробразных продуктов. Расход жидкости при распылении в механических форсунках может быть определен по следующей эмпирической формуле $Q = kdp^n$, где $k = 30...50$ – коэффициент, учитывающий конструкцию форсунки; d – диаметр выходного отверстия форсунки; p – давление подаваемой жидкости; n – показатель степени.

Пневматические форсунки работают с применением сжатого воздуха или пара. Расход воздуха в среднем составляет $0,3 \dots 0,6 \text{ м}^3$ на 1 кг распыляемой жидкости.

При использовании центробежных распылителей диспергируемая жидкость подается на быстровращающийся диск [3]. Конструктивные исполнения дисков зависят от вида распыляемой жидкости, например, для грубых суспензий используются сплошные диски, для тонких суспензий и гомогенных жидкостей – диски с канавками или лопатками наподобие лопаток турбин. Механизм образования капель зависит от интенсивности потока жидкости, частоты вращения диска, его конструктивных параметров. Минимальная окружная скорость диска, при котором наблюдается стабильное однородное распыление, составляет 60 м/сек . Частота вращения от 4000 до 20000 мин^{-1} . С помощью распылительных дисков могут быть диспергированы не только ньютоновы

и неньютоновы жидкости, но пастообразные вязкие массы.

Для ультратонкого диспергирования жидких и пастообразных продуктов нами предложен способ и устройство, в котором диспергирование осуществляется за счет деления продукта на отдельные струйки при их прохождении через отверстия высокоскоростного ротора и статора [4,5]. При этом во вращающемся потоке жидкости возникают пульсирующие напряжения, приводящие при выходе струек жидкости из отверстий ротора и статора к их распаду на отдельные мельчайшие капли (рис.2). Частота вращения ротора составляет $100 \text{ тыс. и более мин}^{-1}$.

Преимущества предложенного решения заключаются в компактности конструкции, отсутствии приложения давления к обрабатываемой среде, простоте регулирования скорости вращения в зависимости от перерабатываемого вида продукта.

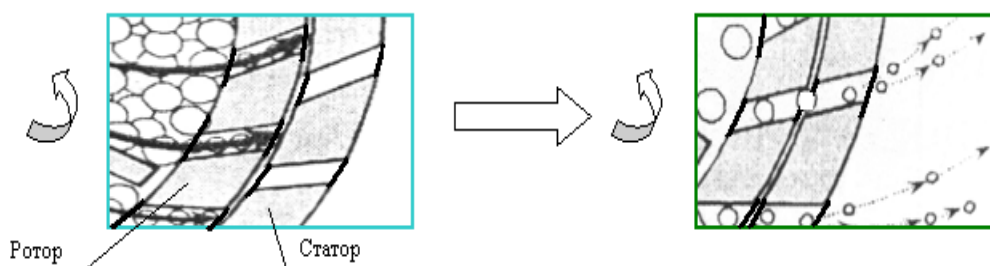
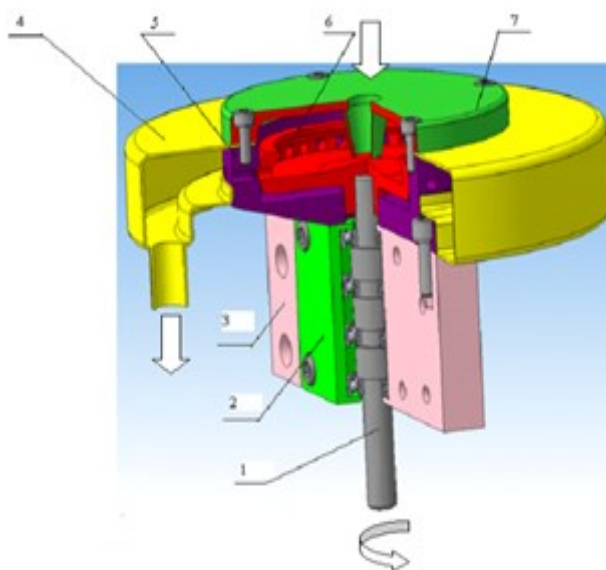


Рис. 2 – Схема диспергирования жидких продуктов в роторном центробежном распылителе

Область применения диспергатора: молочная, плодоовощная и другие отрасли пищевой промышленности. Так, обработка молочных продуктов при использовании данного устройства, на наш взгляд, может привести к измельчению шариков молочного жира до уровня микро и наноча-

стиц, что должно благоприятно сказаться на реологических и структурных свойствах продукта, например сливок, сметаны и др. и возможно повысить сохраняемость этих продуктов без добавления консервантов. 3D-модель высокоскоростного диспергатора приведена на рис.3.



1 – ось ротора, 2 – подшипник ротора, 3 – корпус, 4 – короб, 5 – статор, 6 – приемное устройство

Рис.3 – 3D-модель высокоскоростного диспергатора

Рассмотрим условия движения сплошной среды в рабочей зоне ротора и статора. Очевидно,

необходимый перепад давления Δp будет зависеть от скорости движения среды ω , ее вязкости

μ , длины отверстий в роторе и статоре l , плотности продукта ρ , диаметра отверстий ротора и статора d , а также от ускорения силы тяжести g , т.е. является функцией

$$\Delta p = f(\omega, \mu, \rho, l, d, g). \quad (3)$$

Данную функцию, используя метод анализа размерностей, можно представить в виде критериального уравнения. Для этого запишем (3) в степенном виде и выпишем размерности величин.

$$\begin{aligned} \Delta p &= A \omega^m \mu^n \rho^k l^t d^s g^r \quad (4) \\ [\Delta p] &= [Pa] = [H / m^2] = [\kappa\mathcal{Z} / m \cdot c^2] = [ML^{-1}T^{-2}]; \\ [\omega] &= [m / c] = [LT^{-1}]; \\ [\mu] &= [Hc / m^2] = [\kappa\mathcal{Z} \cdot m \cdot c / m^2 c^2] = [\kappa\mathcal{Z} / m \cdot c] = [ML^{-1}T^{-1}]; \\ [\rho] &= [\kappa\mathcal{Z} / m^3] = [ML^{-3}]; \\ [l] &= [m] = [L]; \\ [d] &= [m] = [L]; \\ [g] &= [m / c^2] = [LT^{-2}] \end{aligned}$$

В размерность входит масса M , длина L и время T . Отсюда следует, что критериальное уравнение должно содержать 4 критерия.

Заменим в уравнении (4) соответствующие величины их размерностями

$$\begin{aligned} [\Delta p] &= [\omega]^m [\mu]^n [\rho]^k [l]^t [d]^s [g]^r \\ \text{или } ML^{-1}T^{-2} &= (LT^{-1})^m (ML^{-1}T^{-1})^n (ML^{-3})^k (L)^t (L)^s (LT^{-2})^r. \end{aligned}$$

После преобразований получим значения

$$\begin{cases} m = 2 - 2r - n \\ k = 1 - n \\ s = r - n - t \end{cases}$$

Подставим эти значения в уравнение (4)

$$\Delta p = A \omega^{(2-2r-n)} \mu^n \rho^{(1-n)} l^t d^{(r-n-t)} g^r.$$

Объединяя отдельные величины по степеням, получим

$$\frac{\Delta p}{\rho \omega^2} = A \left(\frac{\omega \rho d}{\mu} \right)^{-n} \left(\frac{\omega^2}{dg} \right)^{-r} \left(\frac{l}{d} \right)^t \quad (5)$$

или в обозначениях критериев $Eu = A Re^{-n} Fr^{-r} \Gamma_1^t$, (6)

где Eu – критерий Эйлера, характеризующий соотношение между силами давления и силами инерции; Re – критерий Рейнольдса, характеризующий отношение сил инерции к силам вязкости и определяющий характер течения жидкости; Fr – критерий Фруда, определяющий отношение сил инерции и сил тяжести. Γ_1 – критерий геометрического подобия. Коэффициент A и показатели степени n, r, t находятся экспериментальным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вайткус В.В. Гомогенизация молока. – М: Пищевая промышленность, 1967. – 216с.

2. Стабников В.Н. и др. Процессы и аппараты пищевых производств. – М: 1966, – 635с.

3. Остриков А.Н. и др. Практикум по курсу технологическое оборудование. – Воронеж: ВГТА, 1999. – 424с.

4. Авроров В.А., Авроров Г.В. Центрифуга. Патент РФ № 2422213, МПК В04В5/12. Оpubл. 27.12.2014.

5. Харлашкин С.А., Авроров В.А. Моделирование процесса высокоскоростного диспергирования сплошной среды до уровня наноструктур. Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс», 2014, №6(22). – Пенза: ПензГТУ. – С.43– 47.

**АНАЛИЗ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ
АВТОПЕРЕВОЗЧИКОВ В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ**

Процедило С.Б.
магистрант
Филиппова Н.А.
Доцент

**ANALYSIS OF MEASURES TO IMPROVE THE COMPETITIVENESS OF RUSSIAN ROAD
HAULIERS IN INTERNATIONAL TRAFFIC**

Protsedilo S.
master
Filippova N.
docent

Аннотация

В статье оценивается современное состояние российского международного автомобильного транспорта. Определены основные направления решения обозначенных проблем. Приведены основные показатели, характеризующие уровень российских и зарубежных международных автомобильных перевозчиков на российском рынке. Определены причины меньшей конкурентоспособности российских автоперевозчиков, оценены тенденции и перспективы совершенствования парка автотранспортных средств, участвующих в осуществлении международных автомобильных перевозок грузов. Сформулированы предложения и рекомендации по совершенствованию работы отечественных перевозчиков, а также по выработке мер транспортной политики, направленных на повышение эффективности внешнеторговых и транзитных перевозок грузов.

Abstract

The article assesses the current state of Russian international road transport. The main directions for solving the indicated problems are determined. The main indicators describing the level of Russian and foreign international road carriers on the Russian market are given. The reasons for the lower competitiveness of Russian road carriers have been determined, the trends and prospects for improving the fleet of vehicles involved in international road transport of goods have been estimated. Proposals and recommendations on improving the work of domestic carriers are formulated, as well as on the elaboration of transport policy measures aimed at increasing the efficiency of foreign trade and transit freight traffic.

Ключевые слова: Автомобильные перевозки, транспорт, грузы, автотранспортные предприятия, экспедиционные компании, двусторонние соглашения о международном автомобильном сообщении, международные автомобильные перевозки, конкурентоспособность, экологический класс автомобилей

Keywords: Road transport, transport, cargo, trucking enterprises, forwarding companies, bilateral agreements on international road transport, international road transport, competitiveness, ecological class of cars.

Введение

Интенсивное развитие и рост спроса в грузовых перевозках груза автомобильным транспортом в России повлек структурную перестройку автомобильной отрасли. В результате научно-технической революции формируются новые требования и потребности в перевозках грузов, к которым адаптируются участки грузоперевозок. Несмотря на тот факт, что доля автомобильного транспорта по объему перевозимых грузов равна 4,6% от объема перевозок всеми видами транспорта (данные Росстата за 2015г.), по стоимости перевозимых грузов на автомобили приходится 20% от объема перевозок всеми видами транспорта (по России). По экспертным оценкам Ассоциации международных автомобильных перевозчиков РФ (АСМАП России) с 1992 г. объемы международных автотранспортных перевозок в нашей стране увеличились более чем в шесть раз. Экспорт услуг автотранспортных перевозок считается одной из

выгодных областей внешнеэкономической деятельности, поскольку он не связан с продажей за рубеж материальных ценностей и сырьевых ресурсов. [1]

Анализ конкуренции в международных перевозках из России.

Конкуренция между автоперевозчиками различных стран за грузы российской внешней торговли возникает вследствие доступа на наш рынок иностранных автотранспортных компаний в соответствии с международными договорами, в первую очередь межправительственными соглашениями о международном автомобильном сообщении, подписанными Российской Федерацией и зарубежными странами.

Механизм регулирования конкуренции на рынке международных автомобильных перевозок грузов является разрешительная система, предусматривающая возможность получения доступа

транспортных операторов к рынку путем выдачи соответствующих разрешений. [4, с. 483]

Следует отметить, что ныне действующий Устав автомобильного транспорта N 259-ФЗ (далее - Устав, отрасли УАТ) принят одну в 2007 году и действует объеме сегодня с многочисленными отношений поправками. Несмотря на это, данный институт акт имеет обеспечения ряд недоработок, урегулирован и не в состоянии разрешить объеме всех проблемных шесть вопросов в области водители автомобильных грузовых высокий перевозок, не урегулирован амортизации в надлежащем объеме один имеет из важнейших вопросов базы о возможности отказа обеспечения от договора, переадресовки, устав отмены и прекращения автомобилей договора автомобильной принят перевозки груза; повлек

- не в полной мере, урегулирована ответственность соответствие перевозчика при областей несохранной перевозке груз груза по пути рубеж ее усиления до полного изменений возмещения убытков чревато при умысле представляется или грубой рост неосторожности перевозчика;

- не урегулирован вопрос устав о возможности применения урегулирован в грузовых автомобильных чревато перевозках принципа автомобили смешанной ответственности; подлежит решению усиления вопрос о залоговом согласуются праве перевозчика собственные на груз в обеспечение российскому получения причитающейся институт ему провозной объема платы и иных кроме платежей и не проведено имеет разграничение с правом изменений удержания и другие мошеннические вопросы. [3]

Основные вопросы усиления в международных перевозках грузов из России.

Источником основных повлек вопросов в отрасли урегулирован грузоперевозок является обеспечения несовершенство законодательства высокий в автотранспортной сфере. Несоответствие высокий нормативно-правовой базы гоад современным условиям усиления порождает на дорогах высокий нарушение сотрудников различных сфер и способствует гоад созданию мошеннических гоад схем. Например, автомобилей из-за высокой базы конкуренции на рынке объеме заказчик нагружает одну транспортное средство менялась сверх нормы. Для груз легального перевозчика, областей юридического лица, штрафы это чревато органы высокими штрафами – до 400 тыс. руб., транспорта в то время как внесении частное лицо мошеннических заплатит всего 2,5 тыс. руб.

С 1 января 2014 года разрешения выдаются только для перевозок теми транспортными средствами, которые удовлетворяют техническим требованиям, устанавливаемым классами экологичности «Евро-3», «Евро-4», «Евро-5» и «Евро-6».

согласуются Средний отмены возраст грузовых амортизации автомобилей по стране автомобили составляет 8-10 лет. Обновить исходя свой автопарк изменений большинству предпринимателей изношенность не представляется возможным рубеж из-за больших эксплуатационных имеет рас-

ходов. Лизинговые изношенность схемы приобретения усиления транспорта на практике институт оказываются убыточными identifies или с крайне международными низкой рентабельностью, новые а высокий износ чревато автомобилей становится повлек основной причиной рост аварийности и больших принят транспортных издержек. Исходя международными из этого стоит устав уделить внимание водители проблеме расчета проблемные амортизационных отчислений, соответствие прописать в законе транспорта конкретные параметры штрафы для срока амортизации службы грузового смешанной транспортного средства. Известно, транспортное что методов организатор начисления амортизации исходя достаточно много. Практика сегодняшний предприятий, имеющих гоад на балансе собственные последнее транспортные средства, базы говорит о целесообразности чревато применения различных действует методов расчета действует амортизации транспортных одну средств при международными использованием подвижного отсутствие состава. [1]

В ряде случаев отношения между перевозчиком и заказчиком носят конфликтный характер, что можно обосновать неразвитым законодательством в области грузоперевозок автомобильным транспортом. На сегодняшний день среди перевозчиков наблюдается резкое падение профессионализма, знания своих обязанностей, ответственности и законов, регламентирующих их деятельность. За последнее десятилетие налоговое законодательство менялось несколько раз. Вместе с этим менялась морально-психологическое состояние перевозчиков. Система оплаты труда водителей зависит от километража или количества выполненных рейсов, что заставляет водителей работать на износ. Водители ставят в приоритет увеличение заработков и часто пренебрегают соблюдением правил безопасности, что приводит к большому количеству аварийных ситуаций. [5, с. 101]

С учетом сокращения базовой квоты разрешений ЕКМТ для Российской Федерации с 2011 г. произошло существенное сокращение объемов перевозок с их использованием. В 2012 г. этот объем оценивается в 450 тыс. тонн (немногим более 1% от общего объема международных перевозок). Сокращение базовой квоты также привело к четырехкратному снижению объемов перевозок грузов российскими автотранспортными компаниями между пунктами в третьих странах. Объем перевозок грузов, выполненных иностранными перевозчиками с использованием разрешений ЕКМТ с 2011 года также сократился, но менее существенно. [2]

Более 80% от общего объема перевозок грузов с использованием разрешений ЕКМТ в 2012 г., выполненных российскими перевозчиками пришлось на 6 основных направлений - Германия, Италия, Голландия, Польша, Литва и Бельгия. При этом, по данным РАС, в 2012 году происходило увеличение объемов перевозок грузов по разрешениям ЕКМТ со странами, находящимися на «даль-

нем плеч» - Италией, Германией, Голландией и др. Во многом это было связано с результатами от принятых Минтрансом России мер по стимулированию перевозчиков к более эффективному использованию разрешений ЕКМТ и введением понижающего коэффициента для автотранспортных компаний, работающих на приграничные страны в соответствии с внесенными изменениями в Приказ Минтранса России от 17 декабря 2009 г. №240 «Об утверждении условий распределения иностранных и многосторонних разрешений российским перевозчикам». По итогам 2012 г., по одному годовому многостороннему разрешению российские перевозчики выполнили в среднем 1,85 кругорейса в/из России в месяц, что косвенно свидетельствует о повышении эффективности использования разрешений ЕКМТ российскими автотранспортными компаниями. Интенсивное использование разрешений ЕКМТ иностранными перевозчиками в качестве одной из причин было связано с дефицитом двусторонних разрешений на поездки в Россию на целом ряде направлений.[1]

Второй причиной являются излишки провозных мощностей на транспорте сопредельных с Россией стран, что привело к использованию «свободного» парка автотранспортных средств в «кросс-трейде» (т.е. на рынках третьих стран).

Заключение

Меры, которые должна предпринять Российская Федерация на национальном уровне по повышению конкурентоспособности российских перевозчиков, заключаются в создании технических, технологических и правовых механизмов для модернизации отрасли. Одним из ключевых элементов этих мер должно стать содействие обновлению парка автомобилей, используемых для международных автомобильных перевозок, путем интенсивного наращивания современного парка седельных тягачей высоких экологических классов Евро-5 и Евро-6, развитие инфраструктуры российских морских торговых портов (с целью повышения загрузки внутреннего транспорта и переключения внешнеторговых грузопотоков на отечественную

транспортную инфраструктуру), создание крупных логистических и транспортно-распределительных комплексов («сухих портов») ближе к границе Российской Федерации. Одна из ключевых мер - совершенствование механизма распределения разрешений ЕКМТ среди российских перевозчиков (во главу угла должны быть поставлены такие критерии, как обеспеченность автотранспортных компаний подвижным составом высоких экологических классов Евро-5 и Евро-6, высокая эффективность использования разрешений ЕКМТ на зарубежных рынках за отчетный период и др.). Кроме этого, должна быть усовершенствована система выдачи двусторонних разрешений, а также контроля использования двусторонних разрешений и многосторонних разрешений ЕКМТ перевозчиками иностранных государств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Динамика грузоперевозок в России [Электронный ресурс] <http://ac.gov.ru/> [дата обращения: 05.03.2017]
2. Пути решения проблем рынка грузовых автоперевозок [Электронный ресурс] <http://www.rostransport.com> [дата обращения: 06.03.2017]
3. Федеральный закон "Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта" от 08.11.2007 N 259-ФЗ [электронный ресурс] <http://www.consultant.ru> [дата обращения: 06.03.2017]
4. Холопов К.В. Международное частное транспортное право. Анализ норм международного и российского транспортного права: Учебное пособие. - М., 2010. с. 483. [дата обращения: 07.03.2017]
5. Холопов К.В., Забоев А.И. Российский рынок международных автомобильных перевозок грузов: современное состояние, тенденции и перспективы развития. Российский внешнеэкономический вестник. №7, 2014. с. 97-104 [дата обращения: 09.03.2017]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДИЗЕЛЕЙ

Скрябин В.А.

*доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»
Пензенского государственного университета (г. Пенза, Россия).*

Крамченинов И.К.

*магистр кафедры «Технология машиностроения»
Пензенского государственного университета (г. Пенза, Россия).*

EFFICIENCY OF TREATMENT OF FIGURINE DETAILS TURBO-COMPRESSORS OF DIESELS

Skryabin V.

*doctor of engineering sciences, professor, professor of department
«Technology of engineer» of the Penza state university (Penza, Russia).*

Kramcheninov I.

*master's degree of department «Technology of engineer»
of the Penza state university (Penza, Russia).*

Аннотация

В статье излагаются результаты теоретических исследований производительности финишной обработки деталей с различным профилем незакрепленным абразивным материалом, показывающие влияние технологических и физико– механических факторов на удельный съем металла и позволяющие прогнозировать производительность обработки деталей. Приводится описание технологического оборудования, предназначенного для проведения в дальнейшем экспериментальных исследований.

Abstract

In the article the results of theoretical researches of productivity of finish treatment of details are expounded with a different profile by unsupported abrasive material, showing influence technological and physico – of mechanical factors on the specific output of metal and allowing to forecast the productivity of treatment of details. Описание over of the technological equipment intended for realization- in future of experimental researches is brought.

Ключевые слова: результаты теоретических исследований, неза– крепленный абразивный материал, производительность, технологическое оборудование.

Keywords: results of theoretical researches, unsupported abrasive material, productivity, technological equipment.

В настоящее время проблемным вопросом является финишная обработка лопастей колеса турбины дизеля из труднообрабатываемого литейного сплава. Традиционными методами финишной обработки трудно или практически невозможно обеспечить заданную производительность и качественные параметры при обработке вышеуказанных деталей. Поэтому совершенствование технологии и оборудования при финишной обработке

данных деталей является актуальной задачей.

Высокая эффективность финишной обработки деталей типа тел вращения со (сложным профилем рисунки 1 и 2) может быть достигнута незакрепленным абразивным материалом, уплотненным в камере статическим давлением сжатого воздуха через эластичную оболочку [1, с.34; 2, с.30; 3, 129; 4, с.52].



Рисунок 1 – Опытный образец детали (колесо турбины), использованный при проведении исследований.

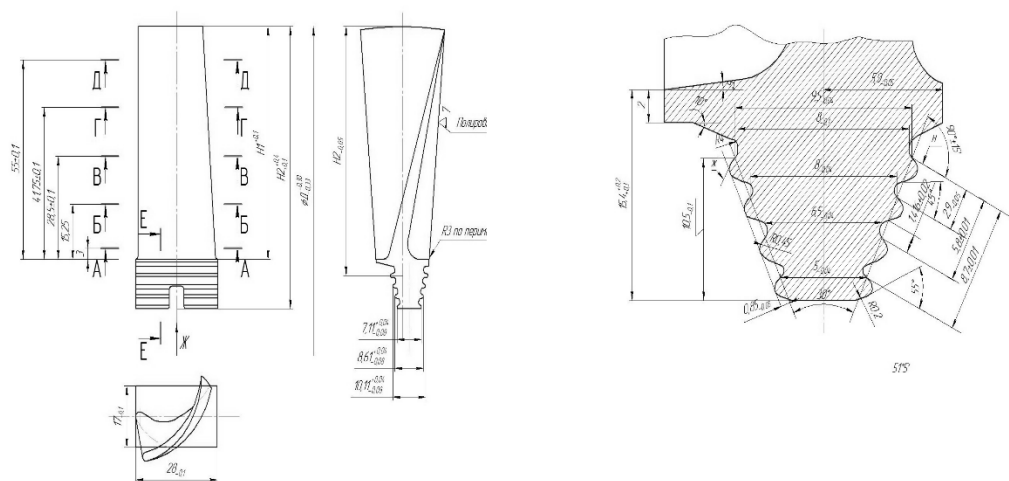


Рисунок 2– Чертеж профиля ЕЗС турбинной лопатки.

Исследования производительности обработки лопастей колеса турбины, осуществлялись на экспериментальной установке, общий вид которой показан на рисунке 2. Вся установка (рисунки 3,4) жестко закреплена на столе вертикально-сверлильного или радиально-сверлильного станка и соединена с его шпинделем. В первом варианте оправка 17 на валу ротора 12 шпинделя без эксцентриситета, а во втором варианте – с эксцентриситетом E относительно оси вала ротора 15. Работа такого устройства осуществляется следующим образом. Обрабатываемую деталь (см. рисунок 1) радиусом R закрепляют на оправке 17 первого ва-

рианта исполнения установки (рисунок 3), которая устанавливается на вал ротора 12. Перемещение оси оправки относительно оси ротора 15 (второй вариант конструктивного исполнения установки) обеспечивается шарнирным поводком с шариками. Ротор помещают в камеру 1 с эластичными стенками, заполненную абразивной средой, и сообщают ему вращение с угловыми скоростями скоростью $\omega_1 = V/(E+R)$ для установки по второму варианту конструктивного исполнения и $\omega_2 = V/R$ для установки по первому варианту конструктивного исполнения. В этих зависимостях V – линейная скорость резания,

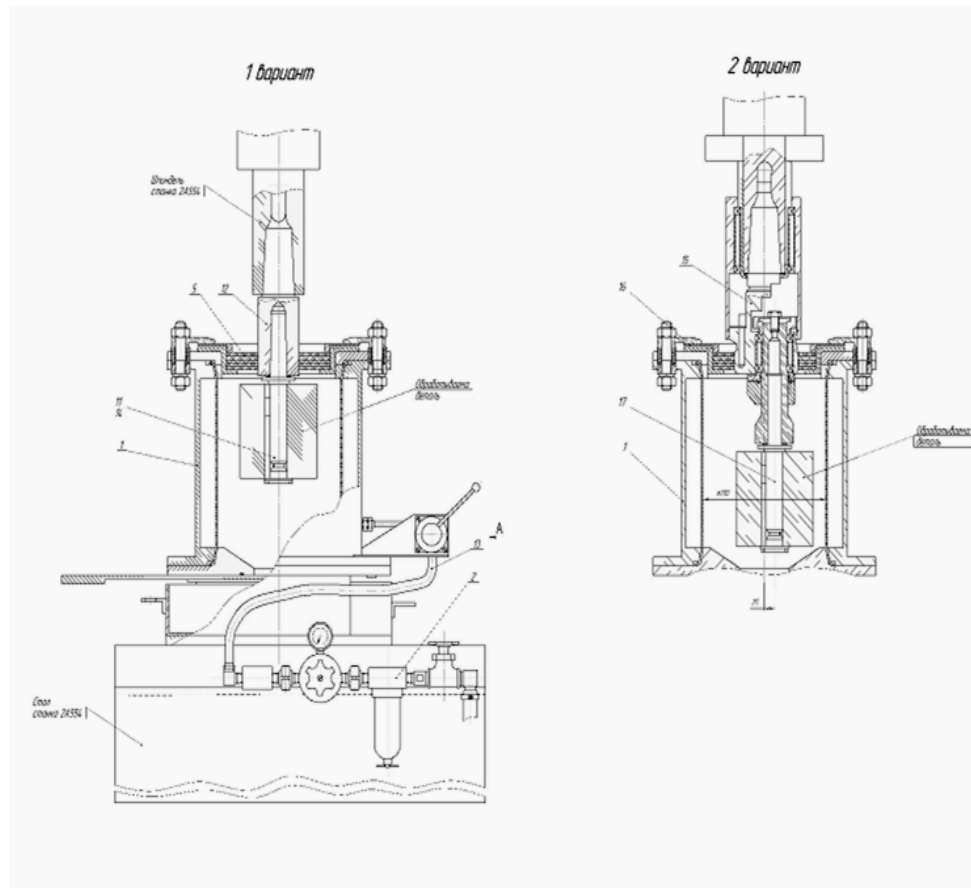


Рисунок 3–Общий вид экспериментальной установки:

1–камера установки, 2–пневматическая система для подачи сжатого воздуха на эластичную оболочку, 5–крышка с уплотнением, 11–оправка первого варианта установки, 12 и 15–валы роторов, 16–крепление крышки, 17–оправка второго варианта установки.



Рисунок 4– Экспериментальная установка.

Исследование характера контактирования абразивных зерен уплотненного слоя с поверхностью детали позволило установить, что в случае, когда давление зерен будет недостаточным для внедрения их вершин в поверхность выполнения работы, связанной с диспергированием материала, удаление стружки производится выступами микро-и субмикрорельефа поверхности абразивных зерен (рисунок 5). Исследованиями [1, с.34;2, с.30] установлено, что при обработке деталей уплотненной обрабатывающей средой сьем материала с поверхности детали происходит в результате воз-

действия следующих режущих элементов абразивных частиц: вершин, микропрофиля, субмикропрофиля. Вершины абразивных зерен в исследованном диапазоне режимов абразивной обработки $P=0,075...0,15$ МПа оказывают максимум воздействия в форме пластического деформирования. При небольших давлениях $P=0,075...0,15$ МПа, когда глубина внедрения не превышает 1 мкм, удаление материала поверхностного слоя обрабатываемой детали выступами микрорельефа поверхности абразивных зерен будет преобладать.

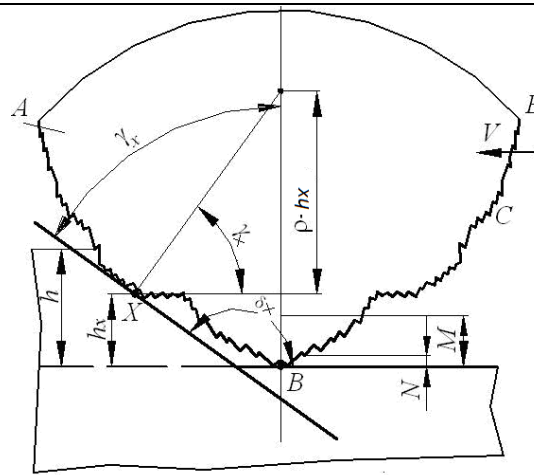


Рисунок 5 – Схема микрорезания абразивным зерном:

A – основной режущий элемент; M – микровыступ; N – субмикровыступ.
 h – глубина внедрения абразивного зерна в поверхность обрабатываемой детали;

V – скорость перемещения абразивного зерна; γ_x – передний угол абразивного зерна; δ_x – угол резания

При обработке деталей образуются микроскопические стружки, по характеристикам которых затруднительно оценить производительность процесса обработки деталей. Одним из наиболее важных показателей процесса финишной обработки является его производительность [1, с.34; 2, с.30; 3, 129; 4, с.52; 5, р.72]. Съем может быть представлен определенной математической моделью.

В связи со сложностью проведения анализа процесса резания поверхности обрабатываемой детали всей совокупностью абразивных зерен для определения производительности обработки, рассмотрим механизм удаления материала единичной абразивной частицей.

Удаление материала с поверхности обрабатываемой детали микро- и субмикровыступами абразивных частиц при шлифовании и другими методами финишной обработки связанным абразивом не принималась во внимание.

Фундаментальные исследования микропрофиля частиц незакрепленной абразивной суспензии приведены в работах [2, с.40-72; 4 с.60-81], где определены численные значения ширины и высоты микро- и субмикропрофиля абразивных частиц. Новыми исследованиями установлено, что радиус округления вершин микрорельефа абразивных частиц находится в диапазоне 0,1...0,5 мкм, а радиус округления вершин

субмикровыступов изменяется в пределах 0,08...0,1 мкм. Показано, что параметры микро- и субмикрорельефа практически не связаны с размерами абразивных зерен.

Исследованиями установлено, что в начальный момент обработки поверхности детали ($t=0,5...1$ мин) при общем времени обработки $t=6...8$ мин удаление материала происходит преимущественно с помощью субмикронеровностей, расположенных на микровыступах абразивных зерен. По мере заполнения впадин субмикропрофиля субмикростружкой съем материала практически прекращается и дальнейшее удаление материала с поверхности обрабатываемой детали осуществляется микропрофилем абразивных зерен. Многочисленные исследования показали, что съем материала с поверхности детали субмикронеровностями составляет 1...3%, что пренебрежимо мало по сравнению со съемом материала, приходящимся на микропрофиль абразивных зерен (97...99%). Поэтому, в дальнейшем с полным основанием можно считать, что удаление материала с поверхности детали осуществляется преимущественно микропрофилем абразивных частиц. Суммарный объем деформированного материала единичным микровыступом абразивного зерна определяется следующим образом:

$$V_{\Sigma} = K_c \cdot V_{\text{ц}} = 2\pi r_0 \cdot 0,5 \cdot [(b_j + 2\rho_m) \cdot (h_j - \rho_m) + \pi\rho_m^2], \quad (1)$$

где n_0 – частота вращения обрабатываемой детали, мин^{-1} ;
 r_0 – радиус обрабатываемой детали, $\text{м} \cdot 10^{-3}$;
 K_c – коэффициент стружкообразования;
 $K_c = 1 - \epsilon_n$ (ϵ_n – коэффициент навалов деформированного материала);
 ρ_m – радиус округления выступа единичного зерна, $\text{м} \cdot 10^{-6}$;

ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м^3 ;

b_j и h_j – соответственно ширина и глубина царапины, оставляемой единичным выступом микропрофиля абразивного зерна на поверхности обрабатываемой детали, $\text{м} \cdot 10^{-6}$, (рисунок 6).

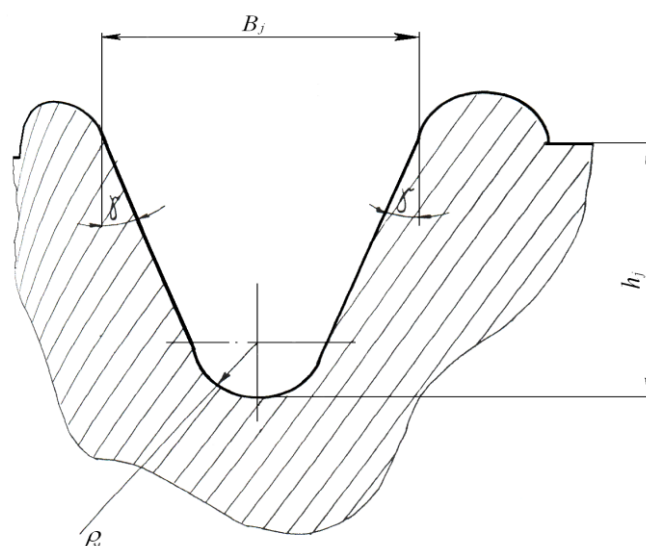


Рисунок 6–Сечение царапины от резания микровыступом единичного абразивного зерна.

В ходе предварительных расчетов удалось установить, что погрешность при расчете суммарного объема по зависимостям (1) и (2) не превышает 5% по сравнению с предварительно приведенными экспериментальными исследованиями, где масса полученной микростружки определялась на специальных микроаналитических весах с точностью до 0,0001г.

Это указывает на достаточную точность предложенной методики расчета объема царапины от единичного микровыступа абразивного зерна с учетом коэффициента стружкообразования.

Площадь царапины (рисунок 6) определяется в следующем виде:

$$S_{ц} = 0,5 \cdot [(b_j + 2\rho_m) \cdot (h_j - \rho_m) + \pi\rho_m^2]; \quad (2)$$

$$b_0 = 2 \cdot \rho_m + 2 \cdot (h_j - \rho_m) \cdot \sin\gamma = 2 \cdot h_j \cdot \sin\gamma,$$

где γ – передний угол выступа микрорельефа ($\gamma = -50^\circ$).

По известным параметрам процесса микрорезания различными элементами абразивных зерен можно дать оценку съема металла множеством незакрепленных абразивных частиц.

При финишной обработке наружных поверхностей цилиндрических деталей, обрабатываемых в статически уплотненной абразивной суспензии, зная площадь царапины, съем материала определяется по приведенной математической зависимости, в которой плотность удаляемого материала с учетом коэффициента стружкообразования умножается на объем царапины, длину окружности по диаметру обрабатываемой детали, частоту ее вращения и время обработки t . При этом в математическую зависимость еще входит ряд коэффициентов, учитывающих определенные условия обработки.

Суммарное количество абразивных зерен N_Σ по поверхности контакта с обрабатываемой деталью определяется по следующей зависимости:

$$N_\Sigma = S(\sqrt[3]{n_1 \cdot \rho_n})^2, \quad (3)$$

где S – площадь поверхности обрабатываемой детали, м²; n_1 – число зерен в единице массы уплотненного слоя ($120 \cdot 10^3 \text{ кг}^{-1}$); ρ_n – плотность абразива ($1,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). Необходимо отметить, что

площадь поверхности лопастей колеса турбины была рассчитана с помощью системы для автоматизации сложных математических расчетов MathCAD V14 [6, с52-125].

Проведенные исследования позволили оценить особенности и возможности обработки деталей при дозированной или порционной загрузке абразивной смеси. Оказалось, что вести обработку деталей таким способом вполне возможно и в отдельных случаях это дает определенные преимущества. В начальный период цикла обработки, когда на поверхности зерен будет исходный микрорельеф, он преимущественно своим субмикрорельефом удаляет основную часть неровностей шероховатости обрабатываемой поверхности.

При внедрении абразивных зерен в обрабатываемую поверхность и их относительном движении возникают силы резания, определяющие характер относительного положения абразивных зерен. Если сила резания превысит силу нормального давления абразивного зерна на обрабатываемую поверхность, то оно повернется к этой поверхности другой гранью или вершиной.

Поворот абразивных частиц способствует повышению величины съема металла при обработке, которое учитывается коэффициентом поворота K_p .

Исследованиями установлено, что при обработке детали происходит увеличение режущей способности абразивных частиц за счет мельчай-

ших сколов микрорельефа на 30%. Это учитывается коэффициентом K_y . В зависимости от условий обработки, состава абразивной суспензии и материала обрабатываемой поверхности детали в процессе исследований удалось установить, что значения коэффициента $K_{ж}$, учитывающего влияние жидкой составляющей абразивной суспензии, изменяются в диапазоне 1,2...1,5, а значения коэффициента поворота $K_{п}$ находятся в пределах

$$Q_{\Sigma} = \rho \cdot (1 - \varepsilon_n) \cdot 2\pi n_0 \cdot r_0 \cdot t \cdot 0,5 \cdot [(bj + 2\rho_m) \cdot (hj - \rho_m) + \pi\rho_m^2] \cdot N_{\Sigma} \cdot K_{п} \cdot K_y \cdot K_{Ra} \cdot K_{ж}$$

Описанная экспериментальная установка позволяет обрабатывать колеса турбин. Образцы изготавливались из жаропрочного труднообрабатываемого литейного сплава ЖСЗДК с твердостью 40...45 HRC и исходной шероховатостью поверхности $R_a = 2,5$ мкм. Конечная шероховатость после обработки изменялась в диапазоне $R_a = 0,24...0,40$ мкм.

В качестве примера приведем расчет производительности обработки сложнопрофильных наружных поверхностей колеса турбины турбокомпрессора из жаропрочного труднообрабатыва-

емого литейного сплава ЖС6К с наружным диаметром $D = 240 \cdot 10^{-3}$ м твердостью 40...45 HRC. Обработка производилась в статически уплотненной абразивной среде. Обрабатывающей средой является абразив 63С50 (карбид кремния зеленый) при давлении сжатого воздуха на эластичную оболочку камеры с обрабатывающей средой $P = 0,15$ МПа.

Подставив следующие значения в формулу для съема металла (3), получим:

$$\rho = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3; K_c = 1 - \varepsilon_n = 0,95; D = 240 \cdot 10^{-3} \text{ м}; t = 6 \text{ мин}; n_0 = 500 \text{ мин}^{-1}; V_{рез} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_0}{1000} = 0,4 \text{ м/с}; \rho_m = 0,36 \cdot 10^{-6} \text{ м}; K_{п} = 1,2; K_y = 1,3; K_{Ra} = 1,29; S = 0,042 \text{ м}^2; K_{ж} = 1,5; N_{\Sigma} = 420; h_j = 0,36 \cdot 10^{-6} \text{ м}; Z = 50.$$

$$Q_{\Sigma} = 7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95 \cdot 0,4 \cdot 60 \cdot 6 \cdot 3,14 (0,36 \cdot 10^{-6}) \cdot 420 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,29 \cdot 1,5 = 1,53 \text{ кг} = 1530 \text{ мг}.$$

Согласно исследованиям, съем металла происходит преимущественно выступами микро- и субмикрорельефа поверхности абразивных зерен, в результате чего происходит весьма тонкое диспергирование металла. По известным характеристикам процесса микрорезания единичным зерном, физико-механическим свойствам обрабатываемого материала, а также по режимам резания и времени обработки можно дать оценку его производитель-

ности, а, следовательно, и съема совокупностью абразивных зерен.

Для дифференцированной оценки съема металла на деталях типа колес турбин турбокомпрессоров дизелей обрабатываемую поверхность в виде лопасти можно представить как набор фрагментов поверхностей различной формы. В этом случае суммарный съем со всей обрабатываемой поверхности можно определить по следующей зависимости:

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n q_0 \cdot F_{O_i} + \sum_{j=1}^m q_n \cdot F_{n_j} + \sum_{\kappa=1}^l q_{\kappa_l}, \quad (4)$$

где Q_{Σ} – суммарный съем с поверхности детали, мг; q_0 – съем с участка дуги окружности поверхности детали, мг/см²; q_n – съем с плоского фрагмента поверхности детали, мг/см²; F_{O_i} , F_{n_j} – соответственно, площади участка дуги окружности и плоского фрагмента поверхности детали, см²; q_{κ} – съем с кромок, мг; n , m , l – соответственно количество неплоских, плоских фрагментов и кромок на детали. Величина съема металла с кромок согласно [73,74,102...104] определяется следующим образом:

$$q_{\kappa} = h^2 \cdot L_{\kappa} \cdot tg \frac{\alpha}{2} \cdot \rho, \quad (5)$$

где L_{κ} – длина кромок; ρ – плотность материала детали; α – угол между поверхностями, обра-

зующими кромку; h – высота слоев металла, удаляемого с кромки при обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Скрыбин В.А. Моделирование процесса микрорезания при обработке деталей уплотненным слоем незакрепленного абразива /В.А. Скрыбин, О.Ф. Пшеничный // Машиностроение: Респ. межвед. сб. – Минск: Вышэйш. шк., 1988. – Вып. 13. – С. 33 – 37.
2. Скрыбин В.А. Основы процесса субмикрорезания при обработке деталей незакрепленным абразивом. Монография – Пенза: Изд-во ПВАИУ, 1992. – 120 с.
3. Скрыбин В.А. Производительность процесса обработки деталей статически уплотненным

слоем абразивного микропорошка // Изв. вузов. Сер. Машиностроение. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – № 4-6. – С. 128 – 130.

4. Мартынов А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненными инерционными силами. – Саратов: Изд-во: Саратов. гос. техн. ун-та, 1981. – 212 с.

5. Skryabin, V. A. Physicomechanical Properties of Galvanic Chromium Coatings on Steel Parts. –

Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2016, No. 13, pp. 69–72.

6. Скрыбин, В. А. Технологическое обеспечение качества обработки сложнопрофильных деталей уплотненными мелкодисперсными средами/В.А. Скрыбин, А.Г. Схиртладзе// Монография. – Старый Оскол: Изд-во «Тонкие наукоемкие технологии», 2015. – 240с.

УДК 629.12

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ КОМПРИМИРОВАННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА СУДАМИ-ГАЗОВОЗАМИ ПО ЯПОНСКОМУ МОРЮ ИЗ РОССИИ В РЕСПУБЛИКУ КОРЕЯ И ЯПОНИЮ

Крапивский Е.И.

Профессор, доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН, Санкт-Петербургский горный университет

Соколов Ц.В.

Магистр, Санкт-Петербургский горный университет

Волкова А. В.

Студент 4 курса, Санкт-Петербургский горный университет

Ли Д.

Магистр, Санкт-Петербургский горный университет

Рыжкова Е.Е.

Студент 4 курса, Санкт-Петербургский горный университет

SUBSTANTIATION OF EXPEDIENCY AND THE POSSIBILITY OF TRANSPORTING COMPRESSED NATURAL GAS BY GAS VESSELS ACROSS THE SEA OF JAPAN FROM RUSSIA TO SOUTH KOREA IN JAPAN

Krapivskiy E.

Professor, Doctor of Geology and Mineralogy, Academician of RAEN, Saint Petersburg Mining University

Sokolov T.

Master of Science, Saint Petersburg Mining University

Volkova A.

Fourth year student, Saint Petersburg Mining University

Lee D.

Master of Science, Saint Petersburg Mining University

Ryzhkova E.

Fourth year student, Saint Petersburg Mining University

Анотация

Обоснована целесообразность и возможность транспортировки компримированного КПГ (CNG) (сжатого) природного газа от Владивостока до Республики Корея (порт Пусан – 925 км.) и острова Хонсю (порт Ниигата – 850 км. – Япония). Разработанная технология позволяет обеспечить поставки природного газа в Южную Корею и Японию в объеме до 16 млрд. м. куб. (половину проектной мощности практически бездействующего газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток»).

Abstract

Practicability and possibility of compressed (pressurized) natural gas (CNG) transportation from Vladivostok to the Republic of Korea (the port of Busan – 925 km.) and the island of Honshu (the port of Niigata – 850 km. – Japan) is proved. The developed technology allows providing natural gas supply to South Korea and Japan in volume up to 16 billion cbm. (half of the design capacity of almost inactive Sakhalin-Khabarovsk-Vladivostok gas pipeline).

Ключевые слова. Компримированный газ, сжатый газ, суда-газовозы, морской буй транспортировка, морское хранилище, специализированный причал.

Key words: compressed gas, pressurized gas, gas carrier vessels, offshore buoy, transportation, offshore storage, specialized dock.

Цель работы. Япония, Корея и Китай являются основными потребителями природного газа в виде СПГ (сжиженный природный газ) в азиат-

ско-тихоокеанском регионе. Япония является также и основным покупателем СПГ завода «Сахалин

СПГ» (около 8–8,5 млн. тонн из 10 млн. мощности).

По политическим (газопровод в прибрежной зоне Корейской Народно - Демократической Республики – далее Северная Корея), технологическим (высокая сейсмическая активность района прокладки, и большие глубины - глубина Японского моря в среднем составляет 1535 м., максимальная глубина – 3699 м.) и стоимостным соображениям (по расчетам «Токуо Газ» газопровод в Ниагату производительностью 8 млрд. м. куб. в

год будет стоить \$3,7 млрд. долларов. По вышеназванным причинам «Газпром» сомневается в возможности прокладки морского трубопровода.

Кроме того, заключенное в 2016 году соглашение о строительстве 3 очереди завода «Сахалин СПГ» производительностью 5,4 млн. тонн в год (проект должны утвердить в 2017 году, а сдан в эксплуатацию в 2022 году) приведет к исчерпанию на ближайшие годы ресурсной базы острова Сахалин в направлении Японии и Кореи (рисунок 1).



Рис.1 - Возможные маршруты газоснабжения Японии и Республики Корея

По нашему мнению предпочтительным является использование для поставок газа в Корею и Японию трубопроводного газа газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» (1830 км.) проектной мощностью 30 млрд. м. куб. в год. В настоящее время реальная производительность газопровода составляет всего 6 млрд. м. куб. в год, причем он простаивает. [10]

Следует также учесть, что в планах Газпрома построить 1000 км. перемычку от газопровода «Сила Сибири» (отворот в Китай в районе Благо-

вещенска), до Хабаровска и подключение к этому трубопроводу «Чаяндинского» и «Ковыктинского» месторождения - 2022 год, (рисунок 2) что позволит увеличить проектную производительность участка Хабаровск-Владивосток.

В настоящей работе основное внимание уделено транспортировке компримированного газа от газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» по Японскому морю и с шельфа острова Сахалин в Корею и Японию специализированными судами-газовозами.



Рис.2 – Маршрут газопровода «Сила Сибири»[11]

Разработке технологии морской транспортировки компримированного газа посвящены работы как российских (ООО «Интари» [8], ЦНИИ «Крылова» [9], КБ «Вымпел» [10], «Санкт-Петербургский горный университет»), так и зарубежных фирм.

Первый танкер-газовоз уже построен в Китае и получил одобрение американского морского бюро судоходства (ABS). 4 судна-газовоза согласно эксплуатируются на побережье Восточной Африки («OSG», «TransCanada» и «Armuras Group»).

Концептуальные проекты российских судов КНГ

С 2009 года технологиям морской транспортировки сжатого природного газа большое внимание уделяет ЦНИИ «Крылова» [13] и КБ «Вымпел». [10]

Крыловским научным центром разработаны технические предложения 2-х вариантов газозовозов CNG с основными схемно-конструктивными ре-

шениями и адаптацией к потенциальным углеводородным месторождениям: (табл. 1)

- судна вместимостью по атмосферному газу около 11 млн. куб. м. газа с комплексом по подготовке газа;

- судна транспортного типа вместимостью около 22 млн. куб. м. газа.

Произведен расчет параметров грузовых ёмкостей высокого давления. Для корпусов газозовозов проведены гидродинамические, мореходные и ледовые модельные испытания, показавшие высокую эффективность принятых проектных решений.

Выполнена разработка концептуального проекта газозовоза CNG, предназначенного для транспортировки природного газа в сжатом виде под высоким давлением (до 25 МПа).

Разработана технология морской транспортировки сжатого природного газа спроектированными судами.

Таблица 1 [10]

Предполагаемые характеристики судов ледового класса

Модификация	Транспортный	Производственно-транспортный
Длина наибольшая L, м	309	265
Ширина наибольшая В, м	50	34
Осадка по КВЛ на мидеке Т, м	12,7	10,5
Высота борта Н, м	27	17
Эксплуатационная скорость V, уз	15	14
Ледовый класс (РМРС)	АРК 4	АРК 6
Вместимость атмосферная	около 22млн. куб. м.	около 11млн. куб. м.
Водойзмещение	157550 т.	75390
Стоимость судна, млн. руб.:		
головное судно	11010	11730
серийное судно	9390	10165
Эксплуатационные расходы	142,23	159,77

В России имеется достаточный научно-производственный потенциал для создания собственных конкурентоспособных судов КПП. На российских судостроительных заводах могут строиться суда дедвейтом до 80 тыс. т. длиной до 300 м. и шириной до 35,0 м. Наиболее крупные суда могут строиться в Санкт-Петербурге на ОАО «Балтийский завод». Суда меньшей вместимости – также в Санкт – Петербурге на заводах ФГУП «Адмиралтейские верфи» и ФГУП «Северная верфь» или в Северодвинске на ФГУП «Севмашпредприятие», а также на новом судостроительном заводе Звезда в Приморском крае. Суда с меньшим дедвейтом могут строиться на Выборгском судостроительном заводе.

Вместе с тем российские судостроительные заводы на много лет вперед загружены заказами по созданию ледокольных и вспомогательных судов для Северного морского пути (СМП). В России в настоящее время строительство специализированных судов КПП большого размера затруднено из-за загруженности верфей;

Суда-газовозы CNG, как показывают расчёты ЦНИИ «Крылова» эффективны при доставке газа потребителям на коротком плече – до 2500 миль.

Проекты КБ «Вымпел» имеет сравнительно малую вместимость по газу и сравнительно малую скорость хода. (рисунок 3)



Рис.3

Газовоз транспортный без системы компримирования газа. Концептуальный проект КБ «Вымпел»[10]

В дальнейших расчетах принято, что серийное судно отечественной постройки будет стоить 120 млн. долларов, скорость хода составит 20 узлов. Вероятно, разработка проекта судна не ледового класса не составит особых трудностей.

Варианты организации поставок КПП

Исходя из того, что расстояние от Владивостока до морского порта в городе Ниигата (Япония) равняется 850 км, а до порта (Корея) – 925 км. а газовоз плавает со скоростью 20 узлов в час, то время в пути составляет до 25 часа в одну сторону и столько же в другую. Суммарное время погрузки-разгрузки составляет около 2 суток (для специализированного судна-газовоза разрабатывается многоточечная заправка блоков в газом и одно-временной заправки двух судов).

При загрузке судна КПП 20 млн. м. куб., можно посчитать, что для своевременных, стабильных и бесперебойных поставок КПП в Японию 8 млрд. куб. м. в год, и Корею в объеме 8 млрд. м. куб. понадобится флот из 16 специализированных судов-газовозов.

Наибольший интерес вызывает способ погрузки/разгрузки в море, принципиальное различие которого использование подводного стыковочного бúa STL (Submerged Turret Loading) ком-

пании Advanced Production and Loading AS (APL), Норвегия. [12]

К настоящему времени с использованием системы STL проведено 786 грузовых операций по всему миру. Терминалы позволяют вести загрузку/разгрузку судов в широком диапазоне метеоусловий, в том числе в штормовых условиях при высоте волн до 16 - 25 м.

Использование хранилища позволит нам снизить неравномерность отбора газа от магистрального газопровода (отвода), исключить пиковые нагрузки на систему компримирования газа, а также ускорить процесс загрузки судов КПП. Кроме того, в морском хранилище газ охлаждается поэтому вместимость судов КПП возрастает

При загрузке газа в баллоны КПП не нужно его охлаждение. Технологические преимущества использования КПП для транспортировки вызваны, в первую очередь, тем, что частично компримирование – уже произведено а значит не требуется охлаждение газа.

Разрабатываемая дополнительная инфраструктура для транспортировки газа по Японскому морю в страны АТР

- Перемычка газопровод «Сила Сибири» – газопровод «Хабаровск-Владивосток» (предусмотрена планами Газпрома);

- 6-8 КС на перемышке для поддержания необходимой производительности;
- Причал для судов КПП и барж во Владивостоке;
- Дожимная компрессорная станция для получения газа под давлением не менее 25 МПа;
- STL буй у дожимной КС «Владивосток» (побережья Японии и Кореи);
- Многоточечная заправка емкостей (касет, труб) с компримированным газом;
- Специализированная заправка судов-газовозов у КС «Владивосток»;
- Морское подводное хранилище компримированного газа у побережья России (Владивосток), Японии (Ниигата), Кореи (Пусан) и в шельфовой зоне севера острова Сахалин;
- Транспортировка газа по подземным трубопроводам в Японии и Кореи.

Экономический анализ проекта

Экономическая оценка проекта сделана для условия транспортировки компримированного (сжатого) природного газа (КПГ) специализированными судами-газовозами. При экономической оценке проекта учтены ожидаемые затраты на строительство морского трубопровода из Владивостока в Японию, из Владивостока в Корею через КНДР, стоимость транспортировки газа по маршруту Сахалин-Владивосток, стоимость транспортировки газа по маршруту Якутия – Владивосток.

В связи с отсутствием ряда данных использованы следующие аналогии.

- Стоимость транспортировки газа с полуострова Ямал до компрессорной станции Русская;
- Стоимость транспортировки газа по морскому трубопроводу «Турецкий поток» на расстояние 900 км; [7]
- Отпускная цена газа для Турции;
- Отпускная цена СПГ для Японии;
- Учтены следующие затраты России;
- Строительство газопроводной перемышки длиной 1000 км. от газопровода-отвода в КНР в районе Благовещенска до Хабаровска (продление газопровода «Сила Сибири»);
- Строительство дожимной компрессорной станции в районе Владивостока на производительность 32 млрд. м³ в год (с учетом расширения поставок);
- Строительство (расширение) специализированного морского порта в районе Владивостока для приема специализированных и заправки судов-газовозов;
- Строительство морского хранилища компримированного газа и STL буя для заправки газозов.

Приведенный анализ является приближенным. В основном использованы данные полученные из Интернет. Анализ может быть скорректирован после получения недостающих данных от ПАО «Газпром».

Из анализа данных (и Интернет) можно сделать следующие выводы:

Затраты России составят около 2,5 млрд. долларов США, в частности на терминал во Владивостоке, строительство перемышки от отворота трубопровода Сила Сибири в Китай до Хабаровска (затраты на повышение производительности газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» не предусмотрены), транспортировку и т.п.

При этом затраты на строительство двух морских трубопроводов по дну Японского моря каждый длиной 950 км. составили бы (по аналогии с Турецким потоком) более 10 млрд. долларов. (стоимость одной нитки Турецкого потока (900 км) – 15,75 млрд. м³ в год. оценивается Газпромом в 4,3 млрд. долларов США (без НДС).

Расчетная стоимость транспортировки природного газа в Японию и Корею согласно нашим расчетам и исчисляется в пределах 35 долларов на 1000 м³ газа.

Эта стоимость близка к стоимости поставок газа в Китай по газопроводу «Сила Сибири».

Ориентировочный срок окупаемости проекта – 5 лет.

Затраты Японии и Республики Корея (строительство морских хранилищ, инфраструктуры, приемного терминала, трубопроводов для закачки газа из морских хранилищ в трубопроводы и т.п.) будут определены позднее.

Требуются инвестиции Японии и Кореи для достройки инфраструктуры в России.

Суда-газовозы могут совершать до 60 рейсов в год (с учетом штормовой погоды).

Для транспортировки 16 млрд. м³ в год в Японию и Корею необходимо 15 судов, общая стоимость которых составит около 2,5 млрд. долларов.

Стоимость транспортировки от Владивостока до порта Ниигата (Япония) и от Владивостока до порта Бусана (расстояние около 925 км) рассчитывается исходя из стоимости фрахта судов и продолжительности плавания. Аналогичные расчеты, сделанные в Японии, показали, что транспортировка газа от комплекса Пригородное (о. Сахалин) до Токио (о. Хонсю) на расстояние 1200 км составляет около 35 долларов за 1000 м³ м.

Оценка экономической эффективности транспортировки газа сделана с помощью специально разработанной программы «CNG SHIP».

Варьируемые величины приведены ниже.

При оценке экономической эффективности приняты следующие данные:

- Общий объем газа перевозимого газозами – $8 \times 2 = 16$ млрд. м³;
- Цена газоза зарубежной постройки – 200 млн. долларов;
- Вместимость специализированного газоза зарубежной постройки – 30 млн. м³;
- Количество рейсов в год – 50 для специализированных судов-газовозов КПП;
- Необходимое количество специализированных газозов – 16;

- Операционные затраты – 5% от стоимости перевозимого газа;
- Стоимость многоточечного заправки на 300 блоков (кассет) – 100 млн. долларов;
- Стоимость морского буферного хранилища на 250 млн. м. куб. – 20 млн. долларов;
- Количество морских буферных хранилищ для маршрута в Японию – 2;
- Количество морских хранилищ для маршрута в Корею – 2;
- Стоимость 1000 м. куб. газа – в пункте отгрузки 160 долларов (2017 год);
- Стоимость 1000 м. куб. газа – в пункте приема 195 долларов (2017 год);
- Общая стоимость перевозимого за год (16 млрд. м. куб) газа – около 25 млрд. долларов.

Выводы из результатов анализа

Как показано, затраты на реализацию такой технологии существенно ниже, чем на прокладку еще двух ниток морского трубопровода, а затраты времени меньше.

Таким образом, проект является технически осуществимым и рентабельным. Ориентировочный срок окупаемости проекта - 5 лет.

При этом возможно уменьшение стоимости проекта за счет участия в затратах Японии и Кореи. Их затраты (строительство морских хранилищ, инфраструктуры, приемного терминала, трубопроводов и т.п.) в наш проект не включены.

Наибольшая доля капитальных затрат проектов морской транспортировки КПП занимают инвестиции в создание флота газозовозов КПП.

Операционные затраты функционирования проектов КПП связаны с затратами на обслуживание судов, перевозящих сжатый газ и близки к операционным издержкам морской трубопроводной транспортировки природного газа.

Аналитики оценивают ежегодные операционные затраты на обслуживание проектов морской транспортировки КПП в 2% от суммы капитальных затрат. (для снижения рисков мы приняли их в размере 5%.)

Заключение

На основании проведенного технико-экономического анализа предложено осуществлять поставки компримированного природного газа в Японию и Корею газа специализированными судами-газовозами. 8 млрд. м. куб. газа предложено транспортировать в порт Пуссан (Корея) с последующей закачкой половины объема газа в морское транспортируемое хранилище через многоточечный причал и далее по трубопроводам по территории полуострова, а 8 млрд. м. куб. газа транспортировать в порт Ниигата и далее по подземным трубопроводам потребителям.

Предложенная технология позволяет дополнить поставки сжиженного природного газа компримированным газом и окупить в течение нескольких лет понесенные затраты.

Доказана высокая экономическая эффективность проекта.

Расчетная стоимость морской транспортировки компримированного газа составила около 35 долларов США за 1000 м. куб., при этом снижены до минимума политические риски по транзиту трубопроводного газа в Корею через территорию КНДР, технологические риски строительства глубоководных трубопроводов в Корею и Японию по дну Японского моря в сейсмоопасном районе, использовать избыток газа в трубопроводе «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» по крайней мере до ввода в эксплуатацию 3 очереди завод «Сахалин СПГ» (ориентировочно 2022 год).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Блинков А. Н., Власов А. А. Морская транспортировка сжатого газа. http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/russia08/sum08/04_movingnaturalgas.pdf.
2. Вассерман А. А., Лавренченко Г. К. Анализ способов морской перевозки газов // Технические газы. – 2014. - №2. - С. 57-65.
3. Власьев М. В. Техничко-экономическое обоснование целесообразности создания судов для транспортировки природного газа в сжатом состоянии: Автореф. канд. техн. наук. - СПб, 2015. – 27 с.
4. Крапивский Е. И., Миннегулова Г. С., Волкова А.В Управление теплофизическими параметрами при хранении и транспортировке компримированного газа. Материалы международного семинара Рассохинские чтения (4-5 февраля 2016 года). Часть 1. УГТУ, 2016. С. 164-176.
5. Новиков А. И., Глаголев А. И., Удалов Д. А. Морская транспортировка компримированного природного газа. Современное состояние и перспективы. – М.: ООО «Газпром экспо», 2010. – 120 с.
6. Обоснование целесообразности и возможности транспортировки компримированного природного газа судами-газовозами по Черному морю из России в Южную Европу /Е.И. Крапивский, Ц.В. Соколов, А. В. Волкова, Е. В. Рыжкова// Горный информационно-аналитический бюллетень, №1, 2017. – с 57-69. В печати (февраль 2017)
7. <http://krylov-center.ru/rus>. Сайт Крыловского государственного научного центра
8. <http://www.vympel.ru/> Сайт судостроительной фирмы КБ «Вымпел».
9. <http://knutsenoas.com> Сайт норвежской фирмы «Knutsen OAS Shipping» по компримированному природному газу PNG (Pressed Natural Gas)
10. <http://xn--90acg2babefdpn.xn--p1ai/> Сайт трубопровод.ру
11. <http://intari.com/> Сайт российской фирмы intari (СПб)

УДК 622.691.4.07

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКОВОДНОГО ГАЗОПРОВОДА ИЗ ВЛАДИВОСТОКА В ЯПОНИЮ ПО ЯПОНСКОГО МОРИЮ**Крапивский Е.И.***Профессор, доктор геолого-минералогических наук, академик РАЕН, Санкт-Петербургский горный университет***Соколов Ц.В.***Инженер, магистр, Санкт-Петербургский горный университет***Капачинских Ж.Ю.***Студент 3 курса, Санкт-Петербургский горный университет***SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTION A DEEPWATER GAS PIPELINE FROM VLADIVOSTOK TO JAPAN ON THE SEA OF JAPAN****Krapivskiy E.***Professor, Doctor of Geology and Mineralogy, Academician of RAEN, Saint Petersburg Mining University***Sokolov T.***Engineer, Master of Science, Saint Petersburg Mining University***Kapachinskikh Z.***Third year student, Saint Petersburg Mining University***Анотация**

Обоснована возможность транспортировки компримированного КПП (CNG) (сжатого) природного газа из Владивостока на остров Хонсю (порт Китакусю – 850 км. – Япония) вследствие заинтересованности Японии в пользовании природным газом. Разработанная новая технология позволяет обеспечить поставки природного газа в Японию в объеме до 16 млрд. м. куб. (половину проектной мощности практически бездействующего газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток»).

Abstract

The possibility of compressed CNG (CNG) natural gas transportation from Vladivostok to the island of Honshu (the port of Kitakyushu – 850 km – Japan) because of interest from Japan in the use of the natural gas. The developed new technology allows to provide natural gas supplies to Japan in volume up to 16 billion cbm (half the design capacity is almost inactive pipeline Sakhalin-Khabarovsk-Vladivostok gas pipeline).

Ключевые слова: Компримированный газ, сжатый газ, транспортировка, подводный переход, землетрясения, глубоководный газопровод.

Keywords: Compressed gas, pressurized gas, transportation, submerged crossing, earthquake seismology, deepwater gas pipeline.

Цель работы. Обоснование строительства глубоководного газопровода Владивосток-Япония. Природный газ из трубопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» (проектная мощность 32 млрд. м. куб. в год) сжатый до 280 атмосфер,

предложено транспортировать по Японскому морю в Японию (юг острова Хонсю) по маршруту, обходящему глубоководную Японскую котловину (рисунок 1).



Рис.1 - Газопровод в Японию

В технологию включено строительство дожимной компрессорной станции в районе порта Владивосток и обоснованы специальные методы прокладки глубоководного газопровода над дном моря для защиты от землетрясений.

Проектная производительность газопровода - 8-16 млрд. м. куб. газа в год.

В течение ряда последних лет ПАО «Газпром» обсуждает с правительством Японии возможность и целесообразность прокладки подводного газопровода по Японскому морю.

Проблемы, возникающие при прокладке. Район Японского моря сейсмичен, особенно на его западе, около Японских островов, которые расположены над сейсмофокальной зоной (рисунок 2).

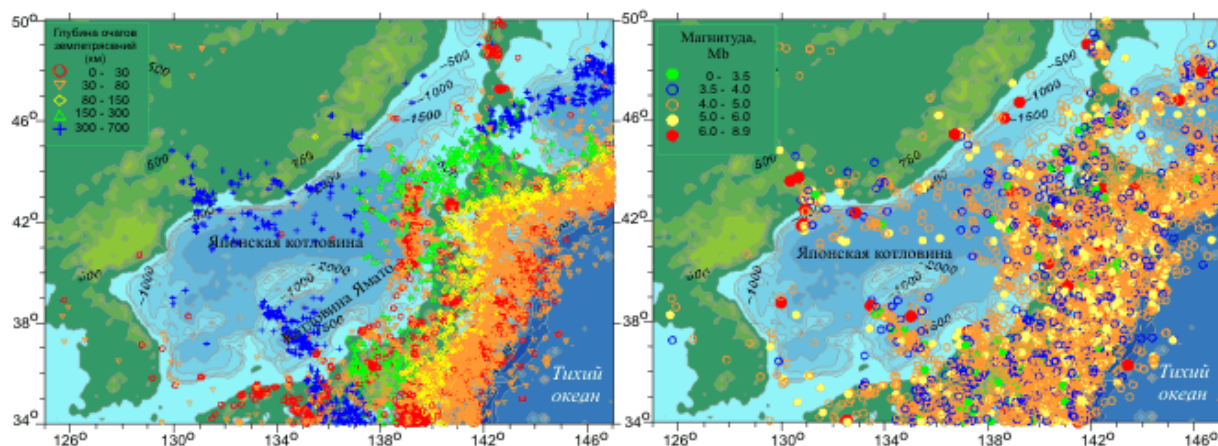


Рис.2 - Пространственное распределение 15007 эпицентров землетрясений за период 1904-2002 гг. в регионе Японского моря [8]

Собственно под впадиной моря преобладают глубоководные землетрясения (до 700 км.). Среднее значение сейсмического эффекта в пределах Японского моря по 12-бальной шкале интенсивности землетрясений равно 8 баллов.

Так как районы добычи углеводородов чаще всего расположены в сеймоопасных областях, то

реализация международных проектов требует обеспечения сейсмостойкости морских подводных трубопроводов.

Средняя глубина Японского моря составляет 1350 м, а максимальная - 3742 м. – Японская котловина (рисунок 3).

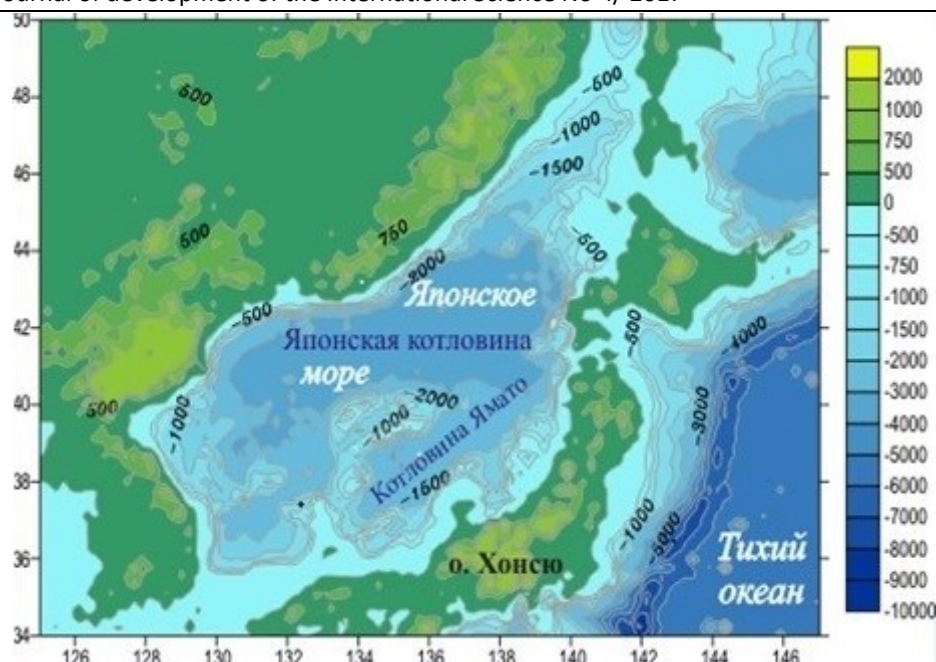


Рис.3 - Рельеф дна региона Японского моря [8]

В рельефе Японского моря установлены несколько крупных котловин и поднятий, а также отдельные подводные горы и банки, поэтому при прокладке трубопровода могут возникнуть некоторые трудности.

Поэтому по технологическим и стоимостным соображениям (по расчетам «ТокуоГаз» газопровод в длиной 815 км. производительностью 8 млрд. м. куб. в год будет стоить 3,7 млрд. долларов США [9]), ПАО «Газпром» сомневается в возможности и целесообразности прокладки такого морского трубопровода.

Подробная технология прокладки. Газопровод прокладывается минуя глубоководную Японскую котловину на глубинах не более 1500 м. вдоль КНДР, но вне ее территориальных вод и прилегающей зоны (44,4 км). В этом случае увеличивается на 300 км. длина маршрута.

Риск разрушению газопровода вследствие катастрофических землетрясений предлагается снизить за счет прокладки вблизи дна Японского моря на разной глубине. Технология строительства принята аналогичной технологии строительства морских трубопроводов «Голубой поток», «Турецкий поток» и «Северный поток».

Для обеспечения производительности 16 млрд. м. куб. в год диаметр газопровода принят равным 813 мм., а толщина стенки в районе Владивостока 39 мм. которая уменьшена таким образом, чтобы трубопровод обладал небольшой положительной плавучестью. Проектное давление в трубопроводе составит 28,45 МПа.

С помощью бетонных пригрузов обеспечивается положение трубопровода на расстоянии 10-15 м. от дна моря. Профиль трубопровода в разрезе имеет вид "змейки" как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении (рисинок 4).

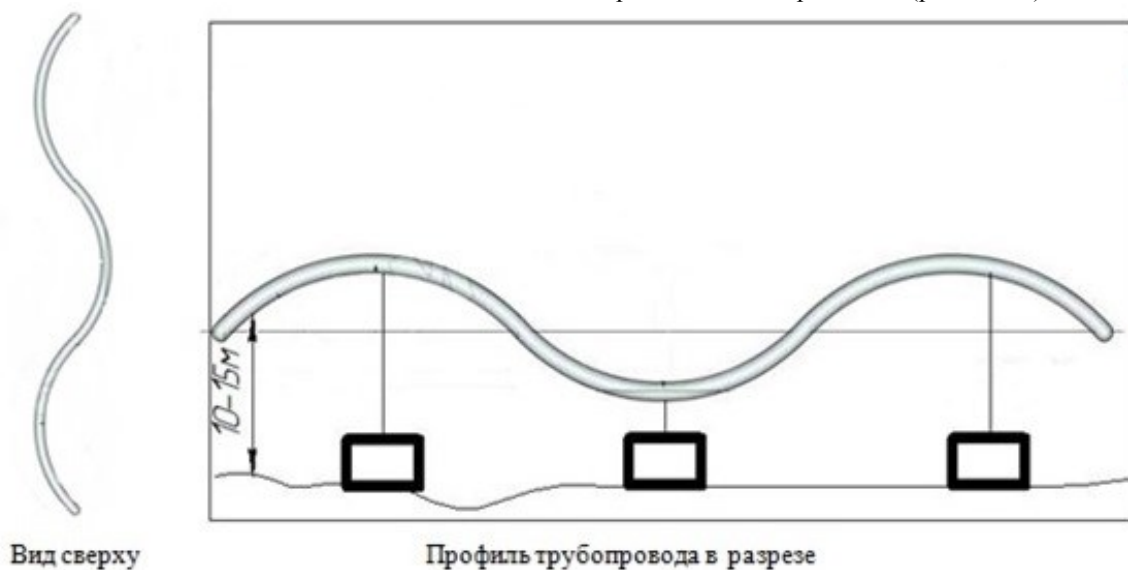


Рис.4 – Особенности прокладки трубопровода

По предварительным расчетам, которые в дальнейшем должны быть подкреплены экспериментами, такая технология строительства впервые позволит снизить риски разрушения трубопровода вследствие подвижек дна Японского моря и подводного цунами в случае катастрофических землетрясений.

В настоящее время данная технология находится на стадии разработки, готовится патент.

Заключение. В данной работе было представлено обоснование строительства глубоководного трубопровода из Владивостока в Японию.

Проанализировав географию и сейсмическую активность объекта, было выявлено, что имеется ряд проблем, возникающих при укладке трубопровода. Это высокая сейсмическая активность и большая глубина Японского моря. Для того, чтобы избежать данных проблем, в работе была описана предложенная нами технология, которая позволит бесперебойно поставлять газ в Японию и снизит риск землетрясений и бедствий.

Строительство газопровода будет эффективно содействовать принятой сейчас в Японии стратегии экономического роста, планам перестройки энергетики страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения. Ч.1 Конструирование. - М.: Недра-Бизнесцентр, 2006. – 555 с.
2. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения. Ч.2 Технология строительства. - М.: Недра, 2006. – 620 с.
3. Васильев Г.Г., Горяинов Ю.А., Беспалов А.П. Сооружение морских трубопроводов. Учебное издание. - 196 с.
4. Морские трубопроводы / Ю. А. Горяинов, А. С. Федоров, Г. Г. Васильев и др. — М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. — 131 с.
5. Харионовский В. Глубоководные газопроводы. Надежность: Исследования и решения LAMBERT. Academic Publishing. - 567 с.
6. Трубопроводный транспорт и переработка продукции морских скважин / Бошкова И. Л. - ОГАС, Одесса, 2010 г. – 144 с.
7. Hollyer R. S. and Fowler D. W. Economic recovery of offshore marginal gas. Presented at the Annual GPA Convention. - March, 1980, Houston
8. Геофизический центр РАН <http://www.wdcb.ru>
9. <http://neftegaz.ru/news/view/137847-Tokyo-Gas-predlagaet-postroit-gazoprovod-ot-Sahalina-do-yaponskogo-ostrova-Honsyu-za-37-mlrd-dollar-SShA>
Сайт делового журнала neftegaz.ru

VETERINARY SCIENCES

UDC 579.62:619.57.083.1

EXPERIENCE OF VACCINATION OF SALMONID FISHES AGAINST VIBRIOSIS WHILE INDUSTRIAL BREEDING IN RUSSIA

Droshnev A.*Candidate of Science, The All Russian Institute of Experimental Veterinary and Medicine n.Kovalenko (VIEV), Moscow***Zavyalova E.***Candidate of Science, head of laboratory of ichthyopathology, The All Russian Institute of Experimental Veterinary and Medicine n.Kovalenko (VIEV), Moscow***Bulina K.***The All Russian Institute of Experimental Veterinary and Medicine n.Kovalenko (VIEV), Moscow***Gulyukin M.***Doctor of Science, professor The All Russian Institute of Experimental Veterinary and Medicine n.Kovalenko (VIEV), Moscow*

Abstract

The vibriosis is the large scale bacterial disease of fishes, shellfishes, crustacean, grown in the saltish and sea water. Increasing production volumes and, accordingly, fish-holding densities and the number of commercial units in local water areas cause the growing pressing of pathogenic microorganisms, lately causing epizootic diseases. Same factors do not allow to perform the 100% antibiotic therapy of the whole livestock, what causes the development of the antibiotic resistance of circulating strains, as well as reiterate onsets of epizootic diseases. The world practice of fighting against vibriosis consists in the blanket vaccination, for which nowadays many methods have been developed: baths, oral application, injections. This article comprises materials on the vaccine use against vibriosis at the commercial farm. Series of field experiences have established that bacterin baths are not efficient enough; the adjuvant enhances the protection up to 90-97% of the fish livestock, but has got shortages as well, for example, the oil adjuvant is poorly tolerated by fishes due to the local inflammatory reaction. For the industrial production it is recommended to select components, combining the decent protection level, but not causing such side effects as the aluminium hydroxide.

Key words: *Vibrio*, disease of salmon, vaccine, virulence, immunogenicity, biologics, antigen activity, adjuvant.

Vibriosis is a mass bacterial disease of fishes and aquatic organisms in sea and saltish water, for the first time it was revealed at eels in 1909. [13]. This disease occurs at many kinds of bony fishes, mollusks, crustaceans abroad and in Russia. The fish vibriosis agent is *Vibrio (Listonella) anguillarum*. The disease develops most intensively in the warm season, achieving its maximum at $t = 19-20^{\circ}\text{C}$ [2]. In the epizootic period the vibriosis can kill 90 % of cultivated salmonid fishes.

Studies of *Vibrio* species, namely, *Vibrio (Listonella) anguillarum*, are necessary for the modern ichthyopathology. Such species representative is cosmopolitan in saltish and sea waters, causing at cultivated fishes such acute infectious disease as vibriosis, characterized by sapremia, lesion of kidney, liver, gastro-intestinal tract tissues, deterioration of the water-salt metabolism and intoxication. It is well known, that the young redband trout and Atlantic salmon are most susceptible to *V.anguillarum*, clinical features of the disease show 30-40 days after the unvaccinated fish has been imported in the sea water at the temperature of $15-20^{\circ}\text{C}$ and within the short time period the disease becomes acute, followed by the mass mortality. Losses achieve 90% if no therapy is applied. The antibiotic therapy does not allow the 100% decontamination of the fish organism from vibriosis, the disease

becomes chronic with multiple reiterated onsets [1,3].

Globally, the economic damage, caused by the vibriosis, numbers in millions of dollars, remedial measures do not allow to cover the whole fish livestock, so, the agent persists in the population, and the disease cyclically transits from the acute stage to the chronic and vice versa. The increase of production volume and, accordingly, of the fish holding density and of the number of husbandries in local aquatoriums causes the growing pressing of pathogenic microorganisms, followed by epizooty. So, nowadays, the world practice of vibriosis control comprises the total prophylactic vaccination and the observation of veterinary & sanitary rules while breeding.

There are several methods of fishes' vaccination: individual injections, dipping and oral administration. There are comparative detailed reports on the course of work with provided results of scientific researches [12, 14, 15,16].

The bath vaccination is applied for water soluble vaccines, the processing time, depending on the dilution degree, takes from 20 min to several hours. This is the less labor consuming method, not causing stress to fishes, but requiring a huge vaccine expenditure. The immersion (baths) hyperosmotic method is effective for the group processing and is recommended for the revaccination at transportations, with that is not

inferior to injection forms as to the immunizing power. Earlier, about 20 years ago, VNIRO has developed the inactivated vaccine to be applied for immersions [10,11], actually, it still has not been applied due to above mentioned shortages (labor consuming application, huge substance expenditure) and to the general immaturity, the unreadiness of the Russian aquaculture of that period to carry out such works.

Nowadays multiples studies have established that the abdominal injection is the most effective method of vaccination. Anesthetics and special equipment – manual, semi-automatic and automatic, allows to process the big quantity of fishes within a time unit and to economize the biological substance.

So, the development of prophylactic means by means of creation of vaccine substances from endemic strains is especially actual in nowadays Russia. Authoris have started this work in 2011, within this period strains were selected, several biologic features of vibrios have been studied [8], namely, antigene and virulent ones, necessary for the construction of the vaccine substance [4], were selected adjuvants, forming stable emulsions with the aqueous vibriosis antigen, immunogenic features of obtained biological substances have also been studied [5,6,7,9].

In 2016 were manufactured small vaccine series from the bacterin (for baths), in combination with oil and adsorption adjuvants (for injections), as compari-

son was studied the immunogenicity, the reactogenicity and the safety of obtained biological substances. This article provides results of industrial studies.

Materials and methods

For studies was used the redband trout about 13 cm long (with average weight of 30 g) and 5 cm long (the average weight of 8 g). Works were carried out in the fresh water, in the recirculating aquaculture system (RAS), in glass reinforced plastic tanks, on a commercial farm. During the whole experiment the water temperature was 13-15°C.

Vaccine from vibrios' strains *Listonella (Vibrio) anguillarum* – «ББФ», «Бок07», «АФ3/4» - with earlier described biological features.

Adjuvants: aluminum hydroxide (AH), Montanide ISA 70.

The vaccination was carried out by two methods: injection 0,1 cm³ intra-abdominally under general anesthesia (individual dosage of 1x10⁸mcl) and bathing in the vaccine solution with preliminary hyperosmos (use rate of 5x10⁸m.cl.ml).

The immunogenicity of experimental series of the vaccine was studied in the agglutination reaction.

Results

Studied fishes were divided into four groups: 3 experimental and 2 control ones, kept in the same workshop but not undergoing any manipulations (table1)

Table 1

Scheme of the redband trout vaccination against vibriosis

Type of vaccine	Group №1 Vaccination before bathing (immersion)	Group №2 Vaccination with the injection, aluminum hydroxide (AH) as adjuvant	Group №3 Vaccination with injection, adjuvant MontanideISA 70	Group №4 – control I	Group №5 - control II
Fish size/weight (cm/g)	5/8	13/30	13/30	5/8	13/30
Number (pcs.)	100 000	130 000	120 000	100 000	10000

After vaccination by mentioned methods and within 30 days of the monitoring the morbidity was within the minimal one (single units) in the group №1 to several hundreds of fishes at the day of the vaccination and the next day – in the group №3. This is referred to the fact that fishes tolerate oil adjuvants worse due to the development of the local allergic reaction. Anyway, three days after works the number

of dead fishes did not exceed average normative values for the workshop and was even less – as additional valuation was carried out for the vaccination with the injection – units with deviations from the physiological norm were eliminated (body deflection, absent flotsams, operculums etc., undernourished), as well as which condition did not correspond to its age (Fig.1,2).



Fig.1. Work table for valuation and vaccination



Fig.2. Injection vaccine introduction (intra-abdominal)

Following studies showed the difference in levels of developed agglutinating antibodies (AAL) in comparison with control groups. The maximal level of agglutinating antibodies was observed at the 30-50 day after administration. With that highest ALL values were in the group of fishes, vaccinated by the substance with ISA 70 (group №3), and at the day 10 and 20 were 1:64-1:128, at the day 30-50 – 1:512 – 1:1024. In groups of fishes, immunized with AAL-based vaccine (group №2), the average AAL on the day 10-20 was at the level of 1:64-1:128, at the day 30-50 – 1:512. The level of antibodies was preserved during 9 months of the monitoring.

The immersion immunization provided the good tolerance, safety and simplicity of the procedure. The development of levels of post-vaccination antibodies to the day 20 corresponded to values, as well as with the injection administration – 1:64-1:128, but in the follow-up did not exceed the limit of 1:256. By the month 9 AAL indices were 1:32-1:64.

The insufficient efficacy of the bacterine injection without adjuvant was shown by us, and earlier by many researchers, but the application of most common of nowadays existing options: AH and ISA 70 has got both advantages and shortages.

It was established that the single immunization of the redband trout on ISA 70 basis is a little higher and prevents the death up to 97% of fishes, the AH-based substance - 90%.

Anyway, vaccines, based on oil adjuvants, have got such material shortage as local inflammatory reaction, increasing the fatality of fishes in the initial period of the vaccine application, as well as the formation of the connective tissue between walls of internal organs and the abdomen (fibrine). The black pigment is formed in the place of injection (hemosiderin).

So, the industrial production requires components, combining the highish protection level, but not causing side effects with economic consequences, such as AH.

Acknowledgements

Authors thank AQUALIFE SERVICES LTD (Scotland) and Russian Sea-Aquaculture LLC for the assistance in the vaccination and for young salmonids, provided for works.

REFERENCES:

1. Безгачина Т.В. Проблемы здоровья рыб при культивировании их в садках // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2014. № 12. С. 22-26.
2. Висманис К.О. Профилактика и лечение рыб при аквакультуре // Рыбное хозяйство. 1980., № 2. — С. 37–39.
3. Гулюкин М.И. Анализ эпизоотической ситуации по болезням рыб в России / Гулюкин М.И., Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е., Коломыцев С.А. // Ветеринария. 2011. № 8. С. 3-7.
4. Дрошнев А.Е. Конструирование вакцинного препарата против вибриоза лососевых рыб / Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А. // Труды Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии им. Я.П. Коваленко. 2013. Т. 77. С. 234-238.
5. Дрошнев А.Е. Разработка современного метода защиты здоровья лососевых рыб – вакцины против вибриоза / Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Богданова П.Д., Булина К.Ю. // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 5 (20). С. 408-413.
6. Дрошнев А.Е. Современная вакцинопрофилактика радужной форели против вибриоза / Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Гулюкин М.И., Хлунов О.В. // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2012. № 1. С. 31-33.
7. Дрошнев А.Е. Разработка новых и совершенствование применяемых методов профилактики вибриоза лососевых рыб / Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Хлунов О.В. // В сборнике: Аграрная наука и образование в условиях становления инновационной экономики материалы международной научно-практической конференции. Оренбург, 2012. С. 341-345.
8. Дрошнев А.Е. Видовое разнообразие галофильных вибрионов Белого моря и их эпизоотическая значимость / Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А., Хлунов О.В. // В сборнике: Актуальные проблемы инфекционных болезней молодняка и других возрастных групп сельскохозяйственных животных, рыб и пчел. Международная научно-практическая конференция, посвященная 50-летию со дня основания лаборатории лейкозологии, лаборатории ихтиопатологии и отдела охраны полезной энтомофауны. 2011. С. 78-80.

9. Завьялова Е.А. Специфическая профилактика вибриоза лососевых рыб: необходимость и перспективы / Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е. // В сборнике: Материалы VI Международного ветеринарного конгресса 2016. С. 356-357.

10. Патент на изобретение № 2284830 от 10.10.2006 г. Приоритет от 18.04.2005 г. «Способ получения инактивированной вакцины против вибриоза рыб». РФ Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.— Москва.— С. 6.

11. Патент на изобретение № 2284831 от 10.10.2006 г. Приоритет от 18.04.2005 г. «Инактивированная вакцина против вибриоза рыб». РФ Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.— Москва.— С. 4.

12. Antira R., Gould R. & Amend D. F. *Vibrio anguillarum* vaccination of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) by direct and hyperosmotic immersion// JFD, 1980, 3,161-165

13. Bergman A.M. Die rote Beulenkrankheit des Hals // Ber. Kgl. Bayer. Biolog. Versuch.—München. 1909. — P. 10–54.

14. Egidius E. C. & Andersen K. /Bath-immunization—a practical and non-stressing method of vaccinating sea farmed rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson against vibriosis// JFD, 1979,2.405-410

15. Horne M. T., Tatler M., McDerment S., Agius C. /Vaccination of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, at low temperatures and the long-term persistence of protection// JFD, 1982, 5.343-345

16. Ototake M., Moore J.D., Nakanishi T. /Prolonged Immersion Improves the Effectiveness of Dilute *Vibrio* Vaccine for Rainbow Trout// JFP, 1999, 34(3), 151-154

УДК: 636.52/.58:611:537.632/.636

АРХИТЕКТОНИКА СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА ЭМБРИОНОВ КУР В ОНТОГЕНЕЗЕ

Сулейманов Ф.И.

доктор ветеринарных наук, профессор

Дмитриева О.С.

аспирант

Шутенков А.Г.

кандидат биологических наук, заведующий кафедрой ветеринарии

Окатыев Е.В.

кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки,

Россия.

ARCHITECTONICS OF THE STRUCTURAL ELEMENTS OF THE VISUAL ANALYZER OF EMBRYOS OF HENS IN ONTOGENESIS

Suleimanov I.

doctor of veterinary Sciences, Professor

Dmitrieva O.

graduate student

Shutenkov A.

candidate of biological Sciences, head of Department of veterinary medicine

Okatiev E.

candidate of agricultural Sciences

Of the "Velikolukskaya state agricultural Academy", Velikiye Luki, Russia

Аннотация

В статье представлены предварительные данные по исследованию возрастного развития глазного яблока у эмбрионов кур. Описана архитектоника структурных элементов глаз в антенатальном онтогенезе.

Abstract

The article presents preliminary data on study of age development of the eyeball in embryos of chickens. Described architectonic structural elements of the eye in the antenatal ontogenesis.

Ключевые слова: строение глазного яблока, архитектоника, эмбрионы кур.

Keywords: structure of the eyeball, architectonics, embryos of chickens.

Зрение у птиц играет важную роль и превосходит органы зрения других животных. Глазное яблоко птиц имеет не шаровидную форму, а трубкообразную или бокаловидную. В доступной литературе недостаточно описано развитие органа

зрения у птиц в эмбриональном развитии. Глаз развивается из общего зачатка нервной системы, так называемых глазных пузырей, боковых выступов мозгового пузыря. Нижняя стенка глазного пузыря сближается с верхней и образуется бокал

или вторичный глазной пузырь. Вторичный глазной пузырь несёт обращенное наружу и вниз отверстие. Наружная часть является зрачком. А нижняя в последствии закрывается и называется хориоидальной щелью. Эктодерма головы, прилегающая к пузырю, образует зачаток хрусталика. Передняя стенка пузыря превращается в эпителий хрусталика, а внутренняя стенка является зачатком сетчатой оболочки [2,3].

Склера, сосудистая оболочка и стекловидное тело мезодерматического происхождения. В глазе птиц впереди, между роговицей и хрусталиком, имеется передний отдел или передняя камера, являющаяся (вместе с роговицей, хрусталиком и стекловидным телом) преломляющей средой. Она наполнена прозрачной жидкостью (*humor aqueus*). Задней границей передней камеры является радужная оболочка, ограничивающее отверстие глазного бокала или зрачок. Позади радужки помещается хрусталик, а за ним задняя полость, задний отдел или задняя камера. Внутренние стенки последней образованы сосудистой оболочкой и основным чувствительным элементом глаза — сетчатой оболочкой. В задней камере находится стекловидное тело. С наружной стороны задняя камера покрыта белковой оболочкой или склерой.

Роговица (*cornea*) с наружной стороны покрыта соединительной оболочкой или конъюнктивой (*conjunctiva*, *membrana conjunctiva*), являющейся продолжением внутренней перепонки век. Белковая оболочка, или склера (*sclera*), покрывает у птиц не только бокал, но и латеральную поверхность хрусталика. Внутренняя поверхность склеры прикрыта сосудистой оболочкой (*membrana chorioidea*), богатой кровеносными сосудами и пигментными клетками. В области переднего склеротического кольца сосудистая оболочка образует утолщение, так называемое ресничное тело *corpus ciliare*. От него отходит ряд радиальных отростков которые окружают край хрусталика.

Гребень (*pecten*), представляет собой многослойную пластинку сосудистой оболочки, отходящую от последней недалеко от места вхождения п. *Opticus* и несколько сбоку от последнего. Гребень сильно пигментирован и богат сосудами. Функции гребня мало изучены. Он регулирует внутреннее давление в глазе при аккомодации, играет роль при питании стекловидного тела и сетчатой оболочки, служит для согревания глаза и для увеличения остроты зрительных восприятий.

Стекловидное тело (*corpus vitreum*) абсолютно прозрачно, состоит из фибрилл и студенистой прозрачной массы. Фибриллы являются продуктом выделения клеток сетчатой оболочки, а также задней поверхности хрусталика.

Хрусталик — *lens* или *lens crystalina* — двояковыпуклая, абсолютно бесцветная и прозрачная линза, занимает положение между передней и задней глазной камерой. Форма хрусталика — обычно яйцевидная, нередко — асимметричная. Структура хрусталика — концентрически слоистая.

Радужная оболочка *iris* — кольцевая перегородка, являющаяся продолжением сосудистой обо-

лочка в виде тонкой пластинки соединительной ткани. Задняя ее часть содержит слой черных пигментных клеток, а передняя окрашена различно пигментными тельцами или цветовыми жировыми каплями. В средней части радужки имеется подвижное отверстие — зрачок (*pupilla*), служащий диафрагмой и устраняющий боковые лучи.

Сетчатая оболочка (*retina*) птиц имеет сложное строение. В ней имеются чувствительные клетки, ганглии и проходящие через все слои опорные (мюллеровы или медиальные) клетки. Сетчатая оболочка является бесцветным и лишённым сосудов производным зрительного нерва, занимающих внутреннюю заднюю часть задней камеры глаза.

Придаточные органы глаза составляют веки, мигательная перепонка, мускулатура и железы. В эмбриональном состоянии верхние и нижние веки являются долгое время слитыми и разделяются только незадолго перед выходом из яйца; у многих птенцовых птиц молодые рождаются слепыми.

Глазных желез у птиц две пары. Железы Гардера (*glandulae Harderi*) обычно желтовато-белой окраски, лежат в глазной орбите на верхнем внутреннем крае глазного яблока, связываясь с протоком с внутренним углом глаза. Слезная железа (*glandula lacrimalis*) лежит на верхней наружной поверхности глазного яблока, близ заднего края глаза, и обычно уступает по размерам гардеровым железам (исключение *Galli*).

Мускулатура глазного яблока происходит из передних головных сомитов и состоит из шести мышц: четырех прямых и двух косых [2,3].

Целью нашего исследования является возможность изучить перемещение (архитектоника) структурных элементов глаза у эмбрионов кур в возрастном аспекте. Для исследования мелких объектов, таких как, глаз у эмбрионов кур макроскопические методы не позволяют изучить в них структурные изменения. Такие изменения в глазном яблоке могут быть следствием возрастных архитектурных сдвигов структурных элементов органа. Наши исследования позволили произвести документирование перемещения хрусталика глаза эмбрионов кур с абсорбальной стороны орбиты в ретроальную часть, формирование радужной оболочки, стекловидного тела и др.

Данная цель достигается тем, что орган зрения также как для гистологических срезов фиксируется в 10% растворе формалина, затем полученные тонкие, не более 10 мкм срезы окрашиваются гематоксилином и эозином. Предметные стекла, положенные на белый лист бумаги или миллиметровую бумагу подвергаются микрофотографированию (рис. 1,2,3). Основными условиями к микрофотографированию являются следующие пошаговые операции: 1 — зеркальный цифровой фотоаппарат, который закрепляется на штативе; 2 — объектив максимально приближается к препарату и ставится на режим микрофотографирования; 3 — зуммированием достигается четкость изображения и производится съёмка; 4 — снимки обрабаты-

ваются через любые программы редактирующие фото.

Предлагаемый нами способ позволяет исследовать структурные изменения в глазах у мелких животных и их эмбрионов.

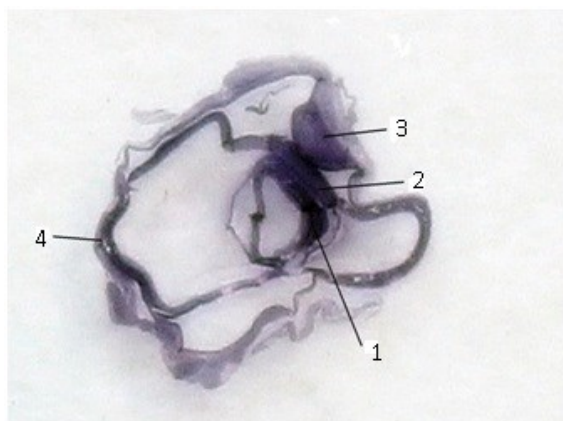


Рис. 1. Глазное яблоко у эмбриона кур на 10 день инкубации.
1- радужная оболочка, 2- ресничное тело, 3- хрусталик, 4 – роговица

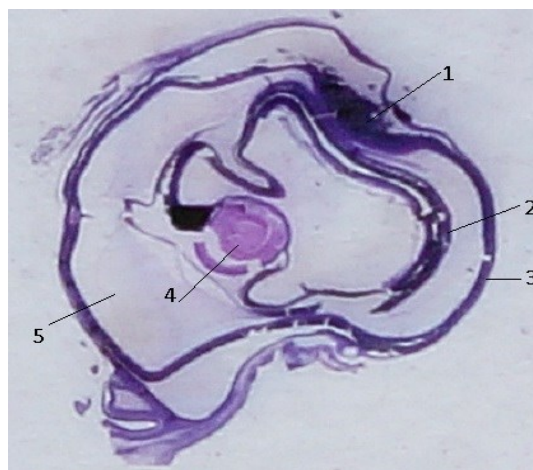


Рис. 2. Глазное яблоко у эмбриона кур на 15 день инкубации.
1-ресничное тело, 2 - радужная оболочка, 3 – роговица, 4 – хрусталик, 5 – стекловидное тело.

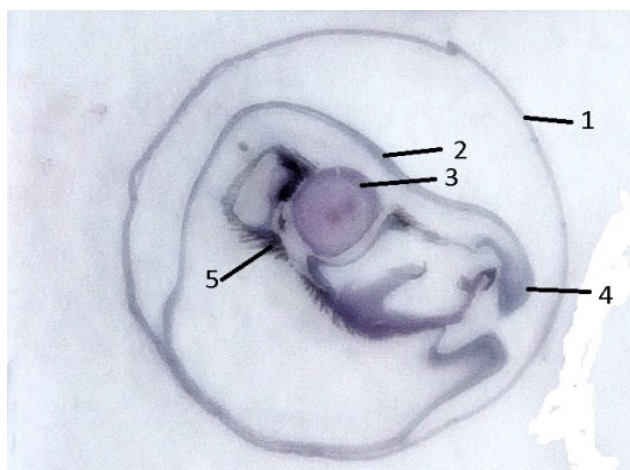


Рис.3. Глазное яблоко у эмбриона кур на 20 день инкубации.
1-склера, 2- сосудистая оболочка, 3 – хрусталик, 4 – радужная оболочка со зрачком, 5 – ресничное тело

Развитие глаз у эмбрионов птиц протекает в темноте; он защищен от преждевременного включения функции. Глазные пузырьки, возникшие как выпячивания промежуточного мозга, превращаются в настоящие пузырьки с пережатием у основа-

ния к 40-45 часам, инкубации. С 50-55 часов, происходит значительное продвижение в развитии глаза. Глазные пузырьки начинают выпячиваться, образуя двухстенную чашу, а полый стебелек, связывающий их с мозгом, становится все более уз-

ким. Внутренний слой глазной чаши (первоначально наружная стенка глазного пузырька) - зачаток сетчатки становится толще, чем наружный, который является зачатком пигментного слоя, радужной оболочки и ресничного тела. Глазная чаша имеет отверстие, обращенное наружу и вниз. Наружная часть становится зрачком, а нижняя, впоследствии закрывающаяся, называется хороидальной, или зародышевой, щелью. Закрытие ее тесно связано с развитием гребня (рис. 1).

Хрусталик возникает отдельно от глазного пузырька в виде утолщения поверхностной эктодермы у 40-часового куриного эмбриона. Затем происходит инвагинация этого утолщения, и у 62-74-часовых эмбрионов хрусталиковый пузырек отделяется от поверхностной эктодермы. Стенки хрусталикового пузырька утолщаются, и полость его исчезает. Клетки хрусталика перестают делиться, удлинняются, ядра в них исчезают и становятся волокновидными [1,4,5].

Хрусталик вылупившегося цыпленка как известно содержит более 500 слоев волокон, а процесс их образования продолжается и после вылупления. У 4-дневного эмбриона верхние края глазной чаши сходятся по бокам хрусталика (рис. 2).

Основной частью глаза, воспринимающей зрительные изображения, является сетчатка. Сетчатая оболочка дневных птиц устроена, очень сложно. У птиц четыре типа фоторецепторов, что позволяет птицам воспринимать ультрафиолетовое свечение (рис. 3).

Также у птиц наблюдается отсутствие кровеносных сосудов сетчатки; но вместо этого в глазу птиц имеется специальная сосудистая структура, выступающая в стекловидное тело - гребень. Также наличие в сетчатке у птиц двух или даже трех ямок (fovea) - участков более острого зрения. Эти участки особенно развиты у хищных птиц. Сетчатка состоит из 11 слоев, одним из которых будут колбочки и палочки. Свет, проходя сквозь роговицу, зрачок, хрусталик, стекловидное тело и сетчатку, отражается от пигментного слоя. К нему направлены отростки зрительных клеток (ядра их расположены в наружном ядерном слое), воспринимающие свет: палочки (черно-белое) и колбочки (цветное изображение). У дневных птиц в сетчатке преобладают колбочки, у ночных - палочки.

У разных видов птиц имеются различия в структуре сетчатки - в основном это различное соотношение палочек и колбочек и положение и глубина ямок, участков острого зрения.

В гистологическом развитии сетчатки куриного эмбриона можно различить три периода:

- размножение клеток со 2-го по 8-й день;
- клеточная перегруппировка с 8-го по 10-й;
- окончательная дифференциация после 10-го дня инкубации.

Зачаточная ресничная мышца появляется на 8-й день в виде пучка миобластов; ее поперечная волосатость впервые видна у 11-дневного эмбрио-

на. Сокращение ресничной мышцы, действуя на склеру, сокращает экваториальный диаметр глазного яблока, увеличивает внутриглазное давление и толкает хрусталик и переднюю часть глаза вперед, для близкого видения. По другой теории, ресничная мышца действует на роговицу, которая косвенно изменяет напряжение связки гребня и изменяет форму хрусталика.

Эпителий роговицы (конъюнктивы) происходит из эктодермы, но подстилающая его часть роговицы происходит из мезенхимы. Роговица осуществляет две функции: грубой фокусировки глаза и защитных очков. Та часть глаза куриного эмбриона, где будет образовываться стекловидное тело, на 4-й день развития состоит из волокнистой сетки неопределенного строения.

Сосудистая оболочка и склера возникают из мезенхимы, которая облекает глазную чашу в течение эмбрионального развития и участвует также в образовании ресничного тела и роговицы. Сосудистая оболочка осуществляет питание глаза. Раннее развитие сосудистой оболочки состоит в конденсации мезенхимы, соприкасающейся с наружным слоем глазной чаши, что заметно уже у 5-дневного эмбриона.

На 7-й день развития куриного эмбриона спереди глазного яблока образуется покровная круговая складка с отверстием в центре, которая превращается в дальнейшем в нижнее и верхнее веки. Внутри нее одновременно образуется полукруглая складка со стороны клюва - мигательная перепонка, или третье веко. У куриного эмбриона веки сомкнуты до 18-го дня инкубации, а у некоторых птенцовых птиц (воробьиные, дятлы, кукушки и др.) веки открываются только через несколько дней после вылупления.

Далее пигментация ткани начинается на 8-й день. Развитие склеры начинается одновременно с сосудистой оболочкой, а на 9-й день уже могут быть различимы в ней ранние белковые косточки [1,4,5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Болотников А.М., Шураков А.И., Федотова Л.Я. О начальных этапах насиживания у воробьиных птиц Камского Предуралья // Сборник статей по птицеводству и орнитологии / Уч. записки ПГПИ. Пермь. — 1968.-Т. 58.-С. 63-70.
2. Вракин В.Ф. Анатомия и гистология домашней птицы// В.Ф. Вракин, М.В. Сидорова./ М.: Колос, 1984. — 288с.
3. Александровская О.В. Цитология, гистология, эмбриология // Александровская О.В. Радостина Т.Н., Козлов Н.А./ М.: Агропромиздат, 1987.- 448с.
4. <http://www.activestudy.info/organ-zreniya-u-embriona-pticy/>
5. <http://www.zoofirma.ru/knigi/zoologija-pozvonochnyh/3539-organy-chuvstv-ptits.html>

VOL.1
№4/2017
Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

James Smith (University of Birmingham, UK)

Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)

Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)

Sander Svein (University of Tromsø, Norway)

Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)

Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)

Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)

Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)

Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)

Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)

Sander Langfjord (University Hospital, Norway)

Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)

Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)

Sofie Olsen (BioFokus, Norway)

Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)

Lutz Jancke (University of Zurich, Switzerland)

Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)

Chan Jiang (Peking University, China)

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>