

ISSN 2224-5227

2013•1

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

## ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



REPORTS OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Бас редактор  
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

ҚР ҰҒА-ның академиктері: **У.Қ. Бішімбаев, З.Д. Дүйсенбеков, Т.И. Есполов, Б.Т. Жұмағұлов, Т.Ә. Қожамқұлов, Т.Ә. Момынов, С.С. Сартаев, Д.Қ. Сүлеев, И.В. Северский**; Әзірбайжан ҰҒА-ның академигі **Керимов М.К.** (Әзірбайжан), Украина ҰҒА-ның академигі **Гончарук В.В.** (Украина), РҒА-ның корреспондент мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей); ҚР ҰҒА-ның корреспондент мүшесі, экономика ғылымдарының докторы, проф. **Ж.М. Әділов**, медицина ғылымдарының докторы, проф. **А.А. Ақанов**, ҚР ҰҒА-ның корреспондент мүшесі, экономика ғылымдарының докторы, проф. **И.Қ. Бейсембетов**, заң ғылымдарының докторы, проф. **Е.А. Оңғарбаев**

## МАЗМҰНЫ

### Математика

*Кулешов Б.Ш.* Жартылай реттелген құрылымдарындағы қисындылық критерийі.....5

### Ядролық физика

*Володин В. Н., Төлеушев Ю. Ж., Жақанбаев Е.А.* Пленкалардағы ниобий мен алюминийдің қатты ерітінділері және аморфтық қоспалары.....9

*Володин В. Н., Төлеушев Ю. Ж., Жақанбаев Е.А.* Ниобийдің станниттері аймағындағы қатты ерітінділер және аморфтық қоспалар.....13

### Механика

*Мартынов Н.И., Рамазанова М.А., Чупрасов А.А.* Сейсмикалық бұралмалы маятниктің, сызықты полярланған тербелістерге жақын, бейсызық мәжбүрлі тербелістері.....17

*Мартынов Н.И., Рамазанова М.А., Чупрасов А.А.* Сейсмикалық бұралмалы маятниктің сөніп бара жатқан бейсызық еркін тербелістері.....30

*Синчев Б., Уәлиев Г., Жомартов А. А.* Жоғары кластардың арнайы тетіктері кинематикасының талдауы.....38

*Уәлиев Г., Жомартов А. А.* СТБ тоқыма машинасындағы жіптің үзілуін автоматты түрде жоятын құрылғының циклограммасын оңтайландыру.....44

### Химия

*Агелменев М.Е., Молдахметов З.М., Братухин С.М., Поликарпов В.В., Бектасова Г.С., Ерболатұлы Д.* С60 фуллерен молекулаларының кейбір смектикалық сұйық кристалдардың тәртібіне әсерін зерттеу.....52

### Жер туралы ғылым

*Рогов А.Е., Сабирова Л.Б.* Жерасты ұңғымалы сілтілеуде тақталы сулардың экологиялық сенімділік критерийінің теориясын негіздеу.....58

### Биология

*Хансейітова А.К., Нығматова В.Г., Ходаева А.Ю., Талаева Ш.Ж., Балмұханов Т.С., Айтқожина Н.Ә.* Қазақстан тұрғындары арасында сүт безі ісігі мен *CYP11A1* және *CYP17B1* гендері полиморфизмдері ассоциациясының этникалық ерекшеліктері.....63

*Ким Т.Д., Мұхамедьярова А.С., Агаділова А.Б., Мақашев Е.Е., Макарушко С.Г., Смағұлова З.Ш., Ташенов К.Т.* Экспериментальды гепатит кезіндегі қанның биохимиялық көрсеткіштеріне липой қышқылының әсері.....72

*Керианская О.И.* Биология және ауылшаруашылығы инновациялары үшін бидайды жақсартудың фотосинтетикалық негіздері.....78

### Қоғамдық ғалымдар

*Рақышев Б.Р.* Қазақстандағы халық санының өсуіндегі демографиялық құлдыраулар және қайшылықтар.....93

*Әлжан Қ.Ұ., Нұрмұратов С.Е.* Индустриалды-инновациялық дамудың рухани негіздері.....100

*Дүйшеналиев Ч.Д.* Қырғыз Республикасының экологиялық қауіпсіздік мәнәтіндегі экологиялық білім беру.....109

*Шатманова С.О.* Этникалық мәдениеттегі әлеуметтік жауапкершіліктер және оның дәстүрлері мәселелерінің өзектілігі.....114

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» I ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 3000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18 <http://akademianauk.kz/>

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

Главный редактор  
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

академики НАН РК: **В.К. Бишимбаев, З.Д. Дюсенбеков, Т.И. Есполов, Б.Т. Жумагулов, Т.А. Кожамкулов, Т.А. Муминов, С.С. Сартаев, Д.К. Сулеев, И.В. Северский**; академик НАН Азербайджана **Керимов М. К.** (Азербайжан), академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), член-корреспондент РАН **Величкин В. И.** (Россия); член-корреспондент НАН РК, доктор экономических наук, проф. **Ж.М. Адилов**, доктор медицинских наук, проф. **А.А. Аканов**, член-корреспондент НАН РК, доктор экономических наук, проф. **И.К. Бейсембетов**, доктор юридических наук, проф. **Е.А. Онгарбаев**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Математика</b>	
<i>Кулешов Б.Ш.</i> Критерий связности в частично упорядоченных структурах.....	5
<b>Ядерная физика</b>	
<i>Володин В. Н., Тулеушев Ю. Ж., Жаканбаев Е.А.</i> Твердые растворы и аморфные смеси ниобия и алюминия в пленках.....	9
<i>Володин В. Н., Тулеушев Ю. Ж., Жаканбаев Е.А.</i> Твердые растворы и аморфные смеси в области станидидов ниобия.....	13
<b>Механика</b>	
<i>Мартынов Н.И., Рамазанова М.А., Чупрасов А.А.</i> Вынужденные нелинейные колебания сейсмического крутильного маятника, близкие к линейно поляризованным.....	17
<i>Мартынов Н.И., Рамазанова М.А., Чупрасов А.А.</i> Свободные затухающие нелинейные колебания сейсмического крутильного маятника.....	30
<i>Уалиев Г., Синчев Б., Джомартов А. А.</i> Анализ кинематики специальных механизмов высоких классов.....	38
<i>Уалиев Г., Джомартов А. А.</i> Оптимизация циклограммы устройства автоматической ликвидации обрыва уточной нити на ткацком станке СТБ.....	44
<b>Химия</b>	
<i>Агельменев М.Е., Мулдахметов З.М., Братухин С.М., Поликарпов В.В., Бектасова Г.С., Ерболатулы Д.</i> Изучение влияния молекул фуллеренов C <sub>60</sub> на поведение некоторых смектических жидких кристаллов.....	52
<b>Науки о Земле</b>	
<i>Рогов А.Е., Сабирова Л.Б.</i> К теории обоснования критерия экологической надежности пластовых вод при подземном скважинном выщелачивании.....	58
<b>Биология</b>	
<i>Хансейтова А.К., Нигматова В.Г., Ходаева А.Ю., Талаева Ш.Ж., Балмуханов Т.С., Айтхожина Н.А.</i> Этнические особенности ассоциаций полиморфизмов ГЕНОВ <i>CYP1A1</i> и <i>CYP1B1</i> с раком молочной железы в Казахстане.....	63
<i>Ким Т.Д., Мухамедьярова А.С., Агадилова А.Б., Макашев Е.Е., Макарушко С.Г., Смагулова З.Ш., Таиенов К.Т.</i> Влияние липоевой кислоты на биохимические показатели крови при экспериментальном гепатите.....	72
<i>Кершанская О.И.</i> Фотосинтетические основы улучшения пшеницы для инноваций в биологии и сельском хозяйстве.....	78
<b>Общественные науки</b>	
<i>Ракишев Б.Р.</i> Демографические провалы и перекосы в росте численности населения Казахстана.....	93
<i>Әлжан Қ.Ұ., Нұрмұратов С.Е.</i> Духовные основы индустриально-инновационного развития.....	100
<i>Дүйшеналиев Ч.Д.</i> Экологическое образование в контексте экологической безопасности Кыргызской республики.....	109
<i>Шатманова С.О.</i> Актуальность проблемы социальной ответственности и её традиции в этнической культуре.....	114

## Editor-in-chief

academician of NAS of the RK **M.Zh. Zhurinov**

## Editorial staff:

academicians of NAS of the RK: **V.K. Bishimbaev, Z.D. Duisenbekov, T.I. Espolov, B.T. Zhumagulov, T.A. Kozhamkulov, T.A. Muminov, S.S. Sartayev, D.K. Suleev, I.V. Severskii**; foreign members of the NAS of RK: academician of the NAS of Azerbaijan **Kerimov M. K.**, academician of the NAS of Ukraine **Goncharuk V.V.**, corresponding member of the RAS **Velichkin V.I.**; corresponding member of the NAS of RK, doctor of economic sciences, prof. **Zh.M. Adilov**, doctor of medical sciences, prof. **A.A. Akanov**, corresponding member of the NAS of RK, doctor of economic sciences, prof. **I.K. Beisembetov**, doctor of juridical sciences, prof. **E.A. Ongarbayev**

## CONTENTS

<b>Mathematics</b>	
<i>Kulpeshov B.Sh.</i> Criterion for connectivity in partially ordered structures.....	5
<b>Nuclear physics</b>	
<i>Volodin V. N., Tuleushev B.B., Zhakanbayev E.A.</i> Solid solutions and amorphous mixtures of niobium and aluminum in films.....	9
<i>Volodin V.N., Tuleushev B.B., Zhakanbayev E.A.</i> Solid solutions and amorphous mixtures in area of niobium stannides.....	13
<b>Mechanics</b>	
<i>Martynov N.I., Ramazanova M.A., Chuprassov A.A.</i> Forced nonlinear plane-polarized oscillations of the seismic pendulum.....	17
<i>Martynov N.I., Ramazanova M.A., Chuprassov A.A.</i> Free nonlinear plane- polarized relaxation oscillations of the seismic torsional pendulum.....	30
<i>Sinchev B., Ualiyev G., Jomartov A.A.</i> Analysis of kinematic of the special mechanisms of the high classes.....	38
<i>Sinchev B., Jomartov A.A.</i> Optimization of timing diagram of device for automatic removal of faulty weft of loom STB.....	44
<b>Chemistry</b>	
<i>Agelmenev M.E., Muldakhmetov Z.M., Bratukhin S.M., Polikarpov V.V., Bektasova G.S., Erbolatuly D.</i> The study of the effect of the C60 fullerene molecules on the behavior of some smectic liquid crystals.....	52
<b>Science about the earth</b>	
<i>Rogov A.E., Sabirova L.B.</i> Edge water ecological safety case theory when drillhole isl .....	58
<b>Biology</b>	
<i>Khanseitova A.K., Nigmatova V.G., Khodaeva A.Ju., Talaeva Sh.Zh., Balmukhanov T.S., Aithozhina N.A.</i> Ethnical specificities of the <i>CYP1A1</i> and <i>CYP1B1</i> genes polymorphisms associations with breast cancer in Kazakhstan.....	63
<i>Kim T.D., Muhamedyarova A.S., Agadilova A.B., Makashov E.E., Makarushko S.G., Smagulova Z.Sh., Tashenov K.T.</i> Effect of lipoic acid on biochemical indices of blood in experimental Hepatitis.....	72
<i>Kershanskaya O.I.</i> Photosynthetic basis for wheat crop improvement for innovation in biology and agriculture.....	78
<b>Social studies</b>	
<i>Rakishev B. R.</i> Demographic failures and distortions in growth of population of Kazakhstan.....	93
<i>Alzhan K.U., Nurmuratov S.E.</i> Spiritual Foundations of Industrial and Innovation Development .....	100
<i>Duishenaliev Ch.D.</i> Environmental education in the context of environmental security of the Kyrgyz Republic.....	109
<i>Shanmanova S. O.</i> Urgency of the problem of social responsibility and its tradition in ethnic culture.....	114

УДК 510.67

Б.Ш. КУЛПЕШОВ

(Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан)

## КРИТЕРИЙ СВЯЗНОСТИ В ЧАСТИЧНО УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУРАХ

### Аннотация

В настоящей работе исследуются частично упорядоченные структуры с условием слабой о-минимальности. Получен критерий связности множества реализаций каждого полного 1-типа над основным множеством в частично упорядоченных структурах конечной ширины.

**Ключевые слова:** упорядоченные структуры, критерий связности, множество, о-минимальность.

**Кілт сөздер:** реттелген құрылымдар, қисындылық критерийі, жиынын, о-минималдығы.

**Keywords:** ordered structures, the criterion of connectivity, the set of o-minimality.

Понятие о-минимальности возникло более двадцати лет назад [1] и доказало свою полезность и важность. С тех пор появились многочисленные обобщения о-минимальности, отметим только некоторые из них: слабая о-минимальность [2], [3], квази-о-минимальность [4], [5], циклическая минимальность [6], слабая циклическая минимальность [7], о-стабильность [8], [9]. Первые два понятия относятся к линейно упорядоченным структурам, а следующие два понятия – к циклически упорядоченным структурам, и основная идея этих обобщений состоит в том, что определяемые множества соответствующих моделей предполагаются представимыми в виде булевой комбинации достаточно простых множеств. Понятие о-стабильности (или упорядоченной стабильности) является обобщением о-минимальности несколько в другом русле, а именно в том, что любое сечение имеет малое число расширений до полных 1-типов. Вспомним, что любое сечение в о-минимальной структуре расширяется единственным образом до полного 1-типа [1], а в слабо о-минимальной структуре имеет самое большее два расширения [10].

Естественно попытаться обобщить понятие о-минимальности на частично упорядоченные структуры, что и было сделано первоначально в работе [11]. Структура вида  $\langle M, =, <, \dots \rangle$ , где  $\langle M, < \rangle$  – частично упорядоченное множество, называется *частично упорядоченной структурой*. В каждой частично упорядоченной структуре, не являющейся линейно упорядоченной, появляется отношение несравнимости элементов  $\diamond$ , т.е.

$$x \diamond y := \neg(x = y) \wedge \neg(x < y) \wedge \neg(x > y).$$

Любое семейство попарно несравнимых элементов частично упорядоченной структуры называется *антицепью*. Множество  $A \subseteq M$  называется *выпуклым*, если для любых  $a, b \in A$  и  $c \in M$  условие  $a < c < b$  влечет  $c \in A$ . Выпуклыми являются, в частности, точки и интервалы, определяемые обычным образом:

$$(a, b) = \{x \in M: a < x < b\},$$

$[a, b]$ ,  $[a, b]$ ,  $(a, \infty)$ ,  $(-\infty, b]$ , где  $a, b \in M$ . Очевидно, что антицепи также являются выпуклыми множествами.

*Слабо частично о-минимальной* (или *слабо р.о-минимальной*) структурой называется частично упорядоченная структура  $M = \langle M, =, <, \dots \rangle$  такая, что любое определяемое (с параметрами)

подмножество структуры  $M$  является объединением конечного числа выпуклых множеств в  $M$ . Теорию  $T$  назовем *слабо частично о-минимальной*, если такова каждая ее модель.

В настоящей статье мы обсуждаем некоторые свойства слабо частично о-минимальных структур как находящиеся в контрасте со слабо о-минимальными структурами, так и совпадающие с ними. Например, мы можем построить слабо частично о-минимальную структуру, в которой имеется сечение, расширяющееся до любого конечного или бесконечного числа полных 1-типов, или слабо частично о-минимальную структуру, в которой алгебраическое замыкание подмножества структуры не совпадает с его определимым замыканием, и т.д.

**Факт 1.** Пусть  $M = \langle M, \Sigma \rangle$  – слабо частично о-минимальная структура. Тогда любая параметрически определимая линейно упорядоченная подструктура  $M' = \langle M', \Sigma \rangle$  структуры  $M$  является слабо о-минимальной структурой.

Множество  $A \subseteq M$ , где  $M$  – частично упорядоченная структура, назовем *связным*, если  $A$  выпукло и для любых элементов  $a, b \in A \neg(a \diamond b)$ . Ранее в слабо о-минимальном случае [10] было показано, что множество реализаций любого полного 1-типа над множеством является выпуклым (которое является связным в частично упорядоченной постановке). В слабо частично о-минимальном случае это свойство не выполняется.

**Пример 2.** Пусть  $M = \langle M, =, < \rangle$  – частично упорядоченная структура, где  $M = D_1 \cup D_2 \cup A$ ,  $D_i$  есть копия  $\omega^* + \omega + Q + \omega^* + \omega$  для каждого  $1 \leq i \leq 2$ ,  $A$  есть копия  $Q$ ,  $D_1 \diamond D_2$ ,  $A < D_i$  для каждого  $1 \leq i \leq 2$ .

Можно доказать, что структура  $M$  является слабо частично о-минимальной. Очевидно, что она имеет ширину 2. Рассмотрим следующие формулы:

$$\begin{aligned} \psi(x) &:= \forall z_1 \forall z_2 (z_1 < x < z_2 \rightarrow \exists t_1 \exists t_2 (z_1 < t_1 < x < t_2 < z_2)) \\ \phi(x) &:= \exists y (y < x \wedge \psi(y)) \end{aligned}$$

Пусть  $p(x) := \{x > a \mid a \in A\} \cup \{\psi(x)\} \cup \{\phi(x)\}$ . Очевидно, что  $p$  определяет тип над  $A$ , т.е.  $p \in S_1(A)$ . Нетрудно понять, что  $p(M)$  является объединением двух связных множеств.

**Пример 3.** Пусть  $M = \langle M, =, < \rangle$  – частично упорядоченная структура, где  $M = \bigcup_{i < \omega} D_i \cup A$ ,  $D_i$  есть копия  $\omega^* + \omega + Q + \omega^* + \omega$  для каждого  $i < \omega$ ,  $A$  есть копия  $Q$ ,  $D_i \diamond D_j$  для любых  $i, j: i \neq j$ ,  $A < D_i$  для каждого  $i < \omega$ .

Можно доказать, что структура  $M$  является слабо частично о-минимальной. Очевидно, что она имеет бесконечную ширину. Рассматривая в качестве  $\psi(x), \phi(x)$  и  $p$  те же самые формулы и тип как в примере 2, мы видим, что  $p(M)$  является объединением бесконечного числа связных множеств.

Пусть  $q(x) := \{x \diamond c \mid c \in M\} \cup \{\psi(x)\} \cup \{\phi(x)\}$ . Очевидно, что  $q$  определяет тип над  $M$ , т.е.  $q \in S_1(M)$ . Очевидно, что для каждого  $n < \omega$  существует элементарное расширение  $N$  структуры  $M$  такое, что  $q(N)$  является объединением  $n$  связных множеств; а также существует элементарное расширение структуры  $M$ , в котором множество реализаций типа  $q$  является объединением бесконечного числа связных множеств.

**Теорема 4.** Пусть  $M$  – частично упорядоченная структура конечной ширины. Тогда следующие условия эквивалентны:

(1)  $M$  слабо частично о-минимальна.

(2) Множество реализаций каждого полного 1-типа над  $M$  является связным в любом элементарном расширении структуры  $M$ .

*Доказательство Теоремы 4.* (1)  $\Rightarrow$  (2). Пусть  $M$  – слабо частично о-минимальна. Рассмотрим произвольную  $M$ -определимую формулу  $\phi(x)$ . В силу слабой частичной о-минимальности  $\phi(M)$  есть объединение конечного числа выпуклых множеств, каждое из которых является определимым над  $M$ . Действительно, в силу того, что  $M$  имеет конечную ширину, существует  $M$ -определимая формула  $\phi'(x)$  такая, что  $\phi'(M) = \phi(M)$  и  $\phi'(M)$  есть объединение конечного числа связных  $M$ -

определимых множеств:  $\phi'(x) \equiv \bigvee_{i=1}^k \phi'_i(x)$ ,  $\phi'_i(M)$  связно для каждого  $i \leq k$ ,  $\phi'_i(M) \cap \phi'_j(M) = \emptyset$  для любых  $i, j: i \neq j$ .

Пусть  $p$  – произвольный 1-тип над  $M$ . Очевидно, что  $\phi'(x) \in p \Leftrightarrow$  существует единственный номер  $i \in \{1, \dots, k\}$  такой, что  $\phi'_i(x) \in p$ . Также ясно, что  $\phi'_i(x)$  – связная формула тогда и только тогда, когда

$$M \models \forall x \forall y [\phi'_i(x) \wedge \phi'_i(y) \rightarrow \neg(x \diamond y) \wedge (x < y \rightarrow \forall t(x < t < y \rightarrow \phi'_i(t)))]$$

т.е. это свойство является элементарным и поэтому имеет место в любом элементарном расширении структуры  $M$ . Откуда имеем, что  $p(N)$  связно в любом элементарном расширении  $N$  структуры  $M$ .

(2)  $\Rightarrow$  (1). Допустим противное:  $M$  не слабо частично о-минимальна. Следовательно, существует  $M$ -определимая формула  $\phi(x)$  такая, что  $\phi(M)$  есть объединение бесконечного числа выпуклых множеств. Так как  $M$  имеет конечную ширину, то существует бесконечное линейно упорядоченное множество  $M' \subset M$  такое, что  $\phi(M')$  есть объединение бесконечного числа выпуклых множеств. Тогда  $M'$  не является слабо о-минимальной структурой, противоречия Теореме 3.1 [10].  $\square$

В слабо о-минимальном случае алгебраическое замыкание любого подмножества структуры совпадает с его определимым замыканием. Однако в слабо частично о-минимальном случае это свойство также не выполняется.

**Пример 5.** Пусть  $M = \langle M, =, < \rangle$  – частично упорядоченная структура, где  $M$  есть непересекающееся объединение  $Q_0, \{a\}, N_1$  и  $N_2$ ,  $Q_0$  имеет тип  $Q$ ,  $N_1$  и  $N_2$  имеют тип  $\omega$ , причем  $Q_0 < a < N_1, Q_0 < a < N_2, N_1 \diamond N_2$ .

Можно доказать, что структура  $M$  является слабо частично о-минимальной. Рассмотрим следующую формулу:

$$\phi(x) := \forall y [y < x \rightarrow \exists z (y < z < x)] \wedge \exists t [t > x \wedge \forall u (t \geq u \geq x \rightarrow u = t \vee u = x)]$$

Очевидно, что  $M \models \phi(a) \wedge \exists! x \phi(x)$ , т.е.  $a \in dcl(\emptyset)$ . Рассмотрим для каждого  $n < \omega$  следующую формулу:

$$D_n(x, a) := x > a \wedge \exists x_1 \dots \exists x_n (\bigwedge_{i=1}^n (x > x_i > a) \wedge \bigwedge_{i \neq j} (x_i \neq x_j) \wedge \forall y (x > y > a \rightarrow \bigvee_{i=1}^n y = x_i))$$

Очевидно, что для каждого  $n < \omega$  существуют  $b_1^n \in N_1, b_2^n \in N_2$  такие, что

$$M \models D_n(b_1^n, a) \wedge D_n(b_2^n, a),$$

т.е.  $b_1^n, b_2^n \in acl(\emptyset)$ . Очевидно, что не существует  $\emptyset$ -определимой формулы, различающей эти элементы, т.е.  $b_1^n, b_2^n \notin dcl(\emptyset)$ , откуда алгебраическое замыкание пустого множества не совпадает с его определимым замыканием.

**Пример 6.** Пусть  $M = \langle M, =, <, f^1 \rangle$  – частично упорядоченная структура, где  $M$  есть непересекающееся объединение  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$ , где  $Q_i$  имеет тип  $Q$  для каждого  $1 \leq i \leq 3$ ,  $Q_i \diamond Q_j$  для любых  $i \neq j$ . Функция  $f$  – отображение  $Q_1 \cup Q_2$  на  $Q_3$ , сохраняющее порядок, причем  $f$  биективно отображает  $Q_i$  на  $Q_3$  для каждого  $1 \leq i \leq 2$ .

Также можно доказать, что структура  $M$  является слабо частично о-минимальной. Нетрудно понять, что  $acl(\emptyset) = dcl(\emptyset)$ , но для любого элемента  $a \in Q_3$   $acl(a) \neq dcl(a)$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1 A. Pillay and Ch. Steinhorn, Definable sets in ordered structures I, Transactions of the American Mathematical Society, 1986, volume 295, number 2, pp. 565-592.

2 M. Dickmann, Elimination of quantifiers for ordered valuation rings, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Easter Conference on Model Theory, Berlin: Humboldt University, 1985, pp. 64-88.

3 H.D. Macpherson, D. Marker and Ch. Steinhorn, Weakly o-minimal structures and real closed fields, Transactions of the American Mathematical Society, 2000, volume 352, number 12, pp. 5435-5483.

- 4 O. Belegradek, Ya. Petersil and F. Wagner, Quasi-o-minimal structures, The Journal of Symbolic Logic, 2000, volume 65, number 3, pp. 1115-1132.
- 5 O. Belegradek, V. Verbovskiy and F. Wagner, Coset-minimal groups, The Annals of Pure and Applied Logic, 2003, volume 121, number 2, pp. 113-143.
- 6 H.D. Macpherson and Ch. Steinhorn, On variants of o-minimality, The Annals of Pure and Applied Logic, 1996, volume 79, number 2, pp. 165-209.
- 7 B.Sh. Kulpeshov and H.D. Macpherson, Minimality conditions on circularly ordered structures, Mathematical Logic Quarterly, 2005, volume 51, issue 4, pp. 377-399.
- 8 Вербовский В.В., Упорядоченно стабильные группы, Математические труды, 2010, том 13, № 2, С. 84-127.
- 9 Байжанов Б.С., Вербовский В.В., Упорядоченно стабильные теории, Алгебра и Логика, том 50, № 3, С. 303-325.
- 10 B.Sh. Kulpeshov, Weakly o-minimal structures and some their properties, The Journal of Symbolic Logic, 1998, volume 63, number 4, pp. 1511-1528.
- 11 Кудайбергенов К.Ж., Обобщение о-минимальности на частичные порядки, Математические труды, 2012, том 15, номер 1, С. 86-108.

## REFERENCES

- 1 A. Pillay and Ch. Steinhorn, Definable sets in ordered structures I, Transactions of the American Mathematical Society, 1986, volume 295, number 2, pp. 565-592.
- 2 M. Dickmann, Elimination of quantifiers for ordered valuation rings, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Easter Conference on Model Theory, Berlin: Humboldt University, 1985, pp. 64-88.
- 3 H.D. Macpherson, D. Marker and Ch. Steinhorn, Weakly o-minimal structures and real closed fields, Transactions of the American Mathematical Society, 2000, volume 352, number 12, pp. 5435-5483.
- 4 O. Belegradek, Ya. Petersil and F. Wagner, Quasi-o-minimal structures, The Journal of Symbolic Logic, 2000, volume 65, number 3, pp. 1115-1132.
- 5 O. Belegradek, V. Verbovskiy and F. Wagner, Coset-minimal groups, The Annals of Pure and Applied Logic, 2003, volume 121, number 2, pp. 113-143.
- 6 H.D. Macpherson and Ch. Steinhorn, On variants of o-minimality, The Annals of Pure and Applied Logic, 1996, volume 79, number 2, pp. 165-209.
- 7 B.Sh. Kulpeshov and H.D. Macpherson, Minimality conditions on circularly ordered structures, Mathematical Logic Quarterly, 2005, volume 51, issue 4, pp. 377-399.
- 8 Verbovskiy V.V., Ranked stable groups, Math Works, 2010, Volume 13, № 2, pp. 84-127.
- 9 Bayzhanov B.S., Verbovskiy V.V., Ranked stable theories, Algebra and Logic, Volume 50, № 3, pp. 303-325.
- 10 B.Sh. Kulpeshov, Weakly o-minimal structures and some their properties, The Journal of Symbolic Logic, 1998, volume 63, number 4, pp. 1511-1528.
- 11 Kudaibergenov K.Zh., Synthesis of o-minimality for partial orders, Math Works, 2012, Volume 15, Number 1, pp. 86-108

## Резюме

*Б.Ш. Күлпешов*

(Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан)

## ЖАРТЫЛАЙ РЕТТЕЛГЕН ҚҰРЫЛЫМДАРЫНДАҒЫ ҚИСЫНДЫЛЫҚ КРИТЕРИЙІ

Босаң о-минималдық шарты бар жартылай реттелген құрылымдар зерттелген. Шекті ені жартылай реттелген құрылымдарында негізгі жиынмен анықталатын кез келген толық 1-түрдің орындалуы жиынның қисындылық критерийі табылды.

**Кілт сөздер:** реттелген құрылымдар, қисындылық критерийі, жиынын, о-минималдығы.

## Summary

*B.Sh. Kulpeshov*

(International university of information technologies, Almaty, Kazakhstan)

## CRITERION FOR CONNECTIVITY IN PARTIALLY ORDERED STRUCTURES

In the present work partially ordered structures with the condition of weak o-minimality are studied. A criterion for connectivity of the set of realizations of every complete 1-type over the universe in partially ordered structures of finite width has been obtained.

**Keywords:** ordered structures, the criterion of connectivity, the set of o-minimality.

Поступила 12.02.2013 г

УДК 539.216.2:546.882'621

*В.Н. ВОЛОДИН, Ю.Ж. ТУЛЕУШЕВ, Е.А. ЖАКАНБАЕВ*

(Институт ядерной физики, г. Алматы)

## ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ И АМОРФНЫЕ СМЕСИ НИОБИЯ И АЛЮМИНИЯ В ПЛЕНКАХ

### Аннотация

Установлено существование стабильных твердых растворов и аморфных смесей в двойной системе ниобий-алюминий, сформированной соосаждением ультрадисперсных частиц металлов, в области интерметаллических соединений равновесной диаграммы состояния. Твердые растворы существуют до концентрации 35 ат.% Al температурная граница изменяется с 770 до 700°C. Область существования аморфных смесей ниобий-алюминий простирается до 57-58 ат. % Al, температурная устойчивость системы при этом понижается до 230°C.

**Ключевые слова:** твердые растворы, аморфные смеси, соосаждение, интерметаллические соединения.

**Кілт сөздер:** қатты ерітінділер, аморфтық қоспалар, қондырулар, интерметалдық қосылыстар.

**Keywords:** solid solutions, amorphous mixtures, coprecipitation, intermetallic compounds.

Данные по исследованию системы Nb-Al приведены в [1,2]. В [2] готовили сплавы из особочистых элементов трех- или четырехкратным плавлением в индукционной печи. Период объемно-центрированной кубической решетки твердого раствора алюминия в ниобии изменяется от  $a = 0,3305$  нм у чистого ниобия до  $a = 0,3276 \pm 0,0003$  нм для сплава, содержащего 21 ат. % алюминия. Растворимость алюминия в ниобии при комнатной температуре составляет 9 ат. %.

Методика получения пленочных образцов системы ниобий-алюминий с использованием размерного фактора заключалась в следующем. Пленочные покрытия формировали соосаждением распыленных в плазме низкого давления ультрадисперсных частиц субнанометрового размера. Соотношение осажденных компонентов контролировали весовым способом – по количеству распыленного и осажденного металла во время формирования покрытия. Точность определения концентрации компонентов составляла 0.2%. Сформировано 16 составов покрытий в интервале концентраций 9,0-63,2 ат. % Al.

Для изучения температурной стабильности все образцы покрытий подвергали последовательному изохронному отжигу в вакуумной печи при давлении  $1 \times 10^{-4}$ - $1 \times 10^{-2}$  Па в течение 1 часа при каждом шаге. Образцы покрытий системы ниобий-алюминий отжигали от температуры 250°C до 900°C с шагом 50°C и охлаждением после каждого нагрева с определением параметров решетки в каждом случае. Поддержание температуры отжига осуществляли с точностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Структурные исследования выполнены на рентгеновских дифрактометрах с кобальтовым ( $\lambda_{\text{CoK}\alpha} = 0.179021$  нм) и медным излучением ( $\lambda_{\text{CuK}\alpha} = 0.154178$  нм) с графитовыми монохроматорами. Параметры решетки определены как среднее арифметическое параметров по отдельным рефлексам.

Рентгеновской дифрактометрией установлено, что до концентрации ~35 ат. % Al полученные покрытия представлены твердыми растворами (ТР) алюминия в ниобии, более указанного – аморфными системами (АС).

Изменение параметра решетки исходных ТР отображено на рис. 1.

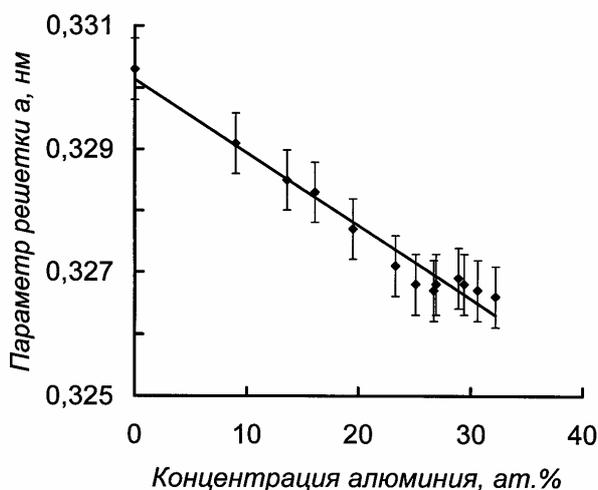


Рисунок 1 – Зависимость параметра решетки ТР от концентрации алюминия

Происходит уменьшение параметра решетки ТР от  $0,3303 \pm 0,0004$  нм у ниобия до  $0,3266 \pm 0,0012$  нм у раствора ниобий-алюминий (32,2 ат. %). Изменение параметра решетки ТР алюминия в ниобии до 19 ат.% совпадает со справочными данными [3]. Установленный факт уменьшения параметра решетки ТР при увеличении концентрации алюминия находится в соответствии с известным положением о влиянии атомных размеров примеси на величину параметра решетки ТР [4].

Исследования по циклической термообработке полученных образцов ТР показали, что, несмотря на существенно более высокую концентрацию второго металла, чем это следует из фазовой диаграммы данной системы [78], она является термически устойчивой до температурного порога начала реакции образования интерметаллических фаз.

В образце ТР с концентрацией алюминия 9 ат.% после 14 циклов нагрева с максимальной температурой  $900^{\circ}\text{C}$  не установлено наличия фазового перехода ТР – интерметаллид. Зафиксированная при температуре  $750^{\circ}\text{C}$  для интервала концентраций алюминия 13-26 ат.% граница устойчивости ТР снижается далее до  $650^{\circ}\text{C}$  при увеличении концентрации алюминия до 32 ат. %. Термическая стабильность ТР алюминия в ниобии также подтверждена на образце с концентрацией 19,5 ат.% алюминия при изотермической выдержке в течение 100 часов при  $500^{\circ}\text{C}$ .

При превышении содержания алюминия в ниобии получены аморфные в рентгеновском отношении покрытия, исследование которых не являлось целью в настоящей работе.

При исследовании подвергшихся отжигу образцов системы Nb-Al с различным содержанием алюминия на медной фольге обнаружены некоторые особенности. При проведении отжига напыленных составов с содержанием алюминия от 23 до 45 ат.% выявлен синтез интерметаллида на подложках из  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при  $600^{\circ}\text{C}$  для аморфного образца и при  $750^{\circ}\text{C}$  для пленки твердого раствора и отсутствие такового на подложках из меди даже в области сильного пересыщения первичного раствора алюминием. При этом отмечено наличие диффузии алюминия из пленки в медную ленту, что удалось устранить формированием на медной подложке буферного покрытия из последовательно нанесенных слоев титана и нитрида титана.

Исходная система, содержащая 37,3 ат.% Al на медной подложке с буферным слоем, представлена аморфной фазой ниобий-алюминий. Начало образования интерметаллида  $\text{Nb}_3\text{Al}$ , эпитаксиально растущего на фазе TiN, отмечено при  $500^{\circ}\text{C}$ .

Аморфизованный твердый раствор является предельной формой существования ТР. Общеизвестно, что эпитаксиальная кристаллизация протекает при совпадении параметров решеток затравки и кристаллизующего вещества из ТР. При создании буферного слоя из нитрида титана магнетронным способом пленка TiN растет таким образом, что на ее поверхность выходят текстурированные зерна в направлении  $\{111\}$  и  $\{200\}$ .

Именно на системе плоскостей (200) нитрида титана начинают расти плоскости (211) фазы  $\text{Nb}_3\text{Al}$ , у которых  $(d_{200})_{\text{TiN}} = (d_{211})_{\text{Nb}_3\text{Al}}$ . Затем на этих затравках фазы  $\text{Nb}_3\text{Al}$  развивается хорошо

окристаллизованный слой алюминиды  $Nb_3Al$ , с параметром решетки в интервале табличных параметров соединения. Таким образом, эпитаксиальный механизм роста фазы  $Nb_3Al$  на нитриде титана снижает на  $100^\circ$  температурный порог фазообразования.

Из изложенного следует, что в полученных совместным осаждением ультрадисперсных частиц ниобия и алюминия пленочных образцах в интервале концентраций 22-37,3 ат.% Al на медных ленточных подложках с буферным слоем из нитрида титана синтез интерметаллического соединения  $Nb_3Al$  со структурным типом A15, пространственной группой  $Rm\bar{3}m$ , параметром решетки  $a_{cp} = 0,5176 \pm 0,0014$  нм, типом решетки  $Cr_3Si$  происходит при температурах, начиная с  $500^\circ C$ , что на  $300^\circ$  ниже, чем в работах [1,2].

Проведенные термообработки образцов системы ниобий-алюминий позволили приближенно ограничить области существования ТР и аморфных смесей по концентрации и температуре (рис. 2) на равновесной диаграмме состояния [3,5], полученной традиционным плавлением металлов.

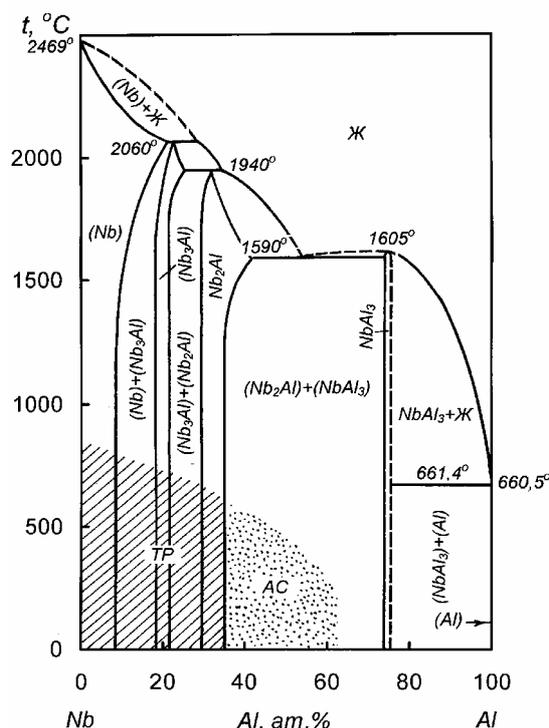


Рисунок 2 – Фазовая диаграмма ниобий-алюминий:  
ТР-твердые растворы; АС – аморфные смеси

Таким образом, показано несоответствие известным фазовым диаграммам области существования твердых растворов алюминия в ниобии, полученных соосаждением ультрадисперсных частиц субнанометрового размера. Отмечено значительное увеличение по концентрации областей существования твердых растворов и наличие аморфных в рентгеновском отношении смесей. Установлено понижение термического порога инициирования реакции синтеза интерметаллида  $Nb_3Al$  со структурным типом A15 на  $300^\circ C$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Driole J., Allibert C., Bonnier E. Elektromagnetische Induktion – ein Mittel zur Untersuchung von Phasengleichgewichtsdiagrammen // Metall. 1979. Bd. 33, № 5. S. 471-474.
- 2 Jorda J.L., Flükiger R., Müller J. A new metallurgical investigation of niobium-aluminium sistem // J. Less-Common Metals. 1980. V.75, № 2. P. 227-239.
- 3 Барабаш О.М., Коваль Ю.Н. Структура и свойства металлов и сплавов. Справочник.-Киев: Наукова Думка, 1986. 598 с.
- 4 Кан Р.У., Хаазен П. Физическое металловедение.- М. Металлургия, 1987. Т. 1. 639 с.; Т. 2.- 623 с.
- 5 Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. Лякишева Н.П., М.: Машиностроение. 2001. Т.3. Кн.1. 872с.

## REFERENCES

- 1 Driole J., Allibert C., Bonnier E. Elektromagnetische Induktion – ein Mittel zur Untersuchung von Phasengleichgewichtsdiagrammen // Metall. 1979. Bd. 33, № 5. S. 471-474.
- 2 Jorda J.L., Flükiger R., Müller J. A new metallurgical investigation of niobium-aluminium sistem // J. Less-Common Metals. 1980. V.75, № 2. P. 227-239.
- 3 Barabash O.M., Koval Yu.N. The structure and properties of metals and alloys. Spravochnik., Naukova Dumka, 1986. p. 598.
- 4 Kan R.U., Haazen P. Physical Metallurgy. - M. Metallurgy, 1987. T. 1. p. 639., T. 2. p.- 623.
- 5 Diagrams of binary metallic systems. Ed. Lyakisheva N.P., Mashinostroenie. 2001. V.3. Book 1. p.872.

## Резюме

*V.N. Volodin, Yu.Zh. Tuleushev, E.A. Zhakanbayev*

(Ядролық физика институты, Алматы қ.)

### ПЛЕНКАЛАРДАҒЫ НИОБИЙ МЕН АЛЮМИНИЙДІҢ ҚАТТЫ ЕРІТІНДІЛЕРІ ЖӘНЕ АМОΡФТЫҚ ҚОСПАЛАРЫ

Тепе-теңдік диаграмма күйінің металаралық қосылыстары аймағында металдардың ультрадисперстік бөлшектерін қондыруымен қалыптасқан, ниобий-алюминий қосарлы жүйесінде тұрақты қатты ерітінділер мен аморфтық қоспалардың болуы анықталған. Қатты ерітінділер 35 ат.% Al концентрацияға дейін болады, температуралық шекарасы 770 бастап 700°C дейін өзгереді. Ниобий-алюминийдің аморфтық қоспаларының болу аймағы 57-58 ат % Al дейін созылады, бұл жағдайда жүйенің температуралық тұрақтылығы 230 °C дейін төмендейді.

**Кілт сөздер:** қатты ерітінділер, аморфтық қоспалар, қондырулар, интерметалдық қосылыстар.

## Summary

*V.N. Volodin, Yu.Zh. Tuleushev, E.A. Zhakanbayev*

(Institute of nuclear physics, Almaty)

### FIRM SOLUTIONS AND AMORPHOUS MIXES NIOBIUM AND ALUMINIUM IN FILMS

The presence of stable solid solutions and amorphous mixtures in the binary niobium-aluminum system, formed by co-precipitation of ultrafine particles of metals, was established in the area of intermetallic compounds of the equilibrium diagram. The solid solutions exist to the concentration 35 at. % Al, the temperature limit changes from 770 to 700 °C. The area of amorphous niobium-aluminum mixtures presence extends up to 57-58 at.% Al, the temperature stability of the system in this case is reduced to 230 °C.

**Keywords:** solid solutions, amorphous mixtures, coprecipitation, intermetallic compounds

*Поступила 07.01.2013 г.*

УДК 539.216.2:546.882'811

*ВОЛОДИН В.Н., ТУЛЕУШЕВ Ю.Ж., ЖАКАНБАЕВ Е.А.*

(Институт ядерной физики, г. Алматы)

## ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ И АМОРФНЫЕ СМЕСИ В ОБЛАСТИ СТАННИДОВ НИОБИЯ

### Аннотация

Установлено существование стабильных твердых растворов и аморфных смесей в двойной системе ниобий-олово в области интерметаллических соединений равновесной диаграммы состояния. Твердые растворы существуют до концентрации 26 ат.% Sn, температурная граница изменяется с 650 до 400°C. Область существования аморфных смесей ниобий-олово простирается до 52-53 ат. % Sn, температурная устойчивость системы при этом понижается до 180°C.

**Ключевые слова:** растворы аморфные, смеси интерметаллические, диаграммы, температура.

**Кілт сөздер:** ерітінділер, аморфтық қоспалар, інтеметалдық, диаграммалар, температура.

**Keywords:** solutions amorphous intermetallic mixture, charts, temperature.

Принято считать, что фазовые диаграммы двойных систем определяются только физико-химическими свойствами входящих в них компонент, а область существования фазы на диаграмме не зависит от последовательности превращений при ее образовании. Традиционное построение подобных диаграмм предполагает отслеживание изменения температуры при постоянной скорости нагрева или охлаждения образцов, смешение компонент в которых происходит при температурах выше порога активации возможных необратимых реакций. Ответить в этом случае на вопрос о фактической растворимости компонент – то есть определить область существования твердых растворов - при этом не представляется возможным, поскольку возможные реакции, например, образования интерметаллических соединений, уже произошли необратимым образом. Однако вопрос о существовании твердых растворов в области составов, соответствующих области гомогенности интерметаллидов, представляется важным как в научном, так и техническом плане.

В последнее время появился ряд работ, в которых с помощью метода механического сплавления (МС) в металлических системах [1] возможно образование аморфных фаз и пересыщенных твердых растворов, которые рассматриваются как метастабильные состояния.

Соосаждение плазменно-распыленных ультрадисперсных частиц металлов позволяет произвести смешение компонент значительно ниже температурного порога реакции образования соединений. В связи с этим выполнены исследования, имеющие целью определение возможности существования упомянутых твердых растворов (ТР), наличия предполагаемых температурной и концентрационной границ их устойчивости. В качестве объекта исследования выбрана хорошо изученная система Nb-Sn, имеющая большой теоретический интерес и прикладное значение в области сверхпроводников.

Методика приготовления образцов изложена авторами в работах [2,3]. При этом учтен рост пленки по островковому механизму, что обеспечивает перемешивание исходных компонент бездиффузионным методом. В экспериментах использованы ниобий, содержащий 99,95 мас.% основного элемента и олово – 99,99 мас. %. Изготовлены 10 пленочных образцов системы Nb-Sn в интервале концентраций 5,0-56,7 ат.% Sn.

Для изучения температурной стабильности ТР образцы покрытий подвергали изохронному отжигу в вакуумной печи при давлении  $1 \times 10^{-4}$ - $1 \times 10^{-2}$  Па в течение 1 часа при каждом температурном шаге в пределах интервала существования твердых растворов до

**фазового перехода ТР в интерметаллическое соединение. Поддержание температуры осуществляли с точностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ .**

Структурные исследования выполнены на рентгеновском дифрактометре с кобальтовым излучением ( $\lambda_{\text{ко}} = 0,179021$  нм) и графитовым монохроматором.

При одновременном сосаждении ультрадисперсных частиц ниобия и олова получены ТР на основе ниобия с концентрациями олова, значительно превышающими предел растворимости на существующих фазовых диаграммах (табл. 1).

Таблица 1 – Параметр решетки ( $a$ ) ТР с изменением концентрации олова

Sn, ат.%	0	5,0	7,3
$a$ , нм	$0,3303 \pm 0,0004$	$0,3315 \pm 0,0004$	$0,3319 \pm 0,0004$
Sn, ат.%	12,7	19,3	25,5
$a$ , нм	$0,3329 \pm 0,0005$	$0,3340 \pm 0,0005$	$0,3352 \pm 0,0006$

Параметр решетки ниобия монотонно изменяется от  $0,3303 \pm 0,0004$  нм у чистого ниобия до  $0,3352 \pm 0,0006$  нм при 25,5 ат. % Sn. Полученные растворы превышают предельно достижимую по методу кристаллизации из сплава концентрацию Sn в 14 раз.

Превышение концентрации Sn в ниобии более 26 ат. % переводит систему в аморфное состояние (АС), что может быть вызвано достижением предельного решеточного давления, приводящего к разрушению кристаллической решетки матрицы. Область существования АС в указанных системах простирается до 52-53 ат.% Sn, превышение этой концентрации сопровождается выделением фазы Sn.

Полученные ТР являются устойчивыми до температурного порога реакции образования интерметаллических соединений. Так покрытие Nb-Sn с концентрацией Sn 11,5 ат.% сохранило структуру ТР после цикла изохронных термообработок при 400, 450, 500, 550, 600 и лишь при  $650^\circ\text{C}$  отмечено начало образования фазы  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ . Повышение температуры сопровождается изменением параметра решетки (табл.2) в сторону его уменьшения.

Таблица 2 – Изменение параметра решетки ТР Nb-11,5 ат.% Sn с температурой отжига

T, $^\circ\text{C}$	400	500	600	650
$a_{\text{ср}}$ , нм	$0,3341 \pm 0,0005$	$0,3335 \pm 0,0005$	$0,3330 \pm 0,0005$	$0,3319 \pm 0,0004$

После термообработки при  $650^\circ\text{C}$  в течение 1 часа отмечено образование фазы интерметаллида  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  и скачкообразное уменьшение параметра вследствие обеднения ТР оловом, переходящим в фазу  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ . ТР олова в ниобии, содержащий 19,3 ат.% Sn, сохраняет устойчивость до температуры  $500^\circ\text{C}$ , после чего также начинается образование интерметаллида  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ .

Увеличение концентрации олова в ТР с 5,0 до 27,5 ат.% приводит к понижению температуры устойчивости системы с 650 до  $400^\circ\text{C}$ . При этом наблюдается область сосуществования ТР и вновь образующейся фазы интерметаллида  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ . Так для состава с 11,5 ат.% Sn указанная область находится в интервале  $500-750^\circ\text{C}$ . Причем из-за нехватки олова в указанном составе фаза интерметаллида сосуществует в этом случае с ниобием, а при 42 ат.% Sn в исходной системе отмечено уже выделение олова в отдельную фазу в присутствии  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ .

Изменение концентрации олова в АС до 45 ат.% приводит к резкому понижению температурной стабильности системы, остающейся практически постоянной до 56,7 ат.%, температура в этом случае не превышает  $180^\circ\text{C}$ . В системе, состав которой соответствует 56,7 ат.%, при  $200^\circ\text{C}$  установлено начало фазообразования  $\text{NbSn}_2$ , завершение которого соответствует  $450^\circ\text{C}$ . При отжиге АС с 45 ат.% Sn с  $250^\circ\text{C}$  начинается выделение фазы  $\text{NbSn}_2$ , причем с повышением температуры до  $450^\circ\text{C}$  АС распадается на смесь интерметаллидов  $\text{Nb}_6\text{Sn}_5$  и  $\text{NbSn}_2$ .

В интервале концентраций олова 25,5-31 ат.% в АС температура начала выделения фазы  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  остается постоянной, равной  $450^\circ\text{C}$ . Завершение фазообразования  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  из АС соответствует температуре  $500^\circ\text{C}$  с получением интерметаллида, параметр решетки которого больше табличного. Повышение температуры отжига для ТР с 25,5 ат.% Sn до  $750^\circ\text{C}$  сопровождается появлением фазы  $\text{Nb}_6\text{Sn}_5$  вследствие уменьшения параметра решетки  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  до табличного и выделения избыточного по отношению к стехиометрическому олова.

Ближняя на диаграмме к ниобию часть области АС, содержащая 27,5 ат.% Sn, стабильна до температуры 380°C, выше которой наблюдается непосредственное образование фазы  $Nb_3Sn$ . Полный переход АС этой концентрации в интерметаллид завершается при 550°C.

Выявленная таким образом зависимость температурного порога стабильности твердых растворов олова в ниобии и АС от концентрации олова дает возможность приблизительно ограничить область существования ТР и АС на фазовой диаграмме [4-6] в области существования интерметаллических соединений (рис.1).

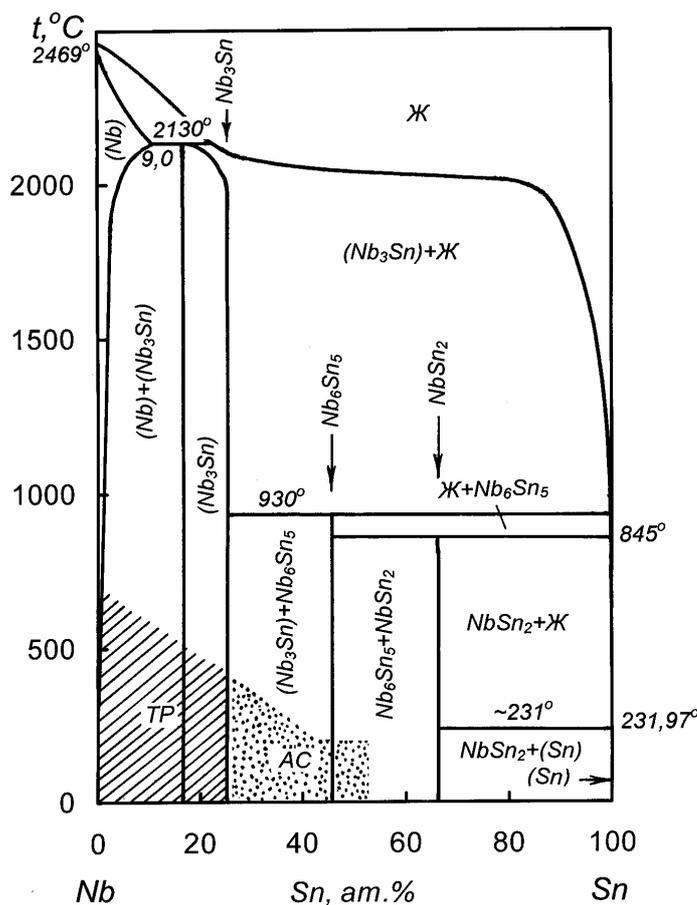


Рисунок 1 – Фазовая диаграмма ниобий-олово:  
ТР-твердые растворы; АС – аморфные смеси

Из изложенного следует, что непосредственным тем или иным способом формирование ТР и АС при отсутствии градиента концентрации по всему объему покрытия позволяет получить фазы, ранее не наблюдаемые при построении фазовых диаграмм. Следует отметить, что авторы не ставили целью определение точных границ указанной области ТР и АС, однако и приближенные значения позволяют говорить о концентрационной и температурной (в определенных пределах) стабильности металлических систем, полученных ионно-плазменным осаждением.

Таким образом, показано несоответствие известным фазовым диаграммам области существования твердых растворов олова в ниобии, полученных соосаждением ультрадисперсных частиц субнанометрового размера. Установлено понижение термического порога инициирования реакции синтеза интерметаллидов со структурным типом А15 для  $Nb_3Sn$  на 350-400°C.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Чердынцев В.В., Калошкин С.Д., Томилин И.А. и др. Фазовый состав и особенности структуры механосплавленных железомарганцевых сплавов // ФММ. 2002. Т.94. Вып.4. С.80-86.

- 2 Тулеушев А.Ж., Тулеушев Ю.Ж., Володин В.Н. Синтез пленок плюмбиды ниобия Nb<sub>3</sub>Pb при пониженной температуре // ФММ. 2002. Т.94. Вып.4. С.77-79.
- 3 Тулеушев А.Ж., Тулеушев Ю.Ж., Володин В.Н. Механизм понижения температуры синтеза сверхпроводящих покрытий на основе ниобия // ФММ. 2002. Т.94. Вып.5. С.74-79.
- 4 Charlesworth J. P., Macphail I., Madsen P.E. Experimental work on the niobium-tin constitution diagram and related studies // J. Mater. Sci. 1970. V.5. N 7. P.580-603.
- 5 Барабаш О.М., Коваль Ю.Н. Кристаллическая структура металлов и сплавов. Киев. Наукова думка. 1986. С.175.
- 6 Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. Лякишева Н.П., М.: Машиностроение. 2001. Т.3. Кн.1. 872 с.

#### REFERENCES

- 1 Cherdynstev V.V., Kaloshkin S.D., Tomilin I.A. etc. The phase composition and structural features of mechanical alloying ferromanganese alloys // Fiz. 2002. Т.94. Issue 4. p.80-86.
- 2 Tuleushev A.Zh., Tuleushev Yu.Zh., Volodin V.N. Synthesis of niobium films plyumbida Nb<sub>3</sub>Pb in cold // FMM. 2002. Т.94. Issue 4. p.77-79.
- 3 Tuleushev A.Zh., Tuleushev Yu.Zh., Volodin V.N. The mechanism of reducing the synthesis temperature superconducting coatings on niobium // FMM. 2002. Т.94. Issue 5. p.74-79.
- 4 Charlesworth J. P., Macphail I., Madsen P.E. Experimental work on the niobium-tin constitution diagram and related studies // J. Mater. Sci. 1970. V.5. N 7. p.580-603.
- 5 Barabash O.M., Koval Yu.N. The crystal structure of metals and alloys. Kiev. Dumka. 1986. p.175.
- 6 Diagrams of binary metallic systems. Ed. Lyakisheva NP, Mashinostroenie. 2001. V.3. Book 1. p.872.

#### Резюме

*В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев, Е.А. Жақанбаев*

(Ядролық физика институты, Алматы қ.)

#### НИОБИЙДІҢ СТАННИТТЕРІ АЙМАҒЫНДАҒЫ ҚАТТЫ ЕРІТІНДІЛЕР ЖӘНЕ АМОРФТЫҚ ҚОСПАЛАР

Тепе-теңдік диаграмма күйінің металаралық қосылыстары аймағында ниобий-қалайы қосарлы жүйесіндегі тұрақты қатты ерітінділер мен аморфтық қоспалардың болуы анықталған. Қатты ерітінділер 26 ат.% 8п концентрацияға дейін болады, температуралық шекарасы 650 бастап 400°C дейін өзгереді. Ниобий-қалайының аморфтық қоспаларының болу аймағы 52-53 ат. % 8п дейін созылады, бұл жағдайда жүйенің температуралық тұрақтылығы 180°C дейін төмендейді.

**Кілт сөздер:** ерітінділер, аморфтық қоспалар, интерметалдық, диаграммалар, температура.

#### Summary

*V.N. Volodin, YU.ZH. Tuleushev, E.A. Zhakanbaev*

(Institute of nuclear physics, Almaty)

#### SOLID SOLUTIONS AND AMORPHOUS MIXTURES IN AREA OF NIOBIUM STANNIDES

The presence of stable solid solutions and amorphous mixtures in the binary niobium-tin system was established in the area of intermetallic compounds of the equilibrium diagram. The solid solutions exist to the concentration 26 at.% Sn, the temperature limit changes from 650 to 400°C. The area of amorphous niobium-tin mixtures presence extends up to 52-53 at.% Sn, the temperature stability of the system in this case is reduced to 180°C.

**Keywords:** solutions amorphous intermetallic mixture, charts, temperature.

*Поступила 14.01.2013 г.*

УДК-534.1

*Н.И. МАРТЫНОВ, М.А. РАМАЗАНОВА, А.А. ЧУПРАСОВ*

(Институт механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова МОН РК, г. Алматы)

## **ВЫНУЖДЕННЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО КРУТИЛЬНОГО МАЯТНИКА, БЛИЗКИЕ К ЛИНЕЙНО ПОЛЯРИЗОВАННЫМ**

### **Аннотация**

Проведено исследование георезонансов сейсмического крутильного маятника, позволившее понять и объяснить наблюдаемое на практике пикообразное и бухтообразное поведение его угла закручивания в период подготовки будущего землетрясения. Смоделированы синтетические бухты, соответствующие реальным записям приборов маятникового типа «Алем».

**Ключевые слова:** колебания, маятник, георезонанс, приборы, землетрясение.

**Кілт сөздер:** тербеліс, маятник, георезонанс, аспаптар, жер сілкінісі.

**Keywords:** oscillation, the pendulum georezonans, devices, earthquake

**Введение.** Под прогнозом землетрясений понимают определение места, времени и силы (магнитуды, энергетического класса) землетрясения. Прогноз землетрясений в условной мере подразделяется на долгосрочный (на десятилетия вперед), среднесрочный (на годы вперед), краткосрочный (месяцы-дни вперед) и оперативный (часы-минуты вперед). Каждый этап прогноза базируется на определенном наборе предвестников - явлений, опережающих и предвещающих возникновение землетрясений [1,2].

Если долгосрочный прогноз землетрясений, основанный на геолого-геофизических и сейсмологических наблюдениях, дает более или менее удовлетворительные результаты, то надежность среднесрочного прогноза по комплексу предвестников существенно ниже 0,5 и в редких случаях приближается к 0,5 [2]. Несмотря на огромное количество предвестников, ни один из них не дает точных оценок. В разных сейсмоактивных районах различные предвестники работают по-разному, давая большой разброс прогнозируемых параметров будущего землетрясения. Это связано как со сложностью исследования очага землетрясения, условий его зарождения и развития, так и с существенным влиянием помехообразующих факторов [3]. Ситуация с краткосрочным и оперативным прогнозом еще хуже: практически отсутствуют оценки надежности прогнозных предвестников.

С целью краткосрочного и оперативного прогноза землетрясений был разработан крутильный маятник [4]. На базе качественной физической теории с оценкой некоторых параметров колебаний маятника и сейсмических воздействий с привлечением статистических методов Калиниковым Н.И. и другими сотрудниками института Физики Земли была разработана методика оперативного прогноза землетрясений [5,6].

Территория юга и юго-востока Казахстана является одной из наиболее сейсмоактивных областей стран СНГ [7]. После Спитакского землетрясения 1989г. в течение 1989-1993гг. на территории Казахстана была создана сеть станций из 9 полигонов наблюдения за сейсмической обстановкой на юго-востоке республики. Каждый полигон оснащен прибором «Алем», состоящим из двух крутильных маятников и других приборов, работающих в режиме реального времени. Регистрация данных ведется на персональном компьютере с дискретностью 5, 10, 15, 30, 50 секунд.

Опыт эксплуатации сети позволил собрать уникальный материал о готовящихся землетрясениях и показал, что прогнозные признаки могут проявляться от нескольких часов до нескольких суток перед землетрясением. Прогнозные признаки выражаются в регулярных, как правило, ежедневных отклонениях показаний приборов от своего установившегося уровня, либо в пикообразном, либо в бухтообразном изменении углов закручивания маятника.

Несмотря на определенные успехи в понимании связи поведения крутильного маятника с сейсмической обстановкой, установить какие-либо количественные соотношения не удавалось и, в первую очередь, из-за отсутствия достаточно строгой теории. Следует отметить, что существенный прогресс в компьютерных технологиях и численных методах не позволяет «перебрать все варианты численного решения», а значит, полно оценить влияние всех параметров колебания маятника и глубоко изучить природу явления. На эти вопросы, в определенной мере, способна ответить количественная теория, базирующаяся на приближенном аналитическом решении.

Ниже кратко приводятся основные положения теории колебаний сейсмического маятника [9] и на их основе исследуются георезонансы. Смоделированы синтетические бухты, соответствующие реальным записям приборов «Алем».

### **1. Основные положения теории колебаний сейсмического маятника.**

Сейсмический крутильный маятник представляет собой галтель (или две одинаковые галтели, скрепленные под прямым углом между собой) с одинаковыми грузиками на концах, соединенную жесткой упругой нитью с точкой подвеса. Маятник заключен в вакуумную камеру, установленную на твердом постаменте, точка подвеса маятника закреплена на верхней крышке камеры. Поле сил тяжести предполагается однородным по пространству и времени. В вакуумной камере отсутствуют электрические и магнитные поля. Принимается, что жесткая упругая нить практически не работает на изгиб, а крутящий момент сопротивления упругой нити пропорционален углу закручивания маятника. Диссипация энергии происходит за счет вязкого трения в сферическом подшипнике, закреплённом в точке подвеса маятника. Такие упрощения сделаны для того, чтобы уменьшить число степеней свободы, поскольку дополнительные степени свободы, по словам И.И. Калитникова, "не меняют существа дела, но загрязняют эксперимент"[4].

Такой маятник назван модельным и его механические параметры есть параметры реального маятника на станции «Медео». Он имеет три степени свободы ( $\psi$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ ) в модифицированной эйлеровой системе координат (система координат Эйлера повернута против хода часовой стрелки вокруг оси  $Ox$  на  $90^\circ$ ).

Низкочастотные микросейсм, идущие из очагов будущих землетрясений, вызывают колебательные движения корпуса прибора и точки подвеса маятника. Корпус прибора совершает поступательное движение с ускорением  $\vec{w}$  и может поворачиваться с угловой скоростью  $\vec{\Omega}$  и угловым ускорением  $\vec{\varepsilon}$ . Сложное движение корпуса прибора выступает как совокупность внешних инерциальных сил, обуславливающих сложные вынужденные колебания сейсмического маятника.

После того, как определены физические положения теории, выводятся уравнения движения маятника в эйлеровой, лагранжевой, гамильтоновой формах [9]. При этом учтено, что на маятник в точке подвеса действует малый тормозящий момент вязкого трения, пропорциональный вектору относительной угловой скорости маятника. Необходимость записи уравнений движения в гамильтоновой форме обусловлена дальнейшим применением хорошо разработанного и обоснованного метода усреднения [10,11]. Уравнения Гамильтона записаны для натуральной системы, поскольку силы, действующие на маятник, разнородны по своему масштабу, что позволяет их оценить и значительно упростить уравнения движения.

Проведена оценка параметров маятника и воздействия микросейсм на грунт. Показано, что модельный сейсмический маятник можно считать практически симметричным. В дальнейшем теория, в целях упрощения, строится для симметричного маятника.

Исследованы собственные линейные свободные, затухающие и вынужденные колебания маятника [9]. Выделен малый параметр  $\mu$ , который представляет собой отношение его частот линейных крутильных и нутационных колебаний. Для модельного сейсмического маятника  $\mu = 0,0076$ . С использованием закона момента импульса относительно вертикальной оси, проводится замена переменных:

$$\psi = F_1(q_1, q_2, q_3) = \arcsin \left( \frac{q_1 \sqrt{1 - \frac{q_1^2}{4}}}{Z_0} \cos q_3 \right), \quad \theta = F_2(q_1, q_2, q_3) = \arcsin \left( q_1 \sqrt{1 - \frac{q_1^2}{4}} \sin q_3 \right), \quad (1.1)$$

$$\varphi = F_3(q_1, q_2, q_3) = q_2 + \arcsin \left( \frac{q_1^2 \sin(2q_3)}{4 Z_0} \right) \cos \theta = \sqrt{\cos^2 q_3 + \left(1 - \frac{q_1^2}{2}\right)^2 \sin^2 q_3} = Z_0$$

которая позволяет ввести координату  $q_3$ , близкую к циклической, и значительно упростить исследование.

Анализ экспериментальных данных позволяет перейти к безразмерным переменным с помощью следующих соотношений:

$$\psi = \mu \bar{\psi}, \quad \theta = \mu \bar{\theta}, \quad \varphi = \mu \bar{\varphi}, \quad q_1 = \mu \bar{q}_1, \quad q_2 = \mu \bar{q}_2, \quad p_\psi = \mu J n \bar{p}_\psi, \quad p_\theta = \mu J n \bar{p}_\theta, \quad p_\varphi = \mu^2 J n \bar{p}_\varphi,$$

$$P_1 = \mu J n \bar{P}_1, \quad P_2 = \mu^2 J n \bar{P}_2, \quad P_3 = \mu^2 J n \bar{P}_3, \quad t = \frac{\bar{t}}{n}, \quad w_z = g w_0 \mu^3 \bar{w}_z, \quad w_0 = \frac{w}{g}, \quad \Omega = \mu^3 \Omega_0 n \bar{\Omega}, \quad (1.2)$$

$$\varepsilon = \mu^4 \varepsilon_0 n^2 \bar{\varepsilon}, \quad c = \mu^3 a J n^2, \quad J_z = \mu a J, \quad J_x = J_y = J, \quad J_{(xy)} = \left(1 - \frac{\mu a}{2}\right) J, \quad J_{(xz)} = J_{(zy)} = \frac{\mu a}{2} J$$

а уравнения движения с точностью до  $\mu^3$  включительно записать в виде:

$$\dot{\bar{q}}_1 = \left(1 - \frac{\mu^2 \bar{q}_1^2}{4}\right) \bar{P}_1, \quad \dot{\bar{q}}_2 = \frac{\bar{P}_2}{a} - \frac{\mu}{2} \bar{P}_3, \quad \dot{\bar{q}}_3 = \frac{\mu^2}{4} (\bar{P}_3 - 2\bar{P}_2) + \frac{\bar{P}_3}{\bar{q}_1^2},$$

$$\dot{\bar{P}}_1 + 2\mu f_0 \bar{P}_1 + \bar{q}_1 - \frac{\bar{P}_3^2}{\bar{q}_1^3} = \frac{\mu^2 \bar{q}_1}{4} \bar{P}_1^2 + \mu^2 f_{11} + \mu^3 f_{12}, \quad \dot{\bar{P}}_2 + 2\mu f_0 \bar{P}_2 + \mu^2 a \bar{q}_2 = \mu^3 f_{22}, \quad (1.3)$$

$$\dot{\bar{P}}_3 + 2\mu f_0 \bar{P}_3 = \mu^2 f_{31} + \mu^3 f_{32},$$

где

$$f_{11} = (\bar{w}_1 \cos q_3 - \bar{w}_3 \sin q_3) w_0, \quad f_{12} = -\left\{ w_0 \bar{w}_2 \bar{q}_1 + \varepsilon_0 (\bar{\varepsilon}_3 \cos q_3 + \bar{\varepsilon}_1 \sin q_3) + 2\Omega_0 \bar{\Omega}_2 \frac{\bar{P}_3}{\bar{q}_1} \right\},$$

$$f_{22} = -a \left\{ \varepsilon_0 \bar{\varepsilon}_2 + \Omega_0 \left[ \bar{P}_1 (\bar{\Omega}_1 \cos q_3 - \bar{\Omega}_3 \sin q_3) - \frac{\bar{P}_3}{\bar{q}_1} (\bar{\Omega}_1 \sin q_3 + \bar{\Omega}_3 \cos q_3) \right] \right\}, \quad (1.4)$$

$$f_{31} = -w_0 \bar{q}_1 (\bar{w}_1 \sin q_3 + \bar{w}_3 \cos q_3), \quad f_{32} = -a \left\{ 2\Omega_0 \bar{\Omega}_2 \bar{P}_1 - \varepsilon_0 (\bar{\varepsilon}_3 \sin q_3 - \bar{\varepsilon}_1 \cos q_3) \right\}.$$

Здесь  $\square$  - расстояние от центра тяжести маятника до центра тяжести галтели;  $g$  - ускорение силы тяжести;  $n$  - частота линейных нутационных колебаний маятника;  $w_0, \Omega_0, \varepsilon_0$  - характерные масштабы внешних возмущений;  $J$  - момент инерции маятника относительно оси  $Ox$ ;  $\bar{w}_1, \bar{w}_2, \bar{w}_3, \bar{\Omega}_1, \bar{\Omega}_2, \bar{\Omega}_3, \bar{\varepsilon}_1, \bar{\varepsilon}_2, \bar{\varepsilon}_3$  - проекции безразмерных возмущений на неподвижные оси;  $f_0$  - безразмерный коэффициент трения;  $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3$  - безразмерные обобщенные импульсы, соответствующие угловым координатам  $\bar{q}_1, \bar{q}_2, q_3$ . В дальнейшем черточки над безразмерными переменными опускаются, где это не вызывает недоразумений.

На первом этапе строится порождающее решение, которое при  $P_3(0) = P_0 \neq 0$  описывает общий случай колебаний, а при  $P_0 = 0$  - линейно поляризованные (плоско поляризованные) колебания маятника. Под линейно поляризованными колебаниями понимаются колебания маятника в фиксированной плоскости. Далее строятся операторы сглаживания с использованием операторов

усреднения при постоянных возмущениях [11], после чего выписываются искомые аналитические выражения для собственных свободных и затухающих колебаний маятника.

Затем с помощью метода вариации произвольных постоянных, техники методов усреднения строится решение вынужденных колебаний сейсмического маятника в виде квадратур. Соответствующие теоремы метода усреднения гарантируют близость точных и приближенных аналитических решений на достаточно большом отрезке времени [10, 11], что позволяет исследовать вынужденные колебания сейсмического маятника в широком диапазоне внешних возмущений и утверждать, что его движение детерминировано и предсказуемо (в отличие от работы [4]).

**2. Преобразование уравнений.** Преобразуем уравнения вынужденных колебаний маятника (1.3) к виду, удобному для дальнейших исследований. Предварительно произведём замену неизвестных переменных:

$$q_1 = ue^{-\tau/2}, P_3 = Pe^{-\tau}, \tau = 2\mu f_0, \quad (2.1)$$

где  $\tau$  – медленное время. Выражая из первого уравнения (1.3) импульс  $P_1$  и подставляя в четвертое уравнение (1.3) с учётом (2.1), получим:

$$\ddot{u} + (1 - \mu^2 f_0^2)u - \frac{P^2}{u^3} = \frac{\mu^2}{4} e^{-\tau} \left\{ u^3 - u\dot{u}^2 - \frac{P^2}{u} \right\} + \mu^2 e^{\tau/2} \{f_{11} + \mu f_{12}\}. \quad (2.2)$$

Определяя импульс  $P_2$  из второго уравнения (1.3) и подставляя в пятое уравнение (1.3), получим:

$$\ddot{q}_2 + 2\mu f_0 \dot{q}_2 + \mu^2 q_2 = \mu^3 \left( \frac{f_{22}}{a} - \frac{1}{2} f_{31} \right). \quad (2.3)$$

Членами четвёртого порядка малости по  $\mu$  и выше пренебрегаем. Шестое уравнение (1.3) с учётом (2.1) запишется в виде:

$$\dot{P} = \mu^2 e^{\tau} (f_{31} + \mu f_{32}). \quad (2.4)$$

В уравнениях (2.2) – (2.4) величины внешних возмущений  $f_{11}, \dots$  вычисляются по формулам (1.4).

Решение уравнения (2.3), согласно формуле Дюамеля, с учётом (2.1) можно представить в виде:

$$q_2(t) = e^{-\tau/2} \left[ q_{20} \cos(\omega_2 t) + \frac{1}{\omega_2} \left( \dot{q}_{20} + \mu f_0 \sin(\omega_2 t) \right) \right] + \frac{\mu^2}{\sqrt{1 - f_0^2}} \int_0^t e^{-\mu f_0(t-S)} G(S) \sin[\omega_2(t-S)] dS, \quad (2.5)$$

где  $\omega_2 = \mu \sqrt{1 - f_0^2}$

$$G(S) = \varepsilon_0 \varepsilon_2 + e^{-\mu f_0 S} \left\{ \left[ \frac{w_0}{2} u w_1 + \Omega_0 \left( \Omega_3 \dot{u} + \frac{P}{u} \Omega_1 \right) \right] \sin q_3 + \left[ \frac{w_0}{2} u w_3 + \Omega_0 \left( \frac{P}{u} \Omega_3 - \dot{u} \Omega_1 \right) \right] \cos q_3 \right\} \quad (2.6)$$

В (2.5) пределы интегрирования выбраны так, чтобы удовлетворились начальные условия. Из (2.5) следует, что колебания  $q_2(t)$  состоят из собственных затухающих колебаний и вынужденных колебаний, навязанных внешними силами извне.

Уравнение второго порядка (2.2) заменим эквивалентной системой двух уравнений первого порядка, записанной в стандартной форме. Для этого воспользуемся методом вариации произвольных постоянных. Решение (2.2) ищем в виде:

$$u = \sqrt{\delta_0 (\alpha + \Delta \cos \psi)}, \quad \dot{u} = -\frac{\omega_0 \delta_0 \Delta \sin \psi}{2u}, \quad (2.7)$$

где  $\psi = \psi(t) = \omega_0(t - \beta)$ ,  $\Delta = \Delta(t) = \sqrt{\alpha^2 - \frac{P^2}{\delta_0}}$ ,  $\omega_0 = 2 \left( 1 - \frac{\mu^2 f_0^2}{2} \right)$ ,  $\delta_0 = 1 + \mu^2 f_0^2$ . (2.8)

Здесь  $\alpha = \alpha(t)$ ,  $\beta = \beta(t)$  – неизвестные функции, а  $P = P(t)$  является решением уравнения

(2.4). Подставляя (2.7) в (2.2), выполняя несложные преобразования и удерживая члены до  $\mu^2$  включительно, получим:

$$\begin{aligned}\dot{\alpha} &= -\frac{\mu^2}{4}e^{-\tau}\Delta^2\sin 2\psi - \frac{\mu^2 e^{\tau/2}}{\sqrt{\alpha + \Delta\cos\psi}}\left(\overset{\circ}{f}_1\Delta\sin\psi + P\overset{\circ}{f}_2\right), \\ \dot{\psi} &= \omega_0 - \frac{\mu^2}{2}e^{-\tau}(\Delta + \alpha\cos\psi)\cos\psi - \frac{\mu^2 e^{\tau/2}}{\Delta\sqrt{\alpha + \Delta\cos\psi}}\left((\Delta + \alpha\cos\psi)\overset{\circ}{f}_1 + P\overset{\circ}{f}_2\sin\psi\right),\end{aligned}\quad (2.9)$$

где

$$\overset{\circ}{f}_1 = w_0(w_1\cos q_3 - w_3\sin q_3), \quad \overset{\circ}{f}_2 = w_0(w_1\sin q_3 + w_3\cos q_3). \quad (2.10)$$

В обозначениях (2.10) с точностью до  $\mu^2$  включительно соотношение (2.4) запишется в виде:

$$\dot{P} = -\mu^2\sqrt{\alpha + \Delta\cos\psi} \cdot e^{\tau/2}\overset{\circ}{f}_2. \quad (2.11)$$

Приведём третье уравнение (1.3) к стандартной форме, выполнив замену переменной по формуле [9]:

$$q_3 = q_3^* + \chi(t) - \arctg\left(\frac{\kappa\sin(2\beta_0)}{1 + \cos(2\beta_0)}\right), \quad \chi(t) = \text{artg}\left(\text{ktg}\frac{\psi}{2}\right), \quad \kappa = \frac{P}{\alpha + \Delta}, \quad \tilde{\Delta} = \sqrt{\alpha^2 - P^2} \quad (2.12)$$

Тогда третье уравнение (1.3) в новых переменных примет вид:

$$q_3^{*\dot{}} = \frac{\mu^2}{4}(P_3 - 2P_2) + \mu^2 G_3(\alpha, \psi, P, \tau, \beta_0) \quad (2.13)$$

где  $G_3(\alpha, \psi, P, \tau, \beta_0)$  - известная функция, явный вид которой пока не приводим, а  $\psi_0 = -\omega_0\beta_0$  - начальная фаза, которую всегда можно сделать равной нулю, сдвинув начальный отсчёт времени.

Таким образом, система уравнений (1.3) заменена эквивалентной системой уравнений (2.5), (2.9), (2.11), (2.13), которая более удобна для дальнейших исследований.

3. Вынужденные колебания, близкие к линейно поляризованным колебаниям.

В работе [9] показано, что вынужденные колебания маятника под действием внешних сил будут плоско поляризованными или близкими к ним, если  $P_0 = P_3(0) = 0$ ,  $f_2^0 = 0$  (или  $P_3 \approx 0$  с точностью до  $\mu^3$  включительно и  $f_2^0$ -величина более высокого порядка малости по  $\mu$ ). В противном случае угол нутации не будет проходить нулевые положения равновесия, что для плоско поляризованных колебаний невозможно. Тогда в соотношениях (2.9) следует под  $\Delta$  понимать  $\alpha$  ( $\alpha = \Delta$ ). Обозначая  $A = \sqrt{2\alpha}$  и переходя к половинной фазе, систему уравнений (2.9) можно представить в виде:

$$\begin{aligned}\square &= -\frac{\mu^2}{16}A^3e^{-\tau}\Delta^2\sin 4\psi - \mu^2e^{\tau/2}f_1^0\sin\psi, \quad \psi = \omega_1(t - \beta), \quad \omega_1 = \frac{\omega_0}{2} = 1 - \frac{\mu^2 f_0^2}{2}, \\ \dot{\psi} &= \omega_1 - \frac{\mu^2}{16}A^2e^{-\tau}\left[1 + 2\cos 2\psi + \cos 4\psi\right] - \frac{\mu^2 e^{\tau/2}f_1^0\cos\psi}{A},\end{aligned}\quad (3.1)$$

где функция  $G(S)$  в (2.6) примет вид:

$$G(S) = \varepsilon_0\varepsilon_2 + A\Omega_0e^{-\frac{\tau}{2}}\sin\frac{\psi}{2}(\Omega_3\sin q_3 - \Omega_1\cos q_3). \quad (3.2)$$

Запишем решение для свободных затухающих линейно поляризованных колебаний маятника [9,12]:

$$A = A_0 + \frac{\mu^2 A_0^3}{64} \{e^{-\tau} \cos 4\bar{\psi} - \cos 4\psi_0\}, \quad \psi = \bar{\psi} - \frac{\mu^2 A_0^2}{64} e^{-\tau} \{4 \sin 2\bar{\psi} + \sin 4\bar{\psi}\},$$

$$\bar{\psi} = \psi_1 + \mu^2 l(A_0, \psi_0), \quad \psi_1 = \omega_1 t + \frac{\mu A_0^2}{32 f_0} (e^{-\tau} - 1) + \psi_0, \quad l(A_0, \psi_0) = \frac{A_0^2}{64} [4 \sin 2\psi_0 + \sin 4\psi_0].$$
(3.3)

В соотношениях (3.3)  $A_0$  – начальная амплитуда,  $\psi_0$  – начальная фаза. Воспользуемся методом вариации произвольных постоянных ( $A_0, \psi_0$ ), считая, что они являются функциями времени. Дифференцируя первые два соотношения (3.3) по времени и подставляя в (3.1) с точностью до  $\mu^2$  включительно, получим:

$$\left[1 + \frac{3\mu^2 A_0^2}{64} a_{11}\right] \dot{A}_0 - \frac{\mu^2 A_0^3}{16} a_{12} \dot{\psi}_0 = -\mu^2 e^{\tau/2} \tilde{w}_0 w_1 \sin \psi_*,$$

$$\frac{\mu A_0}{32} \left[\frac{(e^{-\tau} - 1)}{f_0} + \mu(a_{21} - a_{12})\right] \dot{A}_0 + \left[1 + \frac{\mu^2 A_0^2}{16} (a_{22} - a_{11})\right] \dot{\psi}_0 = -\frac{\mu^2 e^{\tau/2} \tilde{w}_0 w_1 \cos \psi_*'}{A_0},$$
(3.4)

где

$$a_{11} = e^{-\tau} \cos 4\psi_* - \cos 4\psi_0, \quad a_{12} = e^{-\tau} \sin 4\psi_* - \sin 4\psi_0, \quad \psi_* = \omega_1 t + \psi_0$$

$$a_{21} = 4(\sin 2\psi_0 - e^{-\tau} \sin 2\psi_*), \quad a_{22} = 2(\cos 2\psi_0 - e^{-\tau} \cos 2\psi_*), \quad \tilde{w}_0 = \frac{w_0}{\cos q_3}$$

Если  $q_3 = \pm \frac{\pi}{2}$ , то в соотношениях (3.4) необходимо  $\tilde{w}_0 w_1$  заменить на  $\mp w_0 w_3$ . Разрешая

систему уравнений (3.4) относительно  $\dot{A}_0, \dot{\psi}_0$ , будем иметь:

$$\dot{A}_0 = -\mu^2 e^{\tau/2} \tilde{w}_0 w_1 \sin \psi_*, \quad A_0 \dot{\psi}_0 = -\mu^2 e^{\tau/2} \tilde{w}_0 w_1 \cos \psi_*.$$
(3.5)

В новых переменных  $x, y$ :

$$x = A_0 \cos \psi_0, \quad y = A_0 \sin \psi_0$$
(3.6)

соотношения (3.5) примут вид:

$$\dot{x} = -\mu^2 e^{\tau/2} \tilde{w}_0 w_1 \sin(\omega_1 t), \quad \dot{y} = -\mu^2 e^{\tau/2} \tilde{w}_0 w_1 \cos(\omega_1 t).$$
(3.7)

Интегрируя (3.7) с учётом начальных условий, получим:

$$x = A_0 \cos \psi_0 = A_{00} \cos \psi_{00} - \mu^2 \tilde{w}_0 \int_0^t e^{\tau/2} w_1 \sin(\omega_1 t) dt,$$

$$y = A_0 \sin \psi_0 = A_{00} \sin \psi_{00} - \mu^2 \tilde{w}_0 \int_0^t e^{\tau/2} w_1 \cos(\omega_1 t) dt,$$
(3.8)

где

$$A_{00} = A_0(0), \quad \psi_{00} = \psi_0(0).$$

Используя (2.1), (3.3), (3.6), (3.8), определим  $q_1$ :

$$q_1(t) = q_{1c}(t) + q_{1s}(t), \quad q_{1c}(t) = A_{00} e^{-\tau/2} \left[ \cos \psi_* - \frac{\mu A_{00}^2}{32 f_0} (e^{-\tau} - 1) \sin \psi_* + \frac{\mu^2 A_{00}^2}{64} [e^{-\tau} (2 \cos \psi_* - \cos 3\psi_*) - 2 \cos(\psi_* - 2\psi_{00}) + 2 \cos(\psi_* + 2\psi_{00}) - \cos(\psi_* - 4\psi_{00})] \right],$$

$$q_{1s}(t) = \mu^2 \tilde{w}_0 e^{-\tau/2} \int_0^t e^{\tau/2} w_1(S) \sin[\omega_1(t-S)] dS, \quad \psi_* = \omega_1 t + \psi_{00}$$
(3.9)

Таким образом, нутационные колебания можно представить как суперпозицию собственных затухающих колебаний  $q_{1c}(t)$  и вынужденных колебаний  $q_{1s}(t)$ . При  $A_{00} = 0$  (или при  $\tau \rightarrow \infty$ ) получим гетеропериодические колебания, т.е. колебания, навязанные системе внешними возмущениями.

**3.1 Резонансные соотношения.** Внешние возмущения, действующие на маятник, можно разложить в ряд Фурье, и следовательно, оценить вклад каждой гармоники в вынужденные колебания. Оценим вклад  $q_{1\epsilon}(t)$  в нутационные вынужденные колебания, полагая

$$\tilde{w}_0 w_1(S) = B_1 \sin(\nu_1 S), \quad (3.10)$$

где  $B_1$  - амплитуда,  $\nu_1$  - частота вынуждающей силы. Подставляя (3.10) в третье соотношение (3.9) и выполняя интегрирование, получим:

$$q_{1\epsilon}(t) = -\frac{\mu^2 B_1}{\sqrt{\Delta_*}} \left[ \omega_1 \cos(\nu_1 t + \varphi_*) - e^{-\tau/2} \nu_1 \cos(\omega_1 t - \varphi_{**}) \right], \quad (3.11)$$

где

$$\Delta_* = 4\mu^2 f_0^2 \omega_1^2 + (\nu_1^2 - \omega_1^2 + \mu^2 f_0^2)^2, \quad \cos \varphi_* = \frac{2\mu f_0 \nu_1}{\sqrt{\Delta_*}}, \quad \cos \varphi_{**} = \frac{2\mu f_0 \omega_1}{\sqrt{\Delta_*}}. \quad (3.12)$$

Из соотношений (3.9), (3.11) следует, что через достаточно длительное время вне резонансной зоны ( $\omega_1 \neq \nu_1$ ) устанавливаются колебания, близкие к гармоническим с частотой вынуждающей силы  $\nu_1$  и амплитудой, пропорциональной  $\mu^2$ . В области точного главного резонанса  $\nu_1 = \omega_1(1 - 0,5\mu^2 f_0^2)$  из (3.11), (3.12) следует, что

$$q_{1\epsilon}(t) = -\frac{\mu B_1}{2f_0} \left[ \cos(\nu_1 t + \varphi_*) - e^{-\tau/2} \cos(\nu_1 t) \right], \quad \cos \varphi_* = 1 - \frac{\mu^2 f_0^2}{2}, \quad (3.13)$$

т.е. амплитуда вынужденных нутационных колебаний возрастает на порядок. Если коэффициент трения  $f_0$  порядка  $\mu$ , то  $q_{1\epsilon}$  порядка единицы. Следует отметить, что точный резонанс выполняется на частоте чуть меньше  $\omega_1$ .

Теперь рассмотрим поведение угла закручивания во времени под действием внешних сил, полагая:

$$\Omega_0 \Omega_1 = C_1 \sin(\nu_{11} S), \quad \Omega_0 \Omega_3 = C_3 \sin(\nu_{11} S), \quad \varepsilon_0 \varepsilon_2 = D_2 \sin(\nu_{22} S) \quad (3.14)$$

где  $C_1, C_3, D_2$  - амплитуды,  $\nu_{11}, \nu_{22}$  - частоты внешних угловых возмущений. Предварительно оценим влияние внешних возмущений на поведение координаты  $q_2$ . Учитывая (2.5), (3.2), (3.6), (3.8), (3.14) с точностью до малых второго порядка включительно, получим:

$$q_{2\epsilon}(t) = \frac{\mu^2 e^{-\tau/2}}{\sqrt{1-f_0^2}} \int_0^t \left\{ D_2 e^{\mu f_0 S} \sin(\nu_{22} S) + C_{00} \sin(\nu_{11} S) \sin \frac{\psi_*}{2}(S) \right\} \sin[\omega_2(t-S)] dS, \quad (3.15)$$

где

$$\psi_*(S) = \psi_{00} + \omega_1 S, \quad C_{00} = A_{00} (C_3 \sin q_3 - C_1 \cos q_3).$$

Произведя интегрирование и ряд элементарных преобразований, в правой части (3.15) будем иметь:

$$q_{2\epsilon}(t) = q_{2\epsilon}^{\varepsilon_2}(t) + q_{2\epsilon}^{\Omega_1 \Omega_3}(t), \quad (3.16)$$

$$q_{2\epsilon}^{\varepsilon_2}(t) = \frac{\mu^2 D_2}{\sqrt{(1-f_0^2)\Delta_2}} \left[ \nu_{22} e^{-\tau/2} \cos(\omega_2 t - \varphi_2) - \omega_2 \cos(\nu_{22} t + \varphi_{22}) \right], \quad (3.17)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{2\mu f_0 \omega_2}{\sqrt{\Delta_2}}, \quad \cos \varphi_{22} = \frac{2\mu f_0 \nu_{22}}{\sqrt{\Delta_2}}, \quad \Delta_2 = 4\mu^2 f_0^2 \omega_2^2 + (\nu_{22}^2 - \omega_2^2 + \mu^2 f_0^2)^2,$$

$$q_{2\epsilon}^{\Omega_1 \Omega_3}(t) = \frac{\mu^2 e^{-\tau/2} C_{00}}{2\sqrt{1-f_0^2}} \left\{ \omega_2 \left( \frac{\cos(\eta_1 + \varphi_1)}{m_1} + \frac{\cos(\eta_2 - \varphi_2)}{m_2} \right) + \nu_{11} e^{-\frac{\tau}{2}} \left( \frac{\cos(\alpha_1 - \varphi_3)}{m_3} - \frac{\cos(\alpha_2 - \varphi_4)}{m_4} \right) \right\}, \quad (3.18)$$

где  $\eta_1 = \left( \frac{\omega_1}{2} - \nu_{11} \right) t + \frac{\psi_{00}}{2}$ ,  $\eta_2 = \left( \frac{\omega_1}{2} + \nu_{11} \right) t + \frac{\psi_{00}}{2}$ ,  $\alpha_1 = \omega_2 t + \frac{\psi_{00}}{2}$ ,  $\alpha_2 = -\omega_2 t + \frac{\psi_{00}}{2}$ ,

$$\begin{aligned}
 m_1^2 &= \left[ \left( \frac{\omega_1}{2} - \nu_{11} \right)^2 - \omega_2^2 + \mu^2 f_0^2 \right]^2 + 4\mu^2 f_0^2 \omega_2^2, m_2^2 = \left[ \left( \frac{\omega_1}{2} + \nu_{11} \right)^2 - \omega_2^2 + \mu^2 f_0^2 \right]^2 + 4\mu^2 f_0^2 \omega_2^2, \\
 m_3^2 &= \left[ \left( \frac{\omega_1}{2} - \omega_2 \right)^2 - \nu_{11}^2 - \mu^2 f_0^2 \right]^2 + 4\mu^2 f_0^2 \left( \frac{\omega_1}{2} - \omega_2 \right)^2, m_4^2 = \left[ \left( \frac{\omega_1}{2} + \omega_2 \right)^2 - \nu_{11}^2 - \mu^2 f_0^2 \right]^2 + 4\mu^2 f_0^2 \left( \frac{\omega_1}{2} + \omega_2 \right)^2, \\
 \cos \varphi_1 &= \frac{2\mu f_0 \left( \frac{\omega_1}{2} - \nu_{11} \right)}{m_1}, \cos \varphi_2 = \frac{2\mu f_0 \left( \frac{\omega_1}{2} + \nu_{11} \right)}{m_2}, \cos \varphi_3 = \frac{2\mu f_0 \left( \frac{\omega_1}{2} - \omega_2 \right)}{m_3}, \cos \varphi_4 = \frac{2\mu f_0 \left( \frac{\omega_1}{2} + \omega_2 \right)}{m_4}.
 \end{aligned} \tag{3.19}$$

Выражение (3.18) записано в развёрнутом виде для того, чтобы можно было определить резонансные зоны. Они определяются из условия малости знаменателей в правых частях соотношений (3.18), (3.19). Эти условия, как нетрудно видеть, следующие:

$$\nu_{22} \approx \omega_2 = \mu \sqrt{1 - f_0^2}, \quad \nu_{11} \approx \pm \frac{\omega_1}{2} \pm \omega_2. \tag{3.20}$$

Как видно из (3.20), для  $\nu_{11}$  существует 4 резонансных частоты. Проанализируем поведение угла закручивания в резонансной зоне. При  $\nu_{22} \approx \omega_2$ , т.е. когда частота  $\nu_{22}$  близка к частоте микросейсм, имеем:

$$q_{2\epsilon}^{\epsilon_2}(t) = \frac{\mu D_2 \sqrt{1 - f_0^2}}{2 f_0 \sqrt{1 - 0.75 f_0^2}} \left[ e^{-\tau/2} \cos(\nu_{22} t - \varphi_2) - \cos(\nu_{22} t + \varphi_2) \right], \quad \cos \varphi_2 = \frac{\sqrt{1 - f_0^2}}{\sqrt{1 - 0.75 f_0^2}}. \tag{3.21}$$

Амплитуда вынужденных колебаний увеличивается на порядок. Если коэффициент трения порядка  $\mu$ , то  $q_{2\epsilon}^{\epsilon_2}$  порядка единицы.

Пусть выполняется одно из вторых резонансных соотношений, например,  $\nu_{11} = \frac{\omega_1}{2} + \omega_2$ . Тогда зависимость (3.18) с точностью до  $\mu^2$  примет вид:

$$q_{2\epsilon}^{\Omega_1 \Omega_3}(t) = -\frac{\mu C_{00}}{8} \left[ \frac{2\sqrt{1 - f_0^2}}{f_0 \sqrt{1 - 0.75 f_0^2}} \right] \cos(\eta_1 + \varphi_1) + \frac{e^{-\frac{\tau}{2}}}{\sqrt{(1 - f_0^2)(1 + 0.25 f_0^2)}} \cos(\alpha_1 - \varphi_3), \tag{3.22}$$

где 
$$\eta_1 = -\omega_2 t + \frac{\psi_{00}}{2}.$$

Из (3.22) следует, что с течением времени основной вклад в резонансные колебания вносит первый член, который может быть порядка единицы, если  $f_0$  порядка  $\mu$ . При трех других зависимостях вторых резонансных соотношений (3.20) для  $\nu_{11}$ , структура (3.22) не изменится. Поменяется знак при втором члене (3.22), либо изменятся фазы  $\varphi_1, \varphi_2$ , но вынужденные колебания всегда будут происходить на частоте  $\omega_2$ . Это проверяется непосредственно прямым вычислением.

Поскольку угловое ускорение есть первая производная по времени от угловой скорости, то частоты угловых характеристик микросейсм, действующих на маятник, т.е. частоты  $\nu_{22}, \nu_{11}$  можно считать примерно одинаковыми. Поэтому основной вклад в  $q_2$  вносит член  $q_{2\epsilon}^{\epsilon_2}$ .

Следовательно, основной вклад в крутильные колебания оказывают нутационные колебания на резонансных частотах и угол  $q_2$  на резонансной частоте  $\omega_2$ . Если коэффициент трения порядка  $\mu$ , то при приближении частот внешних возмущений  $\nu_1 \rightarrow \omega_1, \nu_{22} \rightarrow \omega_2$  происходит резкое нарастание угла закручивания. С течением времени, когда частоты  $\nu_1, \nu_{22}$  - уходят из резонансной зоны, происходит заметное уменьшение амплитуды  $\varphi$ . В результате наложения этих и других колебаний получается достаточно сложная картина вариаций угла закручивания маятника, длящаяся от нескольких десятков минут до нескольких суток. Время нарастания и убывания этих вариаций зависит от скорости прохождения частот внешних возмущений резонансной зоны.

Плоскость линейно поляризованных колебаний определяется углом прецессии  $q_3$ , который с точностью до  $O(1)$  равен:

$$\operatorname{tg} q_3 = -\frac{w_3}{w_1}.$$

На него накладывается дрожание, определяемое углом  $q_2(t)$ .

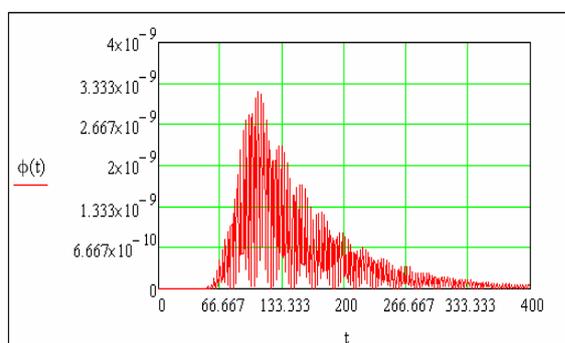
Построенные выше приближенные аналитические решения, согласно основным теоремам метода усреднения [10, 11], отличаются от точных решений на члены порядка  $\mu^2$  на достаточно большом отрезке времени  $\left[0, \operatorname{const}/\mu f_0\right]$ .

### 3.2 Результаты численных расчетов. Сопоставление с реальными записями

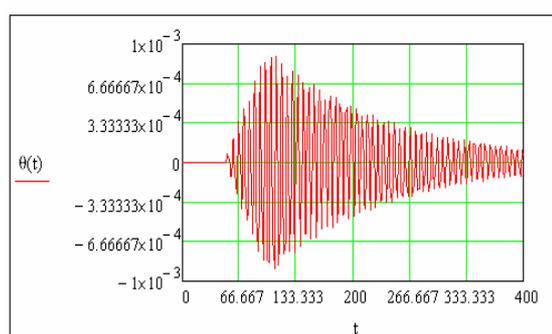
По приведенным выше формулам были рассчитаны вынужденные колебания сейсмического маятника. Внешние возмущения задавались в виде:

$$\begin{aligned} w_0 w_1 &= B_1 \sin(\nu_1 t), w_0 w_3 = B_3 \sin(\nu_1 t), \Omega_0 \Omega_1 = C_1 \sin(\nu_{11} t), \\ \Omega_0 \Omega_3 &= C_3 \sin(\nu_{11} t), \varepsilon_0 \varepsilon_2(t) = D_2 \sin(\nu_{22} t). \end{aligned} \quad (3.23)$$

На рисунках 1 а, б приведены графики вынужденных нутационных и крутильных колебаний маятника, близких к плоско поляризованным колебаниям под действием  $\bar{W}$  и при отсутствии внешних угловых возмущений ( $C_1 = C_3 = D_2 = 0$ ). Вынуждающая сила задавалась первым и вторым соотношениями (3.23), частота которой  $\nu_1$  при входе в резонансную зону и выходе из нее изменялась трапецидальным образом (рисунок 1).



а)



б)

$$\nu_1(s) := \begin{cases} 10 \cdot \omega_1 & \text{if } 0 \leq s \leq 30 \\ \omega_1 \cdot (23.5 - 0.45 \cdot s) & \text{if } 30 < s \leq 50 \\ \omega_1 & \text{if } 50 < s \leq 100 \\ \omega_1 \cdot (0.45 \cdot s - 44) & \text{if } 100 < s \leq 120 \\ 10 \omega_1 & \text{if } 120 < s \leq 400 \end{cases}$$

$$B_1 = 1, B_2 = 0, q_3 = \frac{\pi}{4}, f_0 = 0.9$$

Рисунок 1 – Вынужденные нутационные и крутильные колебания маятника, близкие к линейно поляризованным (а, б)

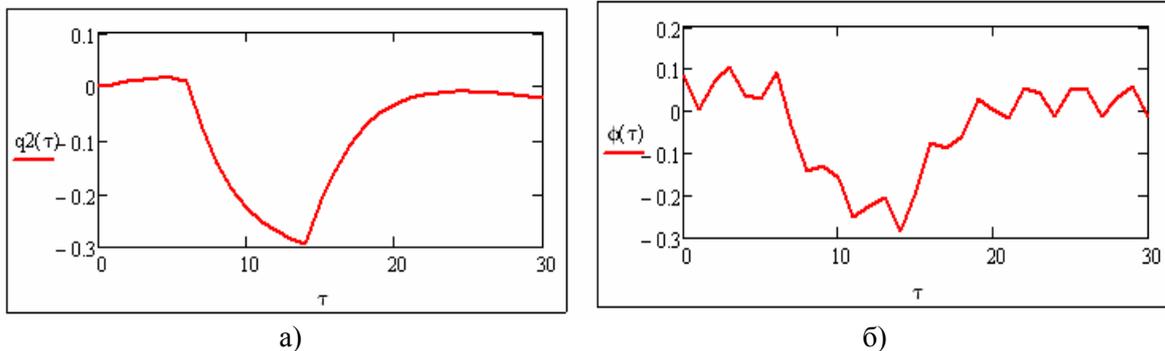
Как видно из рисунков 1 а, б, при  $\nu_1 \rightarrow \omega_1$  амплитуда угловых координат резко возрастает. При выходе частоты внешней силы  $\nu_1$  из резонансной зоны амплитуды угловых координат затухают тем быстрее, чем больше коэффициент трения. Следует отметить, что амплитуда угла закручивания изменяется во времени на 5-6 порядков меньше соответствующей амплитуды угла нутации. Она возрастает при увеличении внешней амплитуды  $B_1$  и периодическим образом

зависит от угла прецессии  $q_{30}$ , задающим плоскость поляризованных колебаний. Интересно отметить, что если частота внешних сил  $\nu_1$  проходит резонансную зону трапецеидальным образом, но стартует из области пониженных значений (например,  $\nu_1(0) = 0,1\omega_1$ ), то картина колебаний практически не изменяется.

Была проведена серия расчетов с целью выяснения влияния входных параметров на колебания при трапецеидальном изменении частот внешних угловых возмущений. Частота возмущающих сил нутационных колебаний полагалась равной резонансной частоте  $\omega_1$ . За характерный безразмерный масштаб времени принята величина  $\tau = \frac{\omega_2 t}{2\pi}$ . Расчеты показали, что

угловые координаты  $q_2$ ,  $\varphi$  изменяются бухтообразным образом, и на них накладываются малые «дрожания» от нутационных колебаний маятника. Следует отметить, что если  $\nu_1 \neq \omega_1$  (например,  $\nu_1 = 0,4$  или 10), т.е. нутационные колебания происходят не на резонансной частоте, то картина колебаний практически не изменится (при сохранении неизменными остальных входных параметров задачи).

Дальнейшие расчеты показали, что существенное уменьшение коэффициента трения приводит к существенному изменению профиля бухты. Увеличение же амплитуды внешних поступательных возмущений в 20 раз приводит к увеличению амплитуды нутационных колебаний, которые накладываются на бухтообразное изменение угловой координаты  $q_2$ . Это вносит существенные коррективы в поведение угла закручивания в зависимости от коэффициента трения (рисунки 2 а, б).



$$C_1 = 1, C_3 = 5, \mu = 8 \cdot 10^{-3}, f_0 = 0,05, D_2 = 4, q_3 = \frac{\pi}{4}, B_1 = 80, \nu_1(\tau) = \omega_1, \nu_{11}(s) = \nu_{22}(s),$$

$$\nu_{11}(s) := \nu_{22}(s) := \begin{cases} 0,04 \cdot \pi & \text{if } 0 \leq s \leq 4 \\ (0,49 \cdot s - 1,94) \cdot 2\pi & \text{if } 4 < s \leq 6 \\ 2 \cdot \pi & \text{if } 6 < s \leq 14 \\ (7,86 - 0,49 \cdot s) \cdot 2\pi & \text{if } 14 < s \leq 16 \\ 0,04 \cdot \pi & \text{if } 16 < s \leq 30 \end{cases}$$

Рисунок 2 – Вынужденные крутильные колебания (а, б)

Влияние нутационных колебаний на  $\varphi$  усиливается, и профиль крутильных колебаний приобретает пилообразный характер. При дальнейшем увеличении амплитуды  $B_1$  бухта крутильных колебаний практически пропадает, и крутильные колебания носят явно пилообразный характер.

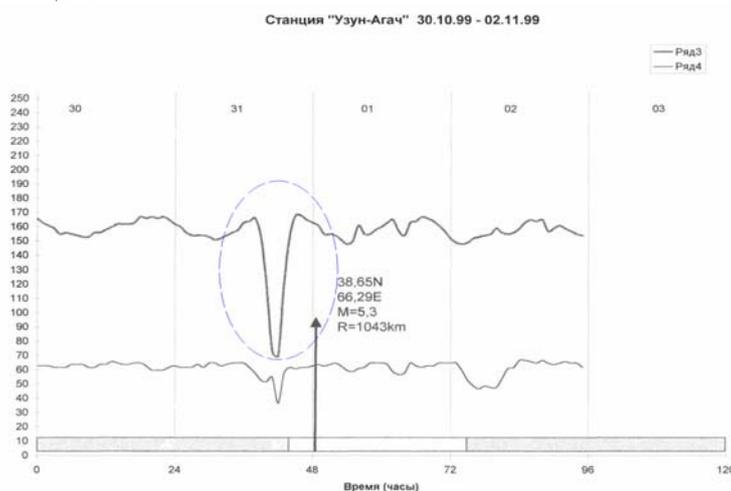
Если угловые частоты стартуют из области пониженных значений, то картина практически не меняется, имеются лишь небольшие локальные отличия в профилях колебаний угловых координат.

Отметим, что увеличение амплитуд  $C_1, C_2$  в  $20 \div 100$  раз существенно не сказывается на общей картине колебаний. Это и понятно, поскольку их вклад в общие крутильные колебания мал.

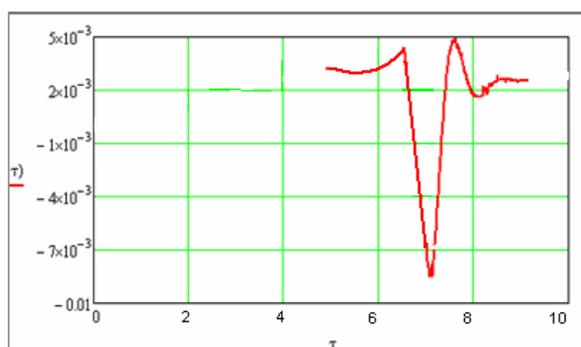
Далее была проведена серия расчетов с целью выяснения влияния согласованности прохождения частотами  $V_1, V_{22}$  внешних возмущений резонансных зон на крутильные колебания маятника. Было установлено: если резонансная зона  $V_1$  перекрывает всю резонансную зону  $V_{22}$ , то нутационные колебания возмущают всю бухтообразную область изменения угла закручивания. Если только левую или правую части, то, соответственно, нутационные колебания возмущают левую или правую части ветви кривой крутильных колебаний. При малом коэффициенте трения общая картина крутильных колебаний практически не изменяется, независимо от того, стартуют ли частоты внешних возмущений из области повышенных или пониженных значений. При существенном коэффициенте трения глубина бухты остается прежней, но резко изменяется кривая крутильных колебаний перед и после бухты.

Отметим, что пикообразное нарастание (рисунок 1 б) и бухтообразное поведение угла закручивания маятника (рисунок 2 б) характерны для реальных записей приборов «Алем» [8].

На рисунке 3 а приведены четырехсуточные записи углов закручивания двух маятников (ряды 3, 4) прибора «Алем» на станции «Узун-Агач», полученные с 30.10.99г. по 02.11.99г. Стрелкой обозначен момент землетрясения и рядом указаны параметры произошедшего землетрясения и его расстояния от центрального сейсмополигона в г. Алматы. Графики построены по среднечасовым значениям. По оси абсцисс отложено время, по оси ординат - показания прибора угла закручивания в относительных единицах.



а) Реальная запись углов закручивания прибора «Алем» на станции «Узун-Агач»



$$v1(\tau) := \begin{cases} n \cdot \omega 1 & \text{if } 0 \leq \tau \leq a \\ b1 - A1 \cdot \tau & \text{if } a < \tau \leq b \\ m \cdot \omega 1 & \text{if } b < \tau \leq c \\ b2 + A2 \cdot \tau & \text{if } c < \tau \leq d \\ n \cdot \omega 1 & \text{if } d < \tau \leq 30 \end{cases}$$

$$v22(s) := \begin{cases} 0.007 \cdot \pi & \text{if } 0 \leq s \leq 6.5 \\ [1 - \lambda \cdot (s - 7)^2] \cdot 2 \cdot \pi & \text{if } 6.5 < s \leq 7 \\ 0.003 \cdot \pi & \text{if } 7 < s \leq 16 \end{cases}$$

$$\mu := 7.6 \cdot 10^{-3} \quad \mu 0 := 0.4 \quad D2 := 4 \quad q3 := \frac{\pi}{2} \quad B1 := 0.2 \quad a := 16 \quad b := 17 \quad c := 18 \quad d := 19 \quad m := 3 \quad n := 0.05 \quad \lambda := 2$$

$$A1 := \frac{(n - m) \cdot \omega 1}{(b - a)} \quad b1 := \frac{\omega 1 \cdot (n \cdot b - m \cdot a)}{(b - a)} \quad A2 := \frac{(n - m) \cdot \omega 1}{(d - c)} \quad b2 := \frac{\omega 1 \cdot (d \cdot m - n \cdot c)}{(d - c)}$$

б) Синтетическая бухта угла закручивания маятника станции «Узун-Агач»

Рисунок 3 – Реальная и синтетическая бухты угла закручивания маятника станции «Узун-Агач»

Тем не менее, чтобы сопоставить реальные и синтетические записи, была выделена бухта (обозначена пунктирным эллипсом) и смоделирована синтетическая бухта, изображенная на рисунке 3 а. Вход частоты  $\nu_2$  в резонансную зону и выход из нее задавался параболической зависимостью от времени. Путем регулирования параметров внешних возмущений (рисунок 3 б) было достигнуто качественное сходство реальной и синтетической бухт. Мы не ставили перед собой задачу получения детального совпадения записей. Хотя при известной настойчивости можно добиться и этого, и количественного совпадения.

**5. Заключение.** Подведем итоги исследования георезонансов сейсмического крутильного маятника. С приходом сейсмического сигнала из очага будущего землетрясения с частотой, близкой к частоте линейных нутационных колебаний маятника, происходит возбуждение маятниковых колебаний. Часть энергии маятниковых колебаний передаётся в крутильные колебания в виде значительных или незначительных вариаций угла закручивания. Тем самым частично подтверждается гипотеза И.И. Калининкова о том, что на резонансных частотах происходит возбуждение маятниковых колебаний. На этом этапе маятник ведёт себя как приёмник. Одновременно происходит частичная перекачка энергии в его крутильные аномальные колебания. На этом этапе маятник ведёт себя как "индикатор" и "спектральный анализатор" сейсмических волн.

Параллельно из очага будущего землетрясения приходят угловые возмущения в виде крутильных колебаний грунта. При приближении частоты угловых возмущений к частоте линейных крутильных колебаний маятника и последующем удалении от нее образуется бухта угла закручивания. На бухту накладываются значительные или незначительные «дрожания» нутационных колебаний. Уровень «дрожаний» определяется характеристиками сейсмического сигнала, параметрами грунта, характеристиками маятника и начальными условиями процесса.

Если угловые возмущения не доходят до маятника или находятся вне зоны его чувствительности и происходит возбуждение нутационных колебаний, то вариации угла закручивания маятника проявляются в виде «высокочастотных пиков», частоты которых порядка 1Гц. Если возбуждение маятника происходит только за счет угловых возмущений, то вариации угла закручивания маятника проявляются в виде «гладких» бухт (частота порядка мГц).

В природе, по всей видимости, происходит различное по времени включение механизмов излучения сейсмических сигналов из очага будущего землетрясения, часть из которых регистрируется сейсмическими маятниками. В результате образуется комбинированная картина вариаций угла закручивания.

Наличие длиннопериодных бухтообразных вариаций угла закручивания маятника как раз и подтверждает существование крутильных колебаний грунта, вызванных микросейсмами из очага готовящегося землетрясения.

В работах [9, 14] при коэффициенте трения порядка  $\mu$  показана возможность существования стационарных колебаний. Установлена качественная связь стационарных колебаний маятника с процессами, протекающими в очаге будущего землетрясения. Проведена классификация вынужденных стационарных колебаний сейсмического крутильного маятника. Показано, что в двух случаях из трех стационарные колебания сопровождаются срывами амплитуд угловых координат, что подтверждается данными наблюдений [8].

Направления и перспективы дальнейших исследований в области краткосрочного и оперативного прогноза землетрясений сейсмическими крутильными маятниками обсуждены в работах [9, 15].

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зубков С.И. Предвестники землетрясений. М.: ОИФЗ РАН, 2002. 140с.
- 2 Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений. Основы, методика, реализация. М.: Наука, 2006. 254 с.
- 3 Любушин А.А. Анализ данных геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука, 2007. 278 с.
- 4 Калининков И.И. Консервативные системы для геофизических исследований. М.: 1983. 178с.
- 5 Зенков В.С., Калининков И.И., Нюнин М.И. и др. Эквивалентная шумовая температура в лаборатории и землетрясения. // Доклады АН СССР. 1978. Т. 239. №1. С.74-76.
- 6 Зенков В.С., Калининков И.И., Нюнин М.И. Оперативный прогноз сильных землетрясений. // Доклады АН СССР. 1980. Т. 254. №2. С. 325-327.
- 7 Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 307с.

- 8 Отчет НИР НПК "Прогноз", ГУ "Казселезащита", 1994-1999гг, 168с.  
 9 Мартынов Н.И. Введение в теорию колебаний сейсмического маятника. А.: 2005. 162с.  
 10 Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: 1974. 503 с.  
 11 Гребенников Е.А., Митропольский Ю.А. Метод усреднения в исследованиях резонансных систем. М.: 1992. 221 с.  
 12 Мартынов Н.И. Собственные нелинейные колебания сейсмического маятника // Вестник НАН РК, сер. физ.-мат., 2006. № 5, С. 48-51.  
 13 Мартынов Н.И. О бухтообразных вариациях угла закручивания сейсмического маятника // Доклады НАН РК. 2006. № 2. С. 66-69.  
 14 Мартынов Н.И. Классификация вынужденных нелинейных стационарных колебаний сейсмического маятника // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. 2006. № 6(56). С. 150-156.  
 15 Мартынов Н.И. О перспективах краткосрочного прогноза землетрясения крутильными сейсмическими маятниками // Журнал «Поиск» 2008. № 2. С.196-201.

## REFERENCES

- 1 Zubkov S.I. Predvestniki zemletrjasenij. *OIFZ RAN*, **2002**. 140 p. (In Russ.).
- 2 Zav'jalov A.D. Srednesrochnyj prognoz zemletrjasenij. Osnovy, metodika, realizacija. *Nauka*, **2006**. 254 p. (In Russ.).
- 3 Ljubushin A.A. Analiz dannyh geofizicheskogo i jekologicheskogo monitoringa. *Nauka*, **2007**. 278 p. (In Russ.).
- 4 Kalinnikov I.I. Konservativnye sistemy dlja geofizicheskikh issledovanij. *Nauka*, **1983**. 178 p. (In Russ.).
- 5 Zenkov V.S., Kalinnikov I.I., Njunin M.I. i dr. Jekvivalentnaja shumovaja temperatura v laboratorii i zemletrjasenija. // *Doklady AN SSSR*. **1978**. V. 239. №1. P.74-76. (In Russ.).
- 6 Zenkov V.S., Kalinnikov I.I., Njunin M.I. Operativnyj prognoz sil'nyh zemletrjasenij. // *Doklady AN SSSR*. **1980**. V. 254. №2. P. 325-327. (In Russ.).
- 7 Sejsmicheskoe rajonirovanie territorii SSSR. *Nauka*, **1980**. 307 p. (In Russ.).
- 8 Report NIR NPK "Prognoz", GU "Kazselezashhita", **1994-1999**, 168 p. (In Russ.).
- 9 Martynov N.I. Vvedenie v teoriju kolebanij sejsmicheskogo majatnika. *LEM*, **2005**. 162 p. (In Russ.).
- 10 Bogoljubov N.N., Mitropol'skij Ju.A. Asimptoticheskie metody v teorii nelinejnyh kolebanij. *Nauka*, **1974**. 503 p. (In Russ.).
- 11 Grebennikov E.A., Mitropol'skij Ju.A. Metod usrednenija v issledovanijah rezonansnyh sistem. *Nauka*, **1992**. 221 p. (In Russ.).
- 12 Martynov N.I. Sobstvennye nelinejnye kolebanija sejsmicheskogo majatnika // *Vestnik NAN RK*, **2006**. № 5, P. 48-51. (In Russ.).
- 13 Martynov N.I. O buhtooobraznyh variacijah ugla zakruchivanija sejsmicheskogo majatnika // *Doklady NAN RK*. **2006**. № 2. P. 66-69. (In Russ.).
- 14 Martynov N.I. Klassifikacija vynuzhdennyh nelinejnyh stacionarnykh kolebanij sejsmicheskogo majatnika // *Vestnik KazNTU im. K.I. Satpaeva*. **2006**. № 6(56). P. 150-156. (In Russ.).
- 15 Martynov N.I. O perspektivah kratkosrochnogo prognoza zemletrjasenija krutil'nymi sejsmicheskimi majatnikami // *Zhurnal Poisk*. **2008**. № 2. P. 196-201. (In Russ.).

## Резюме

*Н.И. Мартынов, М.А. Рамазанова, А.А. Чупрасов*

(ҚР БҒМ Ө.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы қ.)

СЕЙСМИКАЛЫҚ БҰРАЛМАЛЫ МАЯТНИКТИҢ СЫЗЫҚТЫ  
 ПОЛЯРЛАНҒАН ТЕРБЕЛІСТЕРГЕ ЖАҚЫН, БЕЙСЫЗЫҚ МӘЖБҮРЛІ ТЕРБЕЛІСТЕРІ

Болашақ жер сілкінуі әзірлеу кезеңінде іс жүзінде бақыланатын оның бұралу бұрышының найза тәріздес және қойнау тәріздес сипаттамасын түсінуге және түсіндіруге мүмкіндік берген сейсмикалық бұралмалы маятниктің георезонанстарының зерттеуі жүргізілген. «Әлем» маятнігі типтес аспаптардың нақты жазбаларына сәйкес синтетикалық қойнаулар үлгіленген.

**Кілт сөздер:** тербеліс, маятник, георезонанс, аспаптар, жер сілкінісі.

## Summary

*N.I. Martynov, M.A. Ramazanova, A.A. Chuprassov*

(Mechanics and engineering science institute of U.A. Dzholdasbekova of MOH RK, Almaty)

FORCED NONLINEAR PLANE-POLARIZED OSCILLATIONS OF THE SEISMIC PENDULUM

Research of the seismic torsional pendulum georesonances is conducted. Its results allowed to understand and explain pike- and bay-shaped behavior of the twist angle before the future earthquake. The artificial bays corresponding to real records of "Alem" workstations are simulated.

**Keywords:** oscillation, the pendulum georesonans, devices, earthquake

*Поступила 22.01.2013 г.*

УДК-534.1

*Н.И. МАРТЫНОВ, М.А. РАМАЗАНОВА, А.А. ЧУПРАСОВ*

(Институт механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова, г. Алматы)

## **СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО КРУТИЛЬНОГО МАЯТНИКА**

### **Аннотация**

Научная проблема прогноза землетрясений является одной из главных трудных и пока неразрешенных проблем естествознания. Разрешение этой проблемы, помимо научного аспекта, является насущной потребностью человечества.

**Ключевые слова:** прогноз, землетрясение, проблема, маятник, сейсмический.

**Кілт сөздер:** болжам, жер сілкінісі, мәселе, маятник, сейсмикалық.

**Keywords:** weather, earthquake, the problem, the pendulum seismic.

Если долгосрочный прогноз землетрясений, основанный на геолого-геофизических и сейсмологических наблюдениях, дает более или менее удовлетворительные результаты [1,2], то надежность среднесрочного прогноза по комплексу предвестников существенно ниже 0.5 и в редких случаях приближается к 0.5. Несмотря на огромное количество предвестников, ни один из них не дает точных оценок. В разных сейсмоактивных районах различные предвестники работают по-разному, давая большой разброс прогнозируемых параметров будущего землетрясения. Это связано как со сложностью исследования очага землетрясения, условий его зарождения и развития, так и с существенным влиянием помехообразующих факторов [3]. Ситуация с краткосрочным и оперативным прогнозом еще хуже: практически отсутствуют оценки надежности прогнозных предвестников.

В начале 20-го века один из основателей сейсмологии, князь Б.Б. Голицын, высказал мысль о том, что сейсмология очень сложная и трудная наука. Однако бог дал человеку обыкновенный маятник, являющийся гносеологическим прибором, с помощью которого человек (при разумном его использовании) сможет познать многие законы природы и, в том числе, многие законы сейсмологии.

С целью краткосрочного и оперативного прогноза землетрясений был разработан сейсмический маятник крутильного типа [4]. Наиболее глубокое исследование в этой области дано в работах группы Калининкова И.И. [4-8]. На основе качественной физической модели с оценкой некоторых параметров колебаний маятника и сейсмических воздействий, с привлечением статистических методов, Калининковым И.И. и другими сотрудниками Института Физики Земли была разработана методика оперативного прогноза землетрясений [5-9].

После Спитакского землетрясения 1988г., по предложению председателя Совета министров СССР Н.И. Рыжкова и первого президента Республики Казахстана Н.А. Назарбаева в течение 1989-1993гг. на территории Казахстана была создана сеть станций из 9 полигонов наблюдения за сейсмической ситуацией на юго-востоке республики. Каждый полигон оснащен прибором «Алем», состоящим из двух крутильных маятников и других приборов, работающих в режиме реального времени. Опыт эксплуатации сети позволил собрать уникальный материал о готовящихся землетрясениях и показал, что прогнозные признаки могут проявляться от нескольких часов до нескольких суток перед землетрясением. Прогнозные признаки с надежностью не менее 70% выражаются в регулярных, как правило, ежедневных отклонениях показаний приборов от своего установившегося уровня, либо в пикообразном, либо в бухтообразном изменении углов закручивания маятника [10,11].

Несмотря на определенные успехи в понимании связи поведения крутильного маятника с сейсмической обстановкой, установить какие-либо количественные соотношения не удалось и, в первую очередь, из-за отсутствия достаточно строгой теории. Следует отметить, что существенный прогресс в компьютерных технологиях и численных методах не позволяет "перебрать" все варианты численного решения, а значит, полно оценить влияние всех параметров колебания маятника и глубоко изучить природу явления. На эти вопросы, в определенной мере, способна ответить количественная теория, базирующаяся на приближенном аналитическом решении.

Такая аналитическая теория начала разрабатываться в Казахстане с конца 2003 года. Она позволила заложить основы теории колебаний сейсмического маятника [12]. С использованием метода усреднения были получены аналитические выражения для расчета всех угловых характеристик сейсмического маятника. Собственные затухающие нелинейные колебания, а также вынужденные нелинейные колебания маятника описаны в квадратурах. Соответствующие теоремы методов усреднения гарантируют близость точных и приближенных аналитических решений на достаточно большом отрезке времени [13-15]. Полученные результаты качественно хорошо согласуются с экспериментальными данными. Тем не менее основы аналитической теории [12,16] нуждаются в существенной переработке и выполнении расчетной части.

Ниже кратко приводится вывод основных расчетных характеристик и параметров свободных затухающих нелинейных колебаний. Проведено соответствующее компьютерное моделирование. Установлены закономерности и особенности свободных затухающих колебаний сейсмического маятника.

**Свободные затухающие колебания.** Колебания сейсмического маятника описываются тремя степенями свободы ( $\psi$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$ ) в модифицированной эйлеровой системе координат, где  $\psi$  - угол прецессии,  $\theta$  - угол нутации,  $\varphi$  - угол собственного закручивания [12,16]. Там же выделен малый параметр  $\mu$ , который представляет собой отношение частот линейных крутильных и нутационных колебаний. Для реального сейсмического маятника на станции "Медео"  $\mu = 0.0076$ . В целях упрощения исследования вводятся обобщенные угловые координаты ( $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ) и соответствующие им обобщенные импульсы ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ).

$$\psi = F_1(q_1, q_2, q_3) = \arcsin \left( \frac{q_1 \sqrt{1 - \frac{q_1^2}{4}}}{Z_0} \cos q_3 \right), \quad \theta = F_2(q_1, q_2, q_3) = \arcsin \left( q_1 \sqrt{1 - \frac{q_1^2}{4}} \sin q_3 \right), \quad (1)$$

$$\varphi = F_3(q_1, q_2, q_3) = q_2 + \arcsin \left( \frac{q_1^2 \sin(2q_3)}{4 Z_0} \right) \cos \theta = \sqrt{\cos^2 q_3 + \left(1 - \frac{q_1^2}{2}\right)^2 \sin^2 q_3} = Z_0$$

Реальные системы неконсервативные. Процесс диссипации энергии в них оказывает существенное влияние на их движение. В связи с этим рассмотрим свободные затухающие колебания высокочастотного модельного сейсмического маятника с учетом сил трения. Такое движение маятника в безразмерных переменных описывается системой уравнений [12,16]:

$$\dot{q}_1 = \left(1 - \frac{\mu^2 q_1^2}{4}\right) P_1, \quad \dot{q}_2 = \frac{P_2}{a} - \frac{\mu}{2} P_3, \quad \dot{q}_3 = \frac{\mu^2}{4} (P_3 - 2P_2) + \frac{P_3}{q_1^2} \quad (2)$$

$$\dot{P}_1 + 2\mu f_0 P_1 + q_1 - \frac{P_3^2}{q_1^3} = \frac{\mu^2}{4} q_1 P_1^2, \quad \dot{P}_2 + 2\mu f_0 P_2 + \mu^2 a q_2 = 0, \quad \dot{P}_3 + 2\mu f_0 P_3 = 0. \quad (3)$$

где  $f_0$  – безразмерный коэффициент трения,  $\square$  - расстояние от центра тяжести маятника до центра крепления галтели.

Из третьего уравнения (3) после интегрирования имеем:

$$P_3 = P_0 e^{-2\mu f_0 t}. \quad (4)$$

Выражая  $\bar{P}_2$  из второго уравнения (2) и подставляя во второе уравнение (3), получим:

$$\ddot{q}_2 + 2\mu f_0 \dot{q}_2 + \mu^2 q_2 = 0. \quad (5)$$

Решение уравнения (5) при  $f_0 < 1$  имеет вид:

$$q_2 = A_2 e^{-\mu f_0 t} \cos \psi_2, \quad (6)$$

где

$$\psi_2 = \mu \omega_2 t + e_2, \quad \omega_2 = \sqrt{1 - f_0^2}. \quad (7)$$

Тогда

$$P_2 = (\dot{q}_2 + \frac{\mu}{2} P_3) = \mu a e^{-\mu f_0 t} \left[ \frac{P_0}{2} e^{-\mu f_0 t} - A_2 \cos(\psi_2 - e_2') \right], \quad (8)$$

где

$$f_0 = \cos e_2', \quad \omega_2 = \sin e_2', \quad f_0^2 + \omega_2^2 = 1. \quad (9)$$

Выразим  $P_1$  из первого уравнения (2) и подставим в первое уравнение (3):

$$\ddot{q}_1 + 2\mu f_0 \dot{q}_1 + q_1 - \frac{P_3^2}{q_1^3} = \frac{\mu^2}{4} \left( q_1^3 - q_1 \dot{q}_1^2 - \frac{P_3^2}{q_1} \right). \quad (10)$$

Сделаем замену переменной:

$$q_1 = u e^{-\mu f_0 t}. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10) и учитывая (4), уравнение (5) можно привести к виду:

$$\ddot{u} + (1 - \mu^2 f_0^2) u - \frac{P_0^2}{u^3} = \frac{\mu^2}{4} e^{-2\mu f_0 t} (u^3 - u \dot{u}^2 - \frac{\dot{P}_0^2}{u}). \quad (12)$$

Здесь возможны два варианта. В первом варианте, когда  $P_0 = 0$ , колебания маятника будут линейно поляризованными, т.е. нить маятника будет колебаться в фиксированной плоскости, проходя положение равновесия маятника. Во втором варианте, когда  $P_0 \neq 0$ ,  $q_1(t)$  нигде не обращается в нуль [12].

Перейдём теперь ко второму варианту. Уравнение для  $u(t)$  во времени есть уравнение (12). Обозначим:

$$\delta = 1 + \mu^2 f_0^2, \quad \omega_0 = 2 \left( 1 - \frac{\mu^2 f_0^2}{2} \right). \quad (13)$$

Рассмотрим уравнение:

$$\ddot{u} + (1 - \mu^2 f_0^2) u - \frac{P_0^2}{u^3} = 0, \quad (14)$$

которое назовём порождающим для уравнения (12). Его решение можно записать в виде:

$$u = \sqrt{\delta(c + \Delta \cos \psi)}, \quad (15)$$

где  $t_0, c$  – произвольные постоянные, а

$$\psi = \omega_0(t - t_0), \quad \Delta = \sqrt{C^2 - P_0^2(1 - \mu^2 f_0^2)}. \quad (16)$$

Решение уравнения (12) ищем методом вариации произвольных постоянных в виде:

$$u = \sqrt{\delta(\alpha + \Delta \cos \psi)}, \quad \dot{u} = -\frac{\omega_0 \delta \Delta \sin \psi}{2u}, \quad \psi = \omega_0(t - \beta), \quad \Delta = \sqrt{\alpha^2 - P_*^2}, \quad P_*^2 = (1 - \mu^2 f_0^2) P_0^2, \quad (17)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – неизвестные функции. Уравнение (12) заменится эквивалентной системой двух уравнений, записанной в стандартной форме [12]:

$$\dot{\alpha} = -\frac{\mu^2 \Delta_0^2}{4} \sin 2\psi e^{-\tau}, \quad \dot{\psi} = \omega_0 - \frac{\mu^2}{2} (\Delta_0 + \alpha \cos \psi) \cos \psi e^{-\tau}, \quad (18)$$

где  $\tau = 2\mu f_0 t$  – медленное время.

Замену переменных Крылова-Боголюбова ищем в виде [13-15]:

$$\begin{aligned}\alpha &= \bar{\alpha} + \mu^2 u_1(\tau, \bar{\alpha}, \bar{\psi}) + \mu^4 u_2(\tau, \bar{\alpha}, \bar{\psi}) + \dots, \\ \psi &= \bar{\psi} + \mu^2 v_1(\tau, \bar{\alpha}, \bar{\psi}) + \mu^4 v_2(\tau, \bar{\alpha}, \bar{\psi}) + \dots\end{aligned}\quad (19)$$

Эта замена преобразует систему (18) в систему сравнения:

$$\begin{aligned}\frac{d\bar{\alpha}}{dt} &= \mu^2 S_1(\tau, \bar{\alpha}) + \mu^4 S_2(\tau, \bar{\alpha}) + \dots \\ \frac{d\bar{\psi}}{dt} &= \omega_0 + \mu^2 G_1(\tau, \bar{\alpha}) + \mu^4 G_2(\tau, \bar{\alpha}) + \dots\end{aligned}\quad (20)$$

Здесь  $\bar{\alpha}$ ,  $\bar{\psi}$  – неизвестные средние значения  $\alpha$ ,  $\psi$ ;  $\tau$  – медленное время; знак "–" означает среднее значение, функции  $u_1$ ,  $u_2$ , ...,  $v_1$ ,  $v_2$ , ...,  $S_1$ ,  $S_2$ , ...,  $G_1$ ,  $G_2$ , ... – неизвестные функции, подлежащие определению. Суть метода усреднения состоит в том, что уравнение (12) или эквивалентная ему система (18) с помощью определенной процедуры замены переменных представляется более простой системой уравнений, которая поддается решению или более глубокому анализу. При этом решения (18) и (20) должны отличаться между собой на сколь угодно малую величину на достаточно большом отрезке времени. Ограничимся первым приближением, которое в данном случае совпадает со вторым. В виду аналитичности правой части уравнения (12) и построенное решение (20) в абсолютной норме будут отличаться между собой на величину, не более чем  $O(\mu^2)$  на отрезке времени  $L/\mu^2$ , где  $L$  может быть достаточно большим числом [14].

Проведя необходимые операции для метода усреднения, получим систему уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u_1}{\partial \bar{\psi}} &= -\frac{1}{2} \left\{ S_1(\tau, \bar{\alpha}) + \frac{\bar{\Delta}^2}{4} \sin 2\bar{\psi} e^{-\tau} \right\}, & \frac{\partial v_1}{\partial \bar{\psi}} &= -\frac{1}{2} \left\{ G_1(\tau, \bar{\alpha}) + \left[ \frac{\bar{\Delta}}{2} \cos \bar{\psi} + \frac{\bar{\alpha}}{4} (1 + \cos 2\bar{\psi}) \right] e^{-\tau} \right\}, \\ \bar{\Delta} &= \sqrt{\bar{\alpha}^2 - P_0^2}\end{aligned}\quad (21)$$

Усредняя правые части (21) по  $\bar{\psi}$  и полагая их равными нулю, определяем  $S_1(\tau, \bar{\alpha})$ ,  $G_1(\tau, \bar{\alpha})$ :

$$S_1(\tau, \bar{\alpha}) = 0, \quad G_1(\tau, \bar{\alpha}) = -\frac{\bar{\alpha}}{4} e^{-\tau}.\quad (22)$$

Подставим (22) в (21) и выполним интегрирование:

$$\begin{aligned}u_1(\tau, \bar{\alpha}, \bar{\psi}) &= \frac{\bar{\Delta}^2}{16} e^{-\tau} \cos 2\bar{\psi}, \quad v_1(\tau, \bar{\alpha}, \bar{\psi}) = -\frac{e^{-\tau}}{4} \left[ \bar{\Delta} \sin \bar{\psi} + \frac{\bar{\alpha}}{4} \sin 2\bar{\psi} \right], \\ \alpha &= \bar{\alpha} + \frac{\mu^2}{16} \bar{\Delta}^2 e^{-\tau} \cos 2\bar{\psi}, \quad \psi = \bar{\psi} - \frac{\mu^2}{4} e^{-\tau} \left[ \bar{\Delta} \sin \bar{\psi} + \frac{\bar{\alpha}}{4} \sin 2\bar{\psi} \right], \\ \frac{d\bar{\alpha}}{dt} &= 0, \quad \frac{d\bar{\psi}}{dt} = \omega_0 - \frac{\mu^2 \bar{\alpha}}{4} e^{-\tau}.\end{aligned}\quad (23)$$

Здесь учтено, что постоянные интегрирования  $\varphi_1(\tau, \bar{\alpha})$ ,  $\psi_1(\tau, \bar{\alpha}) = 0$  для того, чтобы преобразование Крылова-Боголюбова имело тригонометрическую форму [14]. Из последних двух соотношений (23) после интегрирования по  $t$  следует:

$$\bar{\alpha} = \bar{\alpha}_0 = \text{const}, \quad \bar{\psi} = \omega_0 t - \frac{\mu}{8f_0} \bar{\alpha}_0 (1 - e^{-\tau}) + \bar{\psi}_0.\quad (24)$$

Определим  $\bar{\alpha}_0$  и  $\bar{\psi}_0$ , используя соотношения (23):

$$\alpha_0 = \bar{\alpha}_0 + \frac{\mu^2}{16} \bar{\Delta}_0^2 \cos 2\bar{\psi}_0, \quad \bar{\Delta}_0 = \sqrt{\bar{\alpha}_0^2 - P_0^2}, \quad \psi_0 = \bar{\psi}_0 - \frac{\mu^2}{4} \left[ \bar{\Delta}_0 \sin \bar{\psi}_0 + \frac{\bar{\alpha}_0}{4} \sin 2\bar{\psi}_0 \right],\quad (25)$$

где начальная амплитуда  $\alpha_0$  и фаза  $\psi_0$  определяются из начальных условий:

$$u_0^2 = q_{10}^2 = \alpha_0 + \Delta_{00} \cos \psi_0, \quad \Delta_{00} = \sqrt{\alpha_0^2 - P_0^2}, \quad 2u_0 \dot{u}_0 = 2q_{10} \left( \dot{q}_{10} + \mu f_0 q_{10} \right) = -\omega_0 \delta_0 \Delta_{00} \sin \psi_0.\quad (26)$$

Сдвигая отсчет времени так, чтобы  $\bar{\psi}_0 = 0$ , получим:

$$\begin{aligned} \bar{\alpha} = \bar{\alpha}_0 = \alpha_0 - \frac{\mu^2}{16} \Delta_{00}^2, \quad \bar{\psi}_0 = \psi_0 = 0, \quad \bar{\psi} = \omega_0 t - \frac{\mu}{8f_0} \bar{\alpha} (1 - e^{-\tau}), \\ \alpha = \alpha_0 + \frac{\mu^2 \Delta_{00}^2}{16} (e^{-\tau} \cos 2\bar{\psi} - 1), \quad \psi = \bar{\psi} - \frac{\mu^2}{4} e^{-\tau} \left[ \Delta_{00} \sin \bar{\psi} + \frac{\alpha_0}{4} \sin 2\bar{\psi} \right] \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} q_1^2 = \delta e^{-\tau} \left\{ (\alpha_0 + \Delta_{00} \cos \bar{\psi}) + \frac{\mu^2 \Delta_{00}^2}{8} e^{-\tau} \sin^2 \bar{\psi} + \frac{\mu^2 \Delta_{00}}{16} (e^{-\tau} - 1) (\Delta_{00} + \alpha_0 \cos \bar{\psi}) + \frac{\mu^2 f_0^2 P_0^3}{2\Delta_{00}} \cos \bar{\psi} \right\}, \\ q_1 = \sqrt{\delta} e^{\frac{\tau}{2}} \left\{ \sqrt{(\alpha_0 + \Delta_{00} \cos \bar{\psi})} + \frac{\mu^2 \Delta_{00}^2}{16 \sqrt{(\alpha_0 + \Delta_{00} \cos \bar{\psi})}} [e^{-\tau} \sin^2 \bar{\psi} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} (e^{-\tau} - 1) \left( 1 + \frac{\alpha_0}{\Delta_{00}} \cos \bar{\psi} \right) + \frac{f_0^2 P_0^3}{4\Delta_{00}^3} \cos \bar{\psi} \right] \right\} \end{aligned} \quad (28)$$

Предельным переходом при  $f_0 \rightarrow 0$  соотношения (28) переходят в соответствующие соотношения для незатухающих колебаний [12]. Подставляя (4), (6), первое соотношение (28) в третье уравнение (2) и выполняя интегрирование с учётом начальных условий, получим:

$$q_3(t) = q_3(0) + \frac{\mu(1-\mu a)P_0}{8f_0} (1 - e^{-\tau}) + \frac{\mu^2 a A_2}{2} \left( \cos e_2 - e^{-\frac{\tau}{2}} \cos \psi_2 \right) + (1 - \mu^2 f_0^2) \int_0^t \frac{P_0}{u^2} dt. \quad (29)$$

Определённый интеграл, стоящий в правой части (27), в общем случае не выражается через элементарные и специальные функции, поэтому его необходимо вычислять каким-либо численным методом. Обычно  $f_0 \ll 1$ , и поэтому третьим и четвёртым членами в фигурных скобках первого соотношения (28) можно пренебречь.

Вычислим интеграл в правой части (29) в предположении, что  $\tau = const$ . Получим:

$$J_0^{(1)} = e^{-\tau} \left\{ \left[ 1 + \frac{\mu^2}{8} P_0 - \frac{\mu \alpha_0}{16 f_0} (1 - e^{-\tau}) \right] t - \arctg \left( \frac{\chi_1 \sin \bar{\psi}}{1 + \chi_1 \cos \bar{\psi}} \right) \right\}, \quad (30)$$

где 
$$\chi_1 = \frac{\Delta_{00}}{(\alpha_0 + P_0)} \left\{ 1 + \frac{\mu^2 P_0}{8} \left( 9e^{-\tau} - 8 + \frac{4f_0^2 P_0 \alpha_0}{\Delta_{00}^2} \right) \right\}. \quad (31)$$

При  $f_0 \rightarrow 0$  интеграл (30) переходит в соответствующий интеграл для свободных колебаний [12]. При  $P_0 = 0$  получим соответствующие формулы для линейно поляризованных колебаний [12, 16].

Прямым вычислением нетрудно показать, что на отрезке времени  $T = c_1 \tau$  ( $c_1 = const$ ),  $|J_0 - J_0^{(1)}| < \mu^2 const$ . Здесь через  $J_0$  обозначен интеграл в правой части (29).

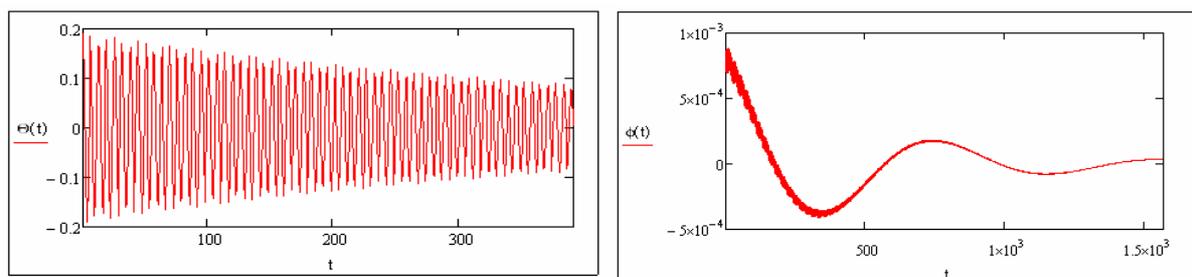
Если удержать члены в выражениях (28), (30) с точностью до  $O(1)$  и подставить их в третье соотношение (1), то изменение угла закручивания будет:

$$\varphi_2 = q_2 + \frac{D_0}{4} \sin 2q_3 e^{-\tau} + \frac{D_0^2}{8} \sin 2q_3 \sin^2 q_3 e^{-2\tau} + \dots, \quad (32)$$

где 
$$D_0 = \alpha_0 + \Delta_{00} \cos \psi. \quad (33)$$

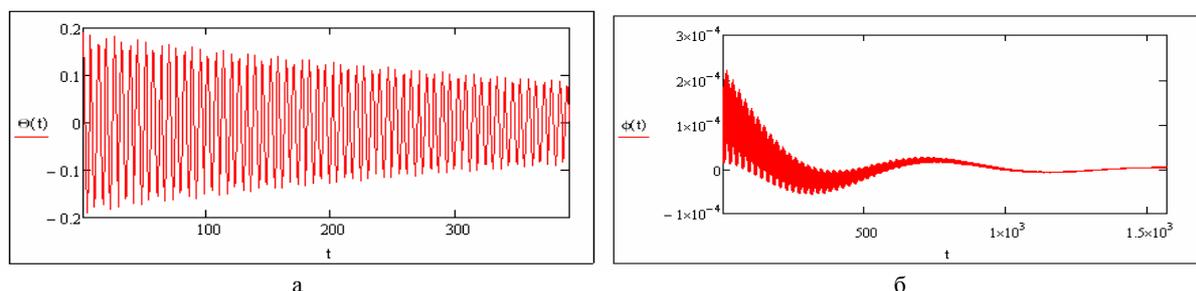
**Результаты численных расчетов.** На рисунках 1–3 приведены графики свободных затухающих колебаний угловых координат  $\theta, \varphi$  для общего случая колебаний, а на рисунке 4 для линейно поляризованных колебаний. Интеграл  $J_0$  (30) в безразмерных координатах вычислялся приближенно с точностью до  $\varepsilon = 10^{-7}$ .

На рисунках отчетливо прослеживается влияние трения, которое приводит через определенное время к затуханию колебаний. Увеличение коэффициента трения уменьшает время затухания колебаний и нутационных дрожаний, которые накладываются на крутильные колебания. И наоборот, уменьшение коэффициента трения приводит к увеличению времени затухания и нутационных дрожаний. Кроме того, увеличение коэффициента трения незначительно уменьшает частоту колебаний угловой координаты  $q_1$  и значительно-угловой координаты  $q_2$ . Основное влияние трения сказывается на амплитудах соответствующих колебаний. Аналогичные закономерности колебаний от влияния трения, как показали расчеты, характерны и для случая колебаний близких к линейно поляризованным колебаниям.



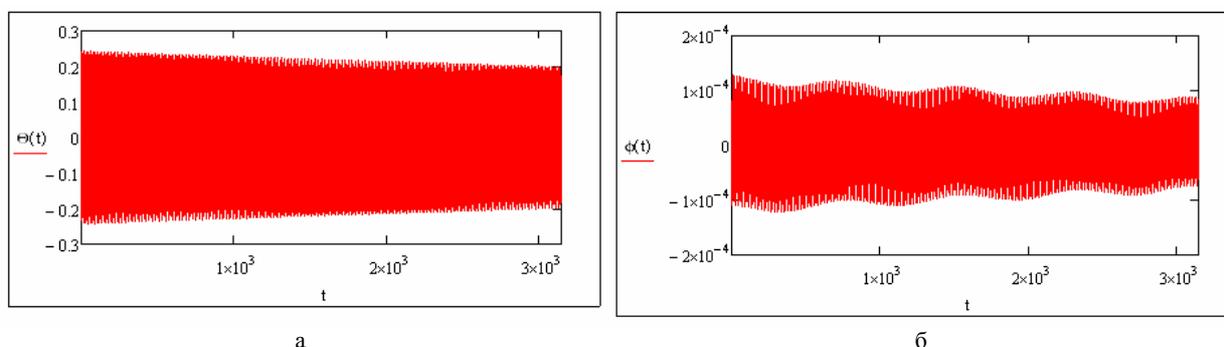
$$\mu = 8 \cdot 10^{-3}; \alpha = 0.06; q_{30} = \frac{\pi}{8}; e_2 = \frac{\pi}{12}; a = 0.8; A_2 = 0.0008; P_0 = 0.05; f_0 = 0.25$$

Рисунок 1 - Графики зависимостей угловых координат  $\theta, \varphi$  от времени (а,б)



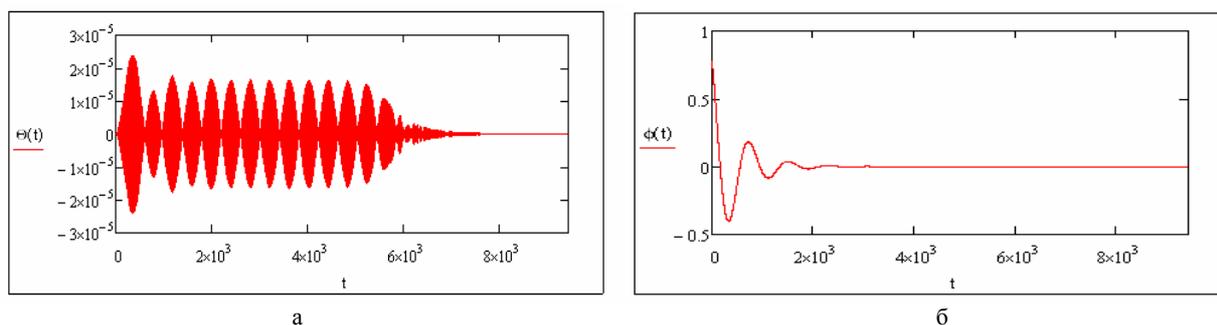
$$\mu = 8 \cdot 10^{-3}; \alpha = 0.06; q_{30} = \frac{\pi}{8}; e_2 = \frac{\pi}{12}; a = 0.8; A_2 = 0.00008; P_0 = 0.05; f_0 = 0.25$$

Рисунок 2 - Графики зависимостей угловых координат  $\theta, \varphi$  от времени (а,б)



$$\mu = 8 \cdot 10^{-3}; \alpha = 0.06; q_{30} = \frac{\pi}{8}; e_2 = \frac{\pi}{12}; a = 0.8; A_2 = 0.000008; P_0 = 0.05999; f_0 = 0.008$$

Рисунок 3 - Графики зависимостей угловых координат  $\theta, \varphi$  от времени (а,б)



$$\mu = 8 \cdot 10^{-3} ; A = 0.8 ; q_{30} = 0 ; e_2 = \frac{\pi}{12} ; a = 0.8 ; A_2 = 0.8 ; f_0 = 0.25$$

Рисунок 4 - Графики зависимостей угловых координат  $\theta, \varphi$  от времени при колебаниях, близких к линейно поляризованным (а,б)

Графики на рисунках для общего случая затухания дают представление о влиянии начальных параметров на угловые координаты  $\theta, \varphi$ . Уменьшение начальной амплитуды  $A_{20}$  (рисунки 1б - 3б) увеличивает влияние нутационных дрожаний на крутильные колебания. Увеличение начального импульса  $P_0$  и уменьшение коэффициента трения (рисунки 2б, 3б) способствует также увеличению нутационных дрожаний и времени их влияния на крутильные колебания.

На рисунке 4 приведены графики угловых координат  $\theta, \varphi$  при свободных затухающих колебаниях, близких к линейно поляризованным. При  $q_3(0)=0$  эффект модуляции нутационных колебаний становится более явным (4а). На рисунке 4а начало процесса характеризуется большим по времени и амплитуде полуциклом. Затем следует меньший полуцикл, а далее следуют 11 примерно одинаковых полуциклов. Завершается процесс меньшим полуциклом, после чего происходит относительно резкое затухание. Это связано с тем, что нутационные колебания  $\theta$  зависят от угловой координаты  $q_3$  (1), изменение которой во времени определяется изменением амплитуды  $A_2$  и частотой  $\mu\omega_2$ . Но  $A_2$  и  $\omega_2$  существенно зависят от коэффициента трения  $f_0$ . Поэтому наложение различных параметров, каждый из которых имеет свою скорость затухания и определяющие нутационные колебания, приводят к тому, что существует определенный интервал времени (на рисунке 4а, примерно,  $10^3 \div 4,7 \times 10^3$ ), на котором полуциклы модулированных колебаний примерно одинаковые.

Приведенные выше расчетные зависимости свободных затухающих колебаний количественно подтверждают первую гипотезу И.И. Калинникова [7] о влиянии нутационных колебаний сейсмического крутильного маятника на его крутильные колебания и устанавливают между ними аналитическую связь. Кроме того, для общего случая подтверждено влияние крутильных колебаний на нутационные через импульс  $P_0$  (вторая гипотеза И.И. Калинникова [7]). Для колебаний, близких к линейно поляризованным, такого влияния не наблюдается.

Работа выполнена в рамках грантового финансирования "Фундаментальные исследования в области естественных наук" № 0502/ГФ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Завьялов А.Д. Среднесрочный прогноз землетрясений. Основы, методика, реализация.- М.: Наука, 2006.- 254 с.
- 2 Зубков С.И. Предвестники землетрясений.- М.: ОИФЗ РАН, 2002.- 140 с.
- 3 Любушин А.А. Анализ данных геофизического и экологического мониторинга.- М.: Наука, 2007.- 278 с.
- 4 Калинников И.И. Консервативные системы для геофизических исследований.- М.: ИФЗ СССР, 1983.- 178 с.
- 5 Зенков В.С., Калинников И.И., Нюнин М.И., Нюнина Н.А., Синякова В.Ф. Эквивалентная шумовая температура в лаборатории и землетрясения // Доклады АН СССР.- 1978.- Т. 239.- №1.- С. 74-76.
- 6 Зенков В.С., Калинников И.И., Нюнин М.И. Оперативный прогноз сильных землетрясений // Доклады АН СССР, 1980.- Т. 254.- №2.- С. 325-327.
- 7 Калинников И.И. Консервативные системы для геофизических исследований.- М.: ИФЗ СССР, 1983.- 178 с.
- 8 Калинников И.И. Горизонтальные крутильные весы - сейсмоприемник с многопетлевой диаграммой направленности // Доклады АН СССР.- 1991.- Т. 317.- №4.- С. 868-872.

- 9 Калинин И.И., Матюнин В.П., Ньюнина Н.А., Гетманская В.В. Оперативный прогноз землетрясений в телесеismicкой зоне - реальность // Доклады РАН.- 1992.- Т.323.- №6.- С. 1068-1071.
- 10 Отчет НИР НПК «Прогноз».- Алматы: ГУ «Казсеиззащита», 1994-1999.- 168 с.
- 11 Отчет о научной деятельности Центральной лаборатории по прогнозу землетрясений НПК «Прогноз».- 2008.- 169 с.
- 12 Мартынов Н.И. Введение в теорию колебаний сейсмического маятника.- Алматы: ЛЕМ, 2005.- 162 с.
- 13 Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний.- М.: Наука, 1974.- 503 с.
- 14 Гребенников Е.А., Митропольский Ю.А. Метод усреднения в исследованиях резонансных систем.- М.: Наука, 1992.- 221 с.
- 15 Волосов В.М. Усреднение в системах обыкновенных дифференциальных уравнений // УМН. - 1962. - Т. 17. - № 6. - С. 3 - 126.
- 16 Мартынов Н.И. Собственные нелинейные колебания сейсмического маятника // Вестник НАН РК.- 2006. - № 5. - С. 48-51.

## REFERENCES

- 1 Zav'jalov A.D. Srednesrochnyj prognoz zemletrjasenij. Osnovy, metodika, realizacija. *Nauka*, **2006**, 254 p. (in Russ.).
- 2 Zubkov S.I. Predvestniki zemletrjasenij. *OIFZ RAN*, **2002**, 140 p. (in Russ.).
- 3 Ljubushin A.A. Analiz dannyh geofizicheskogo i ekologicheskogo monitoringa. *Nauka*, **2007**, 278 p. (in Russ.).
- 4 Kalinnikov I.I. Konservativnye sistemy dlja geofizicheskijh issledovanij. *IFZ SSSR*, **1983**, 178 p. (in Russ.).
- 5 Zenkov V.S., Kalinnikov I.I., Njunin M.I., Njunina N.A., Sinjakova V.F. Ekvivalentnaja shumovaja temperatura v laboratorii i zemletrjasenija *Doklady AN SSSR*, **1978**, Vol. 239, №1, P. 74-76 (in Russ.).
- 6 Zenkov V.S., Kalinnikov I.I., Njunin M.I. Operativnyj prognoz sil'nyh zemletrjasenij *Doklady AN SSSR*, **1980**, Vol. 254, №2, P. 325-327 (in Russ.).
- 7 Kalinnikov I.I. Konservativnye sistemy dlja geofizicheskijh issledovanij. *IFZ SSSR*, **1983**, 178 p. (in Russ.).
- 8 Kalinnikov I.I. Gorizontol'nye krutil'nye vesy - sejsmopriemnik s mnogolepestkovoj diagrammoj napravlenosti *Doklady AN SSSR*, **1991**, Vol. 317, №4, P. 868-872 (in Russ.).
- 9 Kalinnikov I.I., Matjunin V.P., Njunina N.A., Getmanskaja V.V. Operativnyj prognoz zemletrjasenij v telesejsmicheskoi zone - real'nost' *Doklady RAN*, **1992**, Vol.323, №6, P. 1068-1071 (in Russ.).
- 10 Report NIR NPK «Prognoz» GU «Kazselezashita», **1994-1999**, 168 p. (in Russ.).
- 11 Otchet o nauchnoj dejatel'nosti Central'noj laboratorii po prognozu zemletrjasenij NPK «Prognoz», **2008**. 169 p. (in Russ.).
- 12 Martynov N.I. Vvedenie v teoriju kolebanij sejsmicheskogo majatnika. *LEM*, **2005**, 162 p. (in Russ.).
13. Bogoljubov N.N., Mitropol'skij Ju.A. Asimptoticheskie metody v teorii nelinejnyh kolebanij. *Nauka*, **1974**, 503 p. (in Russ.).
- 14 Grebennikov E.A., Mitropol'skij Ju.A. Metod usrednenija v issledovanijah rezonansnyh sistem. *Nauka*, **1992**, 221 p. (in Russ.).
- 15 Volosov V.M. Usrednenie v sistemah obyknovyh differencial'nyh uravnenij *UMN*, **1962**, Vol. 17, № 6, P. 3 - 126 (in Russ.).
16. Martynov N.I. Sobstvennye nelinejnye kolebanija sejsmicheskogo majatnika *Vestnik NAN RK*, **2006**, № 5, P. 48-51 (in Russ.).

## Резюме

*Н.И. Мартынов, М.А. Рамазанова, А.А. Чупрасов*

(ҚР БҒМ Ө.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы қ.)

СЕЙСМИКАЛЫҚ БҰРАЛМАЛЫ МАЯТНИКТИҢ СӨНІП БАРА  
ЖАТҚАН БЕЙСЫЗЫҚ ЕРКІН ТЕРБЕЛІСТЕРІ

Жер сілкінісі болжамының ғылыми мәселелері жаратылыстанудың ең басты қиын және әлі шешімін таппаған мәселелерге жатады. Бұл мәселенің шешімін табу ғылыми аспектілерден бөлек адамзаттың маңызды қажеттілігі болып табылады.

**Кілт сөздер:** болжам, жер сілкінісі, мәселе, маятник, сейсмикалық.

## Summary

*N.I. Martynov, M.A. Ramazanova, A.A. Chuprassov*

(Mechanics and engineering science institute of U.A. Dzholdasbekova of MOH RK, Almaty)

FREE NONLINEAR PLANE- POLARIZED RELAXATION OSCILLATIONS  
OF THE SEISMIC TORSIONAL PENDULUM

Analytical expressions for angular coordinates of a seismic torsional pendulum are received at free relaxation nonlinear oscillations using averaging method. The analysis of these expressions and the carried-out computer modeling allowed to determine consistent patterns and the features of these oscillations.

**Keywords:** weather, earthquake, the problem, the pendulum seismic.

*Поступила 14.01.2013 г.*

УДК 621.01

*B. SINCHEV, G. UALIYEV, A.A. JOMARTOV*

(Institute of Mechanics & Mechanical Engineering, Almaty)

## ANALYSIS OF KINEMATIC OF THE SPECIAL MECHANISMS OF THE HIGH CLASSES

### Annotation

In this paper the exact method of kinematic analysis of the special mechanisms of the high classes which determines the position and velocity explicitly. The proposed approach allows us to develop unique software for the design of these mechanisms. Theoretical results are confirmed by synthesis the transmission mechanism of the IV class with specified geometrical parameters.

**Ключевые слова:** кинематический анализ, механизм высоких классов, программное обеспечение, механизм IV класса, геометрический параметр.

**Кілт сөздер:** кинематикалық талдау, жоғары класс тетігі, бағдарламалық қамтамасыз ету, IV класс тетігі, геометриялық параметр.

**Keywords:** kinematic analysis of the mechanism of high-class software mechanism IV class of geometrical parameters.

### Introduction

Mechanisms of the high classes (MHC) have unique characteristics. They can withstand the huge power loads, raise large masses, control by many parameters and more. Therefore, classification of mechanisms on second and high classes proposed by I.I. Artobolevsky Ref [1], U.A. Dzholdasbekov Ref [2] requires clarification for the complete solution of the problems of kinematics, kinetostatics and dynamics.

Mechanisms of general purpose directly include arbitrary mechanisms with the Assur's group of the high classes. The transmission, directive and transfer mechanisms of the high classes are mechanisms of special purpose. This classification allows to develop a general theory of the mechanism of the first groups to identify their functional capacity, and for the second - the theoretical basis of calculation of the kinematic, force and dynamic parameters and the design of mechanisms with given certain characteristics.

The research of the kinematics of arbitrary mechanisms of the high classes is reduced to solving algebraic equations of the sixth and higher degree. Therefore, these equations can not be solved analytically. Scientists have developed the approximate and numerical methods for solving equations of kinematics. The proposed approach allows us to solve the problem of the kinematics of the special mechanisms of the high classes in an explicit analytic form. In the future, these results can be used in the design of lifting devices, the working bodies of earth-moving machines, robots with closed contours, the individual devices of aircraft.

### Kinematic analysis of mechanisms of the high classes

For kinematic analysis of arbitrary mechanisms of the high classes use the approach Ref [3].

Statement of the problem. Let MHC consists of  $n$  mobile units. The numbers of output units vary from  $l$  to  $n - m$ , and of the input with respect to the from the  $j = n - m + 1$  to  $n$ . Then vector equation of independent closed countours MHC fixed coordinate system has the form:

$$\sum_i \vec{l}_i + \sum_j \vec{l}_j + \vec{l}_0 = 0 \quad (1)$$

where  $i, j$  are indexes, whose values range over the number respectively initial and input units, belonging to the considered  $k$ -th countour, where  $\vec{l}_0$  is the vector of the fixed link. The equation (1) can be rewritten as

$$\sum_{i=0}^n \vec{l}_i = 0 \quad \text{or} \quad \sum_{i=0}^n l_i \vec{e}_i = 0$$

where  $l_i$  is the absolute value and  $\vec{e}_i$  is unit vector of the  $i$ -th vector in the corresponding independent contour.

Then the vector equations of the form (1) for a mechanism with a group of Assyrian group of the IV class of the second order with rotational pairs and two degrees of freedom are represented as (Fig. 1)

$$\left. \begin{aligned} \vec{l}_1 + \vec{l}_2 + \vec{l}_3 + \vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0 &= 0 \\ \vec{l}_1^* + \vec{l}_3^* + \vec{l}_4 + \vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

where  $\vec{l}_i$ -vectors of input links  $i = 1, 2, 3, 4$ ,  $\vec{l}_j$ ,  $\vec{l}_j$  vectors of output links  $j = 5, 6$ . The asterisk "\*" means the membership of the vector to  $\vec{l}_i^*$  to the  $i$ -th basis link.

The equations (1) and (2) can be represented in projections on the axis of the steady coordinate systems by multiplying them by the corresponding unit vectors  $\vec{i}_0$  and  $\vec{j}_0$ .

The problem. Find the positions of the output links for the transmission mechanism of the IV class with the given desired laws of motion of the input links and geometric parameters:

$$\varphi_i = \varphi_i(\varphi_3, \varphi_6, P), \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

where  $P = \{l_1, l_1^*, l_2, l_3, l_3^*, l_4, l_5, l_6, \alpha_1, \alpha_3, l_0, \varphi_0\}$ .

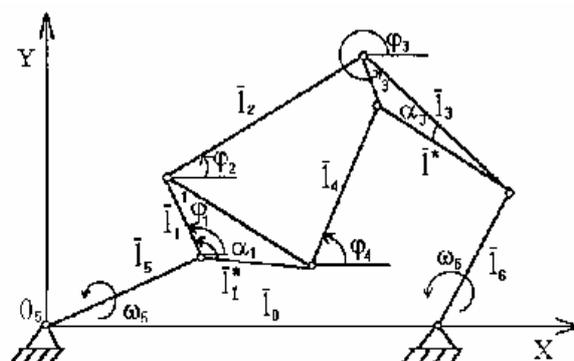


Fig. 1 – Mechanism of IV class

We will follow to the analytic method of the kinematic analysis of arbitrary MHC developed [3]. Solution to the problem. Vector equation (2) MHC represented for  $k = 2$  in the scalar form (in projections) as a system of trigonometric equations

$$\left. \begin{aligned} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 + l_5 \cos \varphi_5 - l_6 \cos \varphi_6 - l_0 \cos \varphi_0 &= 0 \\ l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 + l_5 \sin \varphi_5 - l_6 \sin \varphi_6 - l_0 \sin \varphi_0 &= 0 \\ l_1^* \cos(\varphi_1 - \alpha_1) + l_3^* \cos(\varphi_3 - \alpha_3) + l_4 \cos \varphi_4 + l_5 \cos \varphi_5 - l_6 \cos \varphi_6 - l_0 \cos \varphi_0 &= 0 \\ l_1^* \sin(\varphi_1 - \alpha_1) + l_3^* \sin(\varphi_3 - \alpha_3) + l_4 \sin \varphi_4 + l_5 \sin \varphi_5 - l_6 \sin \varphi_6 - l_0 \sin \varphi_0 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

with unknown  $\varphi_1, \dots, \varphi_4$  (Fig. 1).

The vector method of eliminating variables reduces the number of unknown variables. Following the vector approach from the first equation of vector equations (3) we find  $\vec{l}_2$  and from the second  $\vec{l}_4$  that is,

$$\left. \begin{aligned} \vec{l}_2 &= -(\vec{l}_1 + \vec{l}_3) - (\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0) \\ \vec{l}_4 &= -(\vec{l}_1^* + \vec{l}_3^*) - (\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Next, using the scalar product, we have

$$\left. \begin{aligned} (\vec{l}_2)^2 &= (\vec{l}_1 + \vec{l}_3)^2 + 2(\vec{l}_1 + \vec{l}_3)(\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0) + (\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0)^2 \\ (\vec{l}_4)^2 &= (\vec{l}_1^* + \vec{l}_3^*)^2 + 2(\vec{l}_1^* + \vec{l}_3^*)(\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0) + (\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0)^2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

After simple transformations of the system (6) to find the vectors  $\vec{l}_1$  and  $\vec{l}_1^*$  we obtain a special system of scalar equations of the following form:

$$\left. \begin{aligned} 2(\vec{l}_3 + \vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0)\vec{l}_1 &= \vec{l}_2^2 - \vec{l}_1^2 - \vec{l}_3^2 - (\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0)^2 - 2\vec{l}_3(\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0) \\ 2(\vec{l}_3^* + \vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0)\vec{l}_1^* &= \vec{l}_2^2 - \vec{l}_1^{*2} - \vec{l}_3^{*2} - (\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0)^2 - 2\vec{l}_3^*(\vec{l}_5 - \vec{l}_6 - \vec{l}_0) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

It should be noted that  $\vec{l}_1^*$  is associated with  $\vec{l}_1$  and  $\vec{l}_3^*$  with  $\vec{l}_3$ , where  $l_i$  is module of the vector  $\vec{l}_i$  the scalar product of vectors  $\vec{l}_i$  are  $\vec{l}_i \cdot \vec{l}_i$  and  $(\vec{l}_i + \vec{l}_j)^2$ . In the system (7) the angular coordinates  $\varphi_2$  and  $\varphi_4$  of vectors  $\vec{l}_2$  and  $\vec{l}_4$  are eliminate.

Thus we have obtained a special system of algebraic equations, in which the number of equations matches the number of independent closed vector contours.

$$\begin{aligned} 2(l_3x_3 + l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)l_1x_1 + 2(l_3y_3 + l_5y_5 - l_6y_6)l_1y_1 &= l_2^2 - l_1^2 - l_3^2 - \\ - (l_5x_5 + l_6x_6 - l_0)^2 - (l_5y_5 - l_6y_6)^2 - 2l_3x_3(l_5x_5 - l_6x_6 - l_0) - 2l_3y_3(l_5y_5 - l_6y_6) \end{aligned} \quad (8)$$

Where

$$\begin{aligned} x_1 &= \cos(\varphi_1), y_1 = \sin(\varphi_1), \\ x_1^* &= x_1 \cos \alpha_1 + y_1 \sin \alpha_1, \\ y_1^* &= x_1 \sin \alpha_1 - y_1 \cos \alpha_1, \\ x_3 &= \cos(\varphi_3), y_3 = \sin(\varphi_3), \\ x_3^* &= x_3 \cos \alpha_3 + y_3 \sin \alpha_3, \\ y_3^* &= x_3 \sin \alpha_3 - y_3 \cos \alpha_3. \\ x_4 &= \cos(\varphi_4), y_4 = \sin(\varphi_4), \\ x_5 &= \cos(\varphi_5), y_5 = \sin(\varphi_5), \\ x_6 &= \cos(\varphi_6), y_6 = \sin(\varphi_6). \end{aligned}$$

Sinchev B. has developed various methods of solving systems of nonlinear equations (8). It is further proposed an accurate method for solving the kinematics of special mechanisms of the high classes.

#### **An accurate method of kinematic analysis of mechanisms of the high classes**

We present the concept of a special mechanism under the classification.

Definition. A mechanism intended for an approximate replay of the given relationship between the angular or linear displacement of input and output units is called a transmission mechanism.

This mechanism belongs to mechanisms for special purposes. Thus, the transmission mechanism shall have certain property and this property is described by the following equation:

$$\vec{e}_3 = \vec{f}(\vec{e}_5, \vec{e}_6). \quad (9)$$

Here  $\vec{f}$  is given vector function,  $\vec{e}_3$  is the unit vector of output link 3,  $\vec{e}_5, \vec{e}_6$  are unit vectors of output links 5 and 6.

We transform (8) to the following convenient form:

$$\left. \begin{aligned} A_1x_1 + B_1y_1 &= D \\ A_2x_1 + B_2y_1 &= D \\ x_1^2 + y_1^2 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

where

$$\begin{aligned} A_1 &= 2(l_3x_3 + l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)l_1, \\ B_1 &= 2(l_3y_3 + l_5y_5 - l_6y_6 - l_0)l_1, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_1 &= l_2^2 - l_1^2 - l_3^2 - (l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)^2 - (l_5y_5 - l_6y_6)^2 - \\
&\quad - 2l_3x_3(l_5x_5 - l_6x_6 - l_0) - 2l_3y_3(l_5y_5 - l_6y_6), \\
A_2 &= 2(l_3^*x_3 + l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)l_1^* \cos\alpha_1 - 2(l_3^*y_3 + l_5y_5 - l_6y_6)l_1^* \sin\alpha_1, \\
B_2 &= 2(l_3^*x_3 + l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)l_1^* \sin\alpha_1 + 2(l_3^*y_3 + l_5y_5 - l_6y_6)l_1^* \cos\alpha_1, \\
D_2 &= l_4^2 - l_1^{*2} - l_3^{*2} - (l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)^2 - (l_5y_5 - l_6y_6)^2 - \\
&\quad - 2l_3^*(l_5x_5 - l_6x_6 - l_0)x_3^* - 2l_3^*(l_5y_5 - l_6y_6)y_3^*.
\end{aligned}$$

The system (10) is equivalent to the relation

$$(A_1D_2 - A_2D_1)^2 + (D_1B_2 - D_2B_1)^2 + (D_1B_2 - D_2B_1)^2 - (A_1B_2 - A_2B_1) = 0 \quad (11)$$

which is an algebraic equation of sixth degree with respect to  $x_3$  or  $y_3$  for the mechanism of the IV class of general purpose. The equation (11) is solved only by numerical methods.

Therefore, in the case the mechanism of special purposes, ie, the transmission mechanism should take into account the relation (9). For simplicity, we assume that  $l_6 = 0$ . Then, the mechanism with two degrees of freedom is the one with one degree of freedom.

Without loss of generality, we can assume that (9) has the explicit form:

$$\varphi_3 = \frac{1}{3}\varphi_5 \quad (12)$$

First, we substitute into the known coefficients  $A_1, B_1, D_1, A_2, B_2, D_2$  the angular coordinate (12), then the function  $x_3$  and  $y_3$  will acquire the form:

$$x_3 = \cos\left(\frac{1}{3}\varphi_5\right), y_3 = \sin\left(\frac{1}{3}\varphi_5\right), \quad (13)$$

Thus, only the coefficients  $A_1, B_1, D_1, A_2, B_2, D_2$  only in the explicit form depend on the generalized angular coordinate  $\varphi_5$  and on lengths of links. Then from (10) we find

$$x_1 = \frac{D_1B_2 - D_2B_1}{A_1B_2 - A_2B_1}, y_1 = \frac{A_1D_2 - A_2D_1}{A_1B_2 - A_2B_1}, \quad (14)$$

Substituting these values (14) into (4) and taking into account (12), we find the trigonometric functions  $x_2, y_2, x_4, y_4$ .

This is the essence of the method for determining the positions of links special mechanism of IV class. This precise method of kinematic analysis is easily extended to other mechanisms of the high classes.

### Designing the special mechanism of the high class

The results are verified by the example of the transmission mechanism IV class which it provides the connection between the angular coordinates of the input and output links in the form of (12) (Fig. 2).

This special mechanism with rotary pairs has given properties by classification and connection (12). This transmission mechanism IV class has the following geometric dimensions:

$$l_0 = OD = 51\text{mm}, l_1 = AB = 26\text{mm}, l_1^* = AC = 19\text{mm}, l_2 = BF = 77\text{mm}, l_3 = FD = 99\text{mm}, l_3^* = ED = 109\text{mm}, \\ l_4 = EC = 56\text{mm}, l_5 = OA = 26\text{mm}, l_6 = 0\text{mm}, \alpha_1 = 46^\circ, \alpha_3 = 8^\circ.$$

Generalized coordinate of input link 5 depends on the time. Then the equation of connection (12) has the form:  $\varphi_3(t) = \frac{1}{3}\varphi_5(t)$ . Other angular coordinates given by formula (14) and the initial system (4),

which is already a linear system. Speed of links are found by differentiating the angular coordinates, the kinetic and potential energies - by known formulas. Then the dynamic model of the mechanism is based on an operator Lagrange II rind. Forces of reaction in the joints of the mechanism are known system.

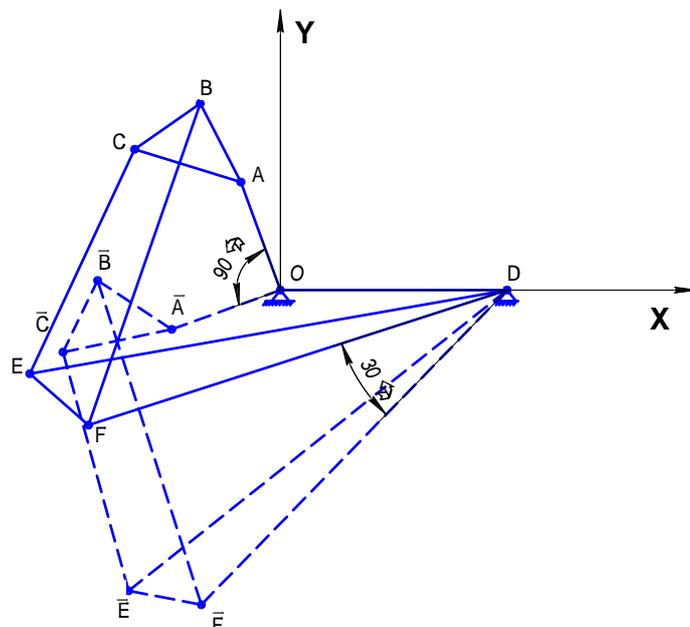


Fig. 2 – Transmission mechanism of IV class

### Conclusion

We note that the above classification and developed an accurate method of kinematic analysis for the first time allowed to find the positions of links of mechanism of the high classes in explicit analytic form. This approach can be easily extended to the directive and the transfer mechanisms of high classes. This approach will develop a universal software for design of mechanisms of the high classes for devices and machines. Synthesized transmission mechanism IV class.

### REFERENCES

- 1 Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines. -M.: Science, 1982.
- 2 Dzholdasbekov U.A. Graphic analytical methods for analysis and synthesis of the mechanisms of the high classes. Alma-Ata, Science, 1983.
- 3 Sinchev B. Kinematic analysis of plane lever mechanisms. // Reports of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, 2003, № 3, p. 39-44.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines. -M.: Science, 1982.
- 2 Dzholdasbekov U.A. Graphic analytical methods for analysis and synthesis of the mechanisms of the high classes. Alma-Ata, Science, 1983.
- 3 Sinchev B. Kinematic analysis of plane lever mechanisms. // Reports of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, 2003, № 3, p. 39-44.

### Резюме

*Б. Синчев, Г. Уәлиев, А.А. Жомартов*

(Механика және машинатану институты, Алматы қ.)

#### ЖОҒАРЫ КЛАСТАРДЫҢ АРНАЙЫ ТЕТІКТЕРІ КИНЕМАТИКАСЫНЫҢ ТАЛДАУЫ

Жоғары кластардың арнайы тетіктерінің кинематикалық талдауының нақты әдісі қарастырылған, айқын түрдегі жағдайы мен жылдамдықтары анықталған. Ұсынылып отырған тәсіл осы тетіктерді жобалау үшін бірегей бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге мүмкіндік береді. Теориялық нәтижелері геометриялық параметрмен белгіленген IV класты ауыстыратын механизм синтезімен дәлелденген.

**Кілт сөздер:** кинематикалық талдау, жоғары класс тетігі, бағдарламалық қамтамасыз ету, IV класс тетігі, геометриялық параметр.

## Резюме

*Б. Синчев, Г. Уалиев, А.А. Джомартов*

(Институт механики и машиноведения, г. Алматы)

### АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЫСОКИХ КЛАССОВ

В статье рассматривается точный метод кинематического анализа специальных механизмов высоких классов, определяются положения и скорости в явном виде. Предлагаемый подход позволит разработать уникальное программное обеспечение для проектирования этих механизмов. Теоретические результаты подтверждены синтезом передаточного механизма IV класса с заданными геометрическими параметрами.

**Ключевые слова:** кинематический анализ, механизм высоких классов, программное обеспечение, механизм IV класса, геометрический параметр.

*Поступила 07.01.2013 г.*

УДК 621.01

G. UALIYEV, A.A. JOMARTOV

(Institute of Mechanics & Mechanical Engineering, Almaty)

## OPTIMIZATION OF TIMING DIAGRAM OF DEVICE FOR AUTOMATIC REMOVAL OF FAULTY WEFT OF LOOM STB

### Annotation

In this paper, we consider optimization of timing diagram of device for automatic removal of the faulty weft of projectile loom STB in order to improve the reliability and performance. Timing diagram for this device is presented in vector form. Equations of mathematic model of timing diagram of device for automatic removal of the faulty weft are composed. Optimization of timing diagram of device is made, the time of removal defect thread is founded, optimal timing diagram of device for automatic removal of the faulty weft of loom STB is got.

**Ключевые слова:** ткацкий станок, циклограмма устройства, вектор, автоматическая ликвидация.

**Кілт сөздер:** тоқыма станогы, құрылғының циклограммасы, вектор, автоматты түрде жою.

**Keywords:** loom, patterns devices, vector, automatic elimination.

It is now widely used variety of device for automatic removal of faulty weft of looms [1-5]. Device for automatic removal of the faulty weft of loom can improve the efficiency of weaver. Device management is carried out in automatic mode, the signal due to the shutdown of loom weft breakage.

In the production of fabric on looms such as russian projectile loom STB (stanok tkatzki beschelnoyi), projectile with the weft thread flies from the left (fighting) the box to the right (receiving). The thread which is carried away of projectile, can be missed of projectile or is extended by the compensator from weft end gripper.

Necessary to determine where is broken weft. We define a zone break weft loom STB, (See fig 1.): 1-zone is the area between bobbin and left weft end gripper; 2-zone is the area more to the right of left weft end gripper; 3-zone is the area of braking of projectile.

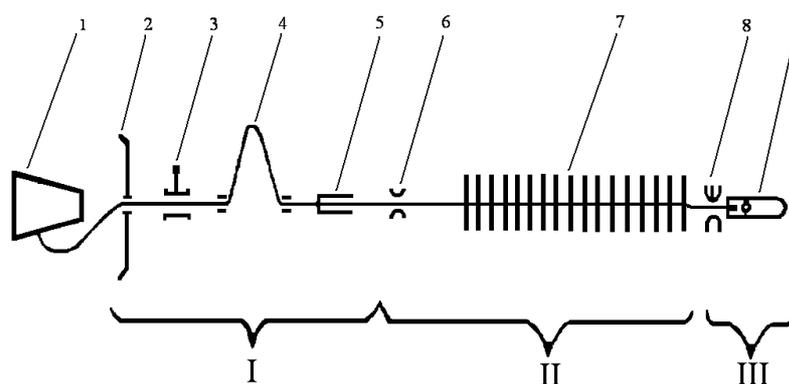


Fig.1 – The zones of break weft loom STB

Figure 1 shows: 1 - reel, 2 – eye for thread, 3 - weft brake, 4 - eye of the compensator, 5- mechanism of return weft, 7 - sley mechanism, 8 - right weft end gripper, 9 - projectile .

The analysis of the statistical data on breakage weft (fig. 2), shows that breakages in the first and second zones are approximately equal probability.

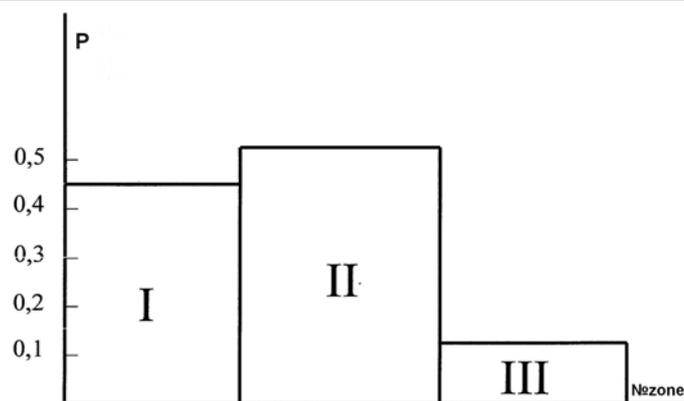


Fig. 2 – The statistical data on breakage weft on looms STB,  $p = \frac{h_i}{n}$ ,

where  $p$  - arithmetic average of the weft yarn breakages,

$n$  - the number of weft yarn breakages,  $h_i$  - the number of breakages weft in  $i$ -th zone

Figure 3 shows the scheme of loom STB with device for automatic removal of faulty weft, where: 1 (1') – bobbin of thread, 2 (2') - electronic weft brake, 3(3') - compensator of the electromagnetic latch, 4 (4') - compensator, 5 - electronic weft controller, 6 - nozzle for supplying yarns, 7 – the left operator for removal of faulty weft, 8 - centering plate, 9 - projectile, 10 – the right operator for removal of faulty weft, 11 - gauge of projectiles arrival, 12 - the control unit.

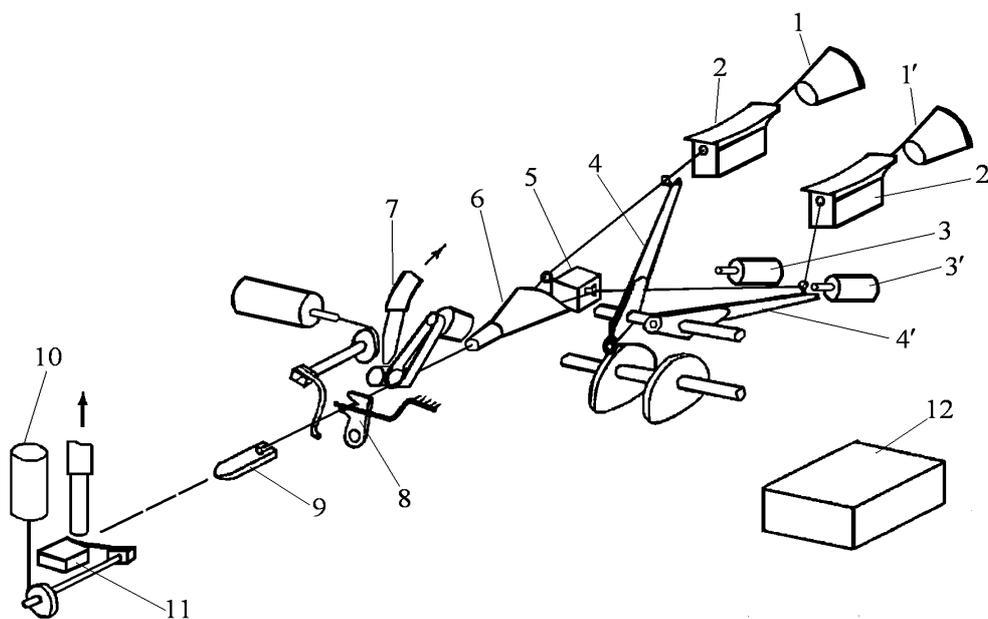


Fig. 3 – The scheme of loom STB with device for automatic removal of faulty weft

The algorithm of device for automatic removal of faulty weft depends on breakage zone of wefts (Fig. 2). The algorithm of device for automatic removal of faulty weft is shown in Figure 4.

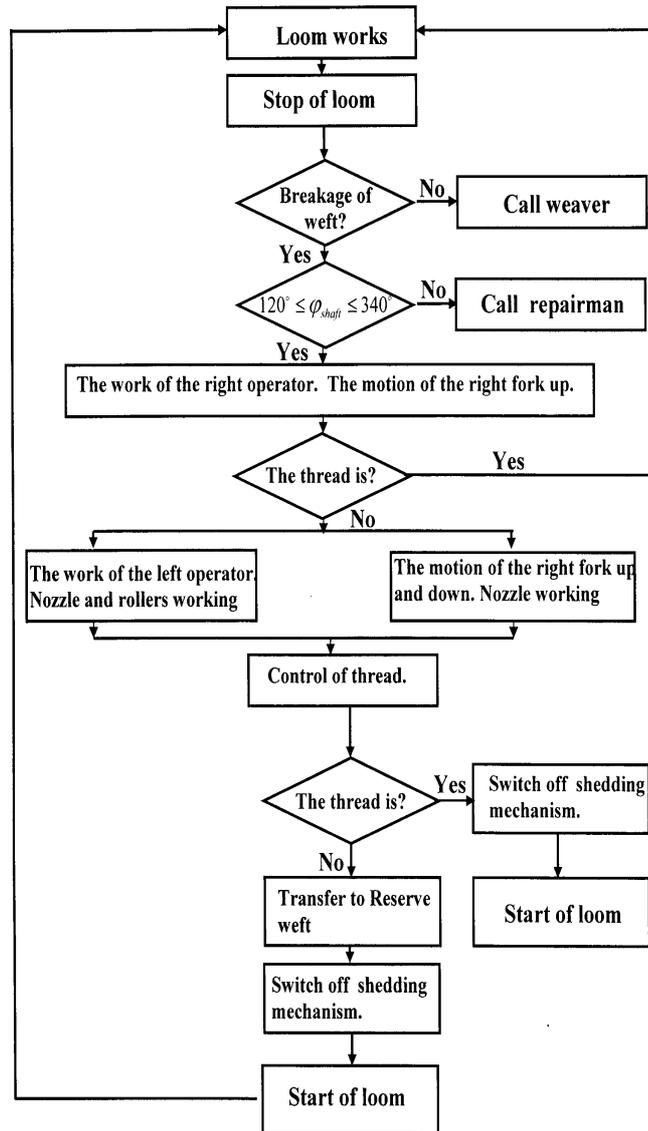


Fig. 4 – Algorithm of device for automatic removal of faulty weft of loom STB

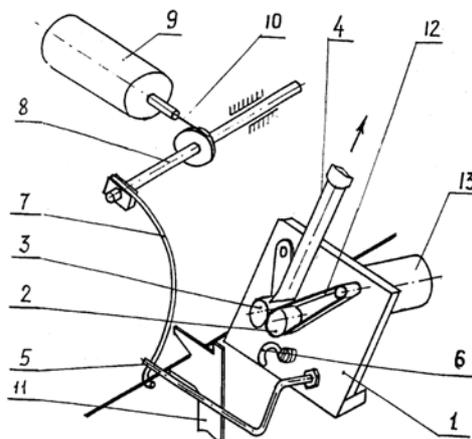


Fig. 5 – The left operator of removal faulty weft

Figure 5 shows a scheme of the left of operator of removal faulty weft, where: 1 - bracket, 2 and 3 - rollers, 4 - left ejector, 5 - limiting angle of weft yarn, 6 - guide, 7 - the left fork, 8 - roller, 9 - pneumatic cylinder, 10 - rod, 11 - centering plate, 12 – tape, 13 - engine.

The left of operator of removal faulty weft works as follows: when the machine is stopped because of the weft yarn breakage voltage is applied to the motor 13 is rotated by exhaust tape 12 rollers 2 and 3, and the air cylinder air is supplied. Through traction rod 10 turns roller 8 attached to it feed left fork 7. Feeder left fork 7 moves from the starting position, suitable for the weft yarn and carries it to form a loop, the extreme points of which are centering plate 11 and limiting angle weft 5. The plane, which moves the feed left fork 7 crosses exhaust rollers 2 and 3. Weft yarn pickup rollers and suction is applied to the nozzle 4.

We determined the design parameters of the left operator of removal faulty weft of loom STB. Developed working model sample of the operator.

Consider timing diagram of device for automatic removal of faulty weft. We form the vector timing diagram of device removal weft and related mechanisms and components of loom STB [6]. We enumerate mechanisms and components involved in the removal of weft: 1 - the left fork, 2 – right ejector, 3 - the right fork, 4 - rollers, 5 - left ejector, 6 - thread movement, 7 - movement of a thread from bobbin, 8 - the controller of movement of a thread, 9 - the lever of switching-off shedding mechanism, 10 - a cross-section shaft of shedding mechanism, 11 - the mechanism of start-up of loom.

Conditions of joint work of mechanisms and components:

1. The inclusion of the right ejector, left ejector and rollers must be after checking for false stops the machine, due to breakage weft.

2. The process of movement from the weft bobbin should be carried out in raising the left fork.

3. Capture of thread rolls should be carried out during the transition left fork up.

4. The thread starting up should be done after the lowering of the left fork.

5. Monitoring the availability of the threads should be carried out after the start of its movement from the bobbin.

6. The shedding mechanism into operation after pulling the threads.

7. Turning loom is at the end work of shedding mechanism.

According to the conditions of the vector timing diagram of device for automatic removal of faulty weft of loom STB is composed [6], as shown in Fig. 6.

Let's make system of vector equations describing work of the device (fig. 6.):

$$\sum_{j=1}^{m_i} \vec{l}_{ij} = \vec{P}, \quad i = \overline{1,11}, \quad (1)$$

Values of  $m_i$  are resulted in table 1.

Table 1 – Values of  $m_i$

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$m_i$	7	5	5	5	4	4	5	5	4	4	3

We form the vector equation for the vectors of connection (fig. 6.)

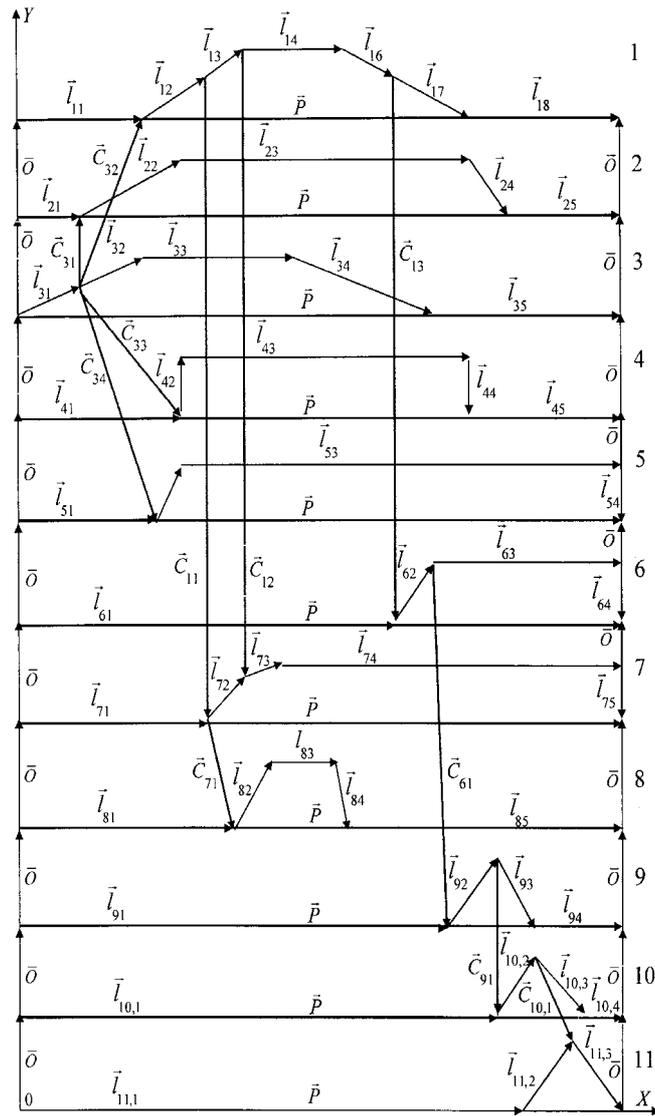


Fig. 6 – The vector timing diagram of device for automatic removal of faulty weft of loom STB

$$\left. \begin{aligned}
 \vec{C}_{31} &= \vec{l}_{21} - \vec{l}_{31} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{32} &= \vec{l}_{11} - \vec{l}_{31} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{33} &= \vec{l}_{41} - \vec{l}_{31} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{34} &= \vec{l}_{51} - \vec{l}_{31} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{11} &= \vec{l}_{71} - \vec{l}_{11} - \vec{l}_{12} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{12} &= \vec{l}_{71} + \vec{l}_{72} - \vec{l}_{11} - \vec{l}_{12} - \vec{l}_{13} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{13} &= \vec{l}_{61} - \vec{l}_{12} - \vec{l}_{13} - \vec{l}_{14} - \vec{l}_{15} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{71} &= \vec{l}_{81} - \vec{l}_{71} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{61} &= \vec{l}_{91} - \vec{l}_{61} - \vec{l}_{62} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{91} &= \vec{l}_{10,1} - \vec{l}_{91} - \vec{l}_{92} + \vec{0}, \\
 \vec{C}_{10,1} &= \vec{l}_{11,1} + \vec{l}_{11,2} - \vec{l}_{10,1} - \vec{l}_{10,2} + \vec{0}.
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

We project the equation (1, 2) on X axis:

$$\sum_{j=1}^{m_i} t_{ij} = T, \quad (3)$$

where,  $i = 1, 2, \dots, 11$ ;  $T$  - time operation of the device  $t_{ij}$  - the projection of vectors  $\vec{l}_{ij}$  on the axis X is the actuation time of mechanisms [6].

$$\left. \begin{aligned} C_{31}^x &= t_{21} - t_{31}, \\ C_{32}^x &= t_{11} - t_{31}, \\ C_{33}^x &= t_{41} - t_{31}, \\ C_{34}^x &= t_{51} - t_{31}, \\ C_{11}^x &= t_{71} - t_{11} - t_{12}, \\ C_{12}^x &= t_{71} + t_{72} - t_{11} - t_{12} - t_{13}, \\ C_{13}^x &= t_{61} - t_{11} - t_{12} - t_{13} - t_{14} - t_{15}, \\ C_{71}^x &= t_{81} - t_{71}, \\ C_{61}^x &= t_{91} - t_{61} - t_{62}, \\ C_{91}^x &= t_{10,1} - t_{91} - t_{92}, \\ C_{10,2}^x &= t_{11,1} + t_{11,2} - t_{10,1} - t_{10,2}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Let's impose constraints on times of actuation of mechanisms

$$t_{ij} \geq t_{ij}^{\min} \quad (5)$$

Where  $t_{ij}^{\min}$  - a minimally acceptable time of actuation mechanisms  $i = 1, 2, \dots, 11$ ;  $j = \overline{1, m_i}$ .

Let's impose constraints on projections of vectors of connection:

$$\left. \begin{aligned} t_{21} - t_{31} &\geq 0, \\ t_{11} - t_{31} &\geq 0, \\ t_{41} - t_{31} &\geq 0, \\ t_{51} - t_{31} &\geq 0, \\ t_{71} - t_{11} - t_{12} &\geq 0, \\ t_{71} + t_{72} - t_{11} - t_{12} - t_{13} &\geq 0, \\ t_{61} - t_{11} - t_{12} - t_{13} - t_{14} - t_{15} &\geq 0, \\ t_{81} - t_{71} &\geq 0, \\ t_{91} - t_{61} - t_{62} &\geq 0, \\ t_{10,1} - t_{91} - t_{92} &\geq 0, \\ t_{11,1} + t_{11,2} - t_{10,1} - t_{10,2} &\geq 0, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Equations (3) with constraints (5, 6) describe timing diagram of works of device for automatic removal of faulty weft of loom STB.

Solve the following optimization problem by method of Hooke -Jeeves [7]:

$$T \rightarrow \min, \quad (7)$$

with equations (3, 4) and constraints (5,6).

As a result of the solution of a problem (9), operating time of device for automatic removal of faulty weft of loom STB has made 18 seconds at norm 30 seconds for the weaver.

### **Conclusion**

Device for automatic removal of faulty weft of loom STB is developed.

Vector timing diagram of device for automatic removal of faulty weft of loom STB is made and optimum parameters of timing diagram of devices are received.

### **REFERENCES**

- 1 Improper weft removing device for air jet loom. US patent # 5,046,532. Sep.10, 1991.
- 2 Device for cleaning the weft insertion area of a weaving machine. US patent # 4,546,799. Oct.15, 1985
- 3 Clearing a weft yarn break in loom. US patent # 5,158,120. Oct.27, 1992.
- 4 Device for automatic removal of faulty weft. US patent # 5,060,699. Oct.29, 1991.
- 5 Weft yarn clearing device. US patent # 5,199,468. Apr.6, 1993.
- 6 Jomartov A.A., Ualiev G. Model of timing diagram of machine-automaton, Bulletin of MGTU of Bauman. "Mechanical engineering", Russia, 2010, №2, pp. 59-70.
- 7 Kelley C. T. Iterative methods for optimization, 180 p

### **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Improper weft removing device for air jet loom. US patent # 5,046,532. Sep.10, 1991.
- 2 Device for cleaning the weft insertion area of a weaving machine. US patent # 4,546,799. Oct.15, 1985
- 3 Clearing a weft yarn break in loom. US patent # 5,158,120. Oct.27, 1992.
- 4 Device for automatic removal of faulty weft. US patent # 5,060,699. Oct.29, 1991.
- 5 Weft yarn clearing device. US patent # 5,199,468. Apr.6, 1993.
- 6 Jomartov A.A., Ualiev G. Model of timing diagram of machine-automaton, Bulletin of MGTU of Bauman. "Mechanical engineering", Russia, 2010, №2, pp. 59-70.
- 7 Kelley C. T. Iterative methods for optimization, 180 p

### **Резюме**

*Г. Уәлиев, А.А. Жомартов*

(Механика және машинатану институты, Алматы қ.)

### **СТБ ТОҚЫМА МАШИНАСЫНДАҒЫ ЖІПТІҢ ҮЗІЛУІН АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ ЖОЯТЫН ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ЦИКЛОГРАММАСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

Өнімділік пен сенімділікті арттыру мақсатында СТБ тоқыма станогының жіпті үзуін автоматты түрде жоюға арналған құрылғының циклограммасын оңтайландырылу қарастырылған. Бұл құрылғы үшін циклограмма вектор түрінде келтірілген. Жіптің үзілуін автоматты түрде жоятын циклограмманың математикалық үлгісі жасалды. Құрылғының циклограммасы оңтайландырылды, СТБ тоқыма станогының жіпті үзуін автоматты түрде жою үшін құрылғының тиімді циклограммасы алынды.

**Кілт сөздер:** тоқыма станогы, құрылғының циклограммасы, вектор, автоматты түрде жою.

**Резюме**

*Г. Уалиев, А.А. Джомартов*

(Институт механики и машиноведения, г. Алматы)

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИКЛОГРАММЫ УСТРОЙСТВА  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИКВИДАЦИИ ОБРЫВА УТОЧНОЙ НИТИ  
НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ СТБ**

Рассматривается оптимизация циклограммы устройства для автоматической ликвидации обрыва уточной нити ткацкого станка СТБ в целях повышения надежности и производительности. Циклограмма для этого устройства представлена в векторном виде. Разработана математическая модель циклограммы автоматической ликвидации обрыва уточной нити. Проведена оптимизация циклограммы устройства, получена оптимальная циклограмма устройства для автоматической ликвидации обрыва уточной нити ткацкого станка СТБ.

**Ключевые слова:** ткацкий станок, циклограмма устройства, вектор, автоматическая ликвидация.

*Поступила 02.01.2013 г.*

УДК:532.783:541.1:539.21:535.37

*М.Е. АГЕЛЬМЕНЕВ, З.М. МУЛДАХМЕТОВ, С.М. БРАТУХИН,  
В.В. ПОЛИКАРПОВ, Г.С. БЕКТАСОВА, Д. ЕРБОЛАТУЛЫ*

(Институт органического синтеза и углехимии, г. Караганда)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЛЕКУЛ ФуЛЛЕРЕНОВ C<sub>60</sub> НА ПОВЕДЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СМЕКТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

### **Аннотация**

Представлены результаты компьютерного моделирования поведения смектических жидких кристаллов (Жк) в присутствии молекул фуллеренов. Установлено незначительное влияние молекул фуллеренов на упорядоченность ЖК.

**Ключевые слова:** жидкий кристалл, молекулы фуллеренов, компьютерное моделирование.

**Кілт сөздер:** сұйық кристалл, фуллерен молекулалары, компьютерлік үлгілеу.

**Key words:** liquid crystal, the fullerene molecules, computer simulation.

Ориентирующая способность жидких кристаллов (ЖК) используется при создании электрооптических ячеек. В [1] показано, что комплекс органический донор – фуллерен выступает как активатор процесса самоорганизации нематической ЖК системы, обуславливая более упорядоченную укладку молекул ЖК. При этом достигнуто уменьшение на 2 порядка времени переключения структур. Каковы же перспективы создания подобной системы на основе смектических жидких кристаллов? Для этого необходимо понимание влияния молекул фуллерена на поведение смектических жидких кристаллов при воздействии температуры и электрического поля.

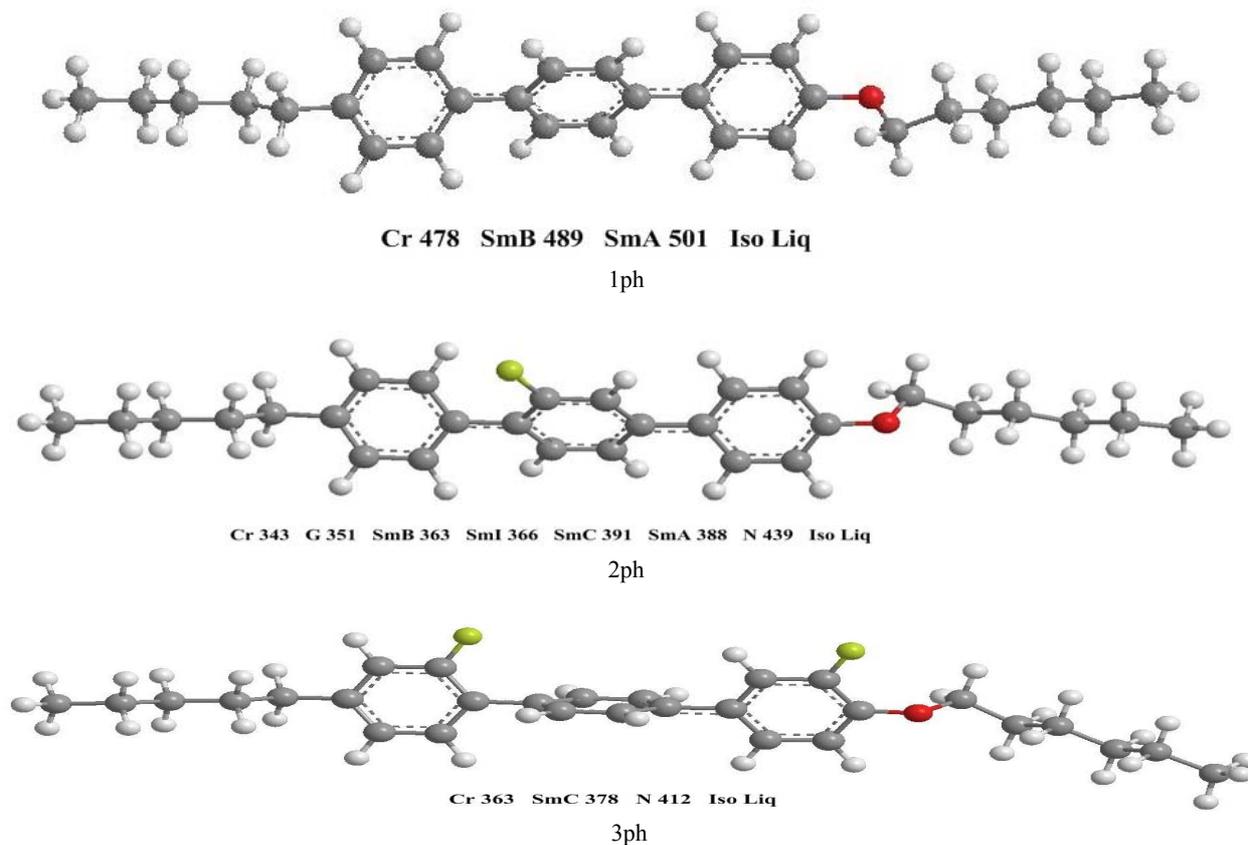
Результаты исследований в области нанотехнологий показывают важность учета не только структурных особенностей соединений, но и их пространственного расположения относительно друг друга, в котором часто проявляются свойства молекул к самоорганизации. В этом смысле показательна работа [2], где проведено экспериментально детальное исследование этих процессов в стержнеобразных жидких кристаллах, имеющих в остове три бензольных кольца и терминальные алифатические цепи при вариации положения атома фтора в остове молекулы. Показано, что изменение положения атома фтора в молекуле существенно меняют тип мезоморфизма, температуры фазовых переходов и другие физико-химические свойства. При этом выявляется сложная картина влияния строения молекулы на исследуемые свойства.

Поэтому целью настоящей статьи явилось исследование влияния на поведение смектических ЖК молекул фуллерена путем компьютерного моделирования методом молекулярной динамики. В качестве ЖК были использованы некоторые из смектических жидких кристаллов, экспериментально исследованных [2].

Для проведения моделирования поведения этих соединений был использован метод молекулярной динамики на основе программы GROMACS [3] версии 3.3.1 в приближении жидкого агрегатного состояния [4-5]. При моделировании использован NPT ансамбль. Радиусы отсечки дисперсионного и кулоновского взаимодействий составляли 2 нм. Были проведены последовательные отжиги в режиме нагрева. Компьютерное моделирование было осуществлено для случая планарной ориентации молекул относительно подложки в присутствии электрического поля, направление которого было перпендикулярно подложке. Время отжига при одной температуре составляло 10 пс, но при этом кластер располагался в одной ячейке, чем было

реализовано жидкое агрегатное состояние системы, а значение напряженности электрического поля составляло  $1,0 \cdot 10^7$  В/м.

Геометрия исходных соединений была определена с помощью квантово-химического метода MNDO. Их структуры с экспериментально определенными температурами [2] представлены на рисунке 1.



Темно серый – углерод, светло серый – водород, красный – кислород, зеленый фтор

Рисунок 1 – Геометрия исследуемых молекул

Как видно на рисунке 1, присоединение атома фтора в различных положениях приводит к изменению углов между алифатическими цепями, содержащими атом кислорода, и остовом, а также компланарности бензольных колец остова. Это определяет различия дипольных моментов теплот образования и типа мезоморфизма молекул (таблица 1). Поэтому самоорганизация исследуемых молекул изменяется от типа мезоморфизма.

Таблица 1 – Теплоты образования, дипольные моменты D молекул, угол между остовом и алифатической цепью.

Тип молекулы	Теплота образования, ккал/моль	D, Дебай	Угол, градус
1ph	5.71388	1.736	-143.3
2ph	-16.49995	2.690	-144.6
3ph	-109.93644	4.143	-141.0

В этом разделе исследованы кластеры с молекулами 1ph, 2ph, 3ph с наличием 1 фуллерена и 8 фуллеренов в виде прямоугольного параллелепипеда (рис. 2).

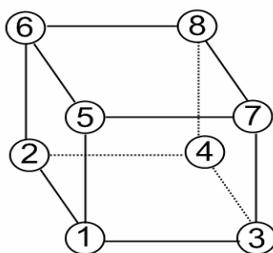


Рисунок 2 – Расположение молекул фуллерена в кластере в случаях, когда их восемь

Линии, соединяющие молекулы фуллеренов 1-2, 3-4, 5-6, 8-7, совпадают с осью OY и направлением директора в исходном кластере. Исходные кластеры ЖК молекул составляли прямоугольные параллелепипеды размерами – 10x10x15 молекул. Молекулы одной из граней XOY были заморожены и представляли подложку. Расстояния между плоскостями (OZ) составили 0,5 нм; по OY – 3,0 нм (это направление совпадает с направлением директора); по OX – 0,8 нм. Соседние молекулы располагались параллельно по отношению друг другу. Направление электрического поля совпало с OZ, а направление директора – с OY. Радиус фуллерена C60 r = 0.357нм [6-7].

В случае 8 фуллеренов ряд, в котором находились фуллерены, был смещен относительно соседних рядов на 0,6 нм по оси OZ (1ph, 2ph), на 0,8 нм – 3ph.

При 8 фуллеренах в кластерах с 1ph, 2ph расстояния между фуллеренами составляли – 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 = 9 нм; 1-5, 2-6, 3-7, 4-8 = 1,2 нм; 1-3, 2-4, 5-7, 6-8 = 1,6 нм (нумерация молекул фуллерена указана на рисунке 2). Координаты в исходном кластере следующие: 1 фуллерен – 5x4x7, 2 – 5x7x7, 3 – 7x4x7, 4 – 7x7x7, 5 – 5x4x9, 6 – 5x7x9, 7 – 7x4x9, 8 – 7x7x9. В случае 8 фуллеренов в кластерах с 2ph расстояния между фуллеренами составляли – 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 = 9 нм; 1-5, 2-6, 3-7, 4-8 = 1,6 нм; 1-3, 2-4, 5-7, 6-8 = 1,6 нм.

В исходном кластере при одном фуллерене его координаты составляют 5x6x8. Для 1ph, 2ph расстояние до нижнего слоя равно 0,6 нм, до верхнего – 0,5 нм; а для 3ph это расстояние одинаково и составляет 0,8 нм.

Методика подготовки и проведения экспериментов по компьютерному моделированию описана в [4-5].

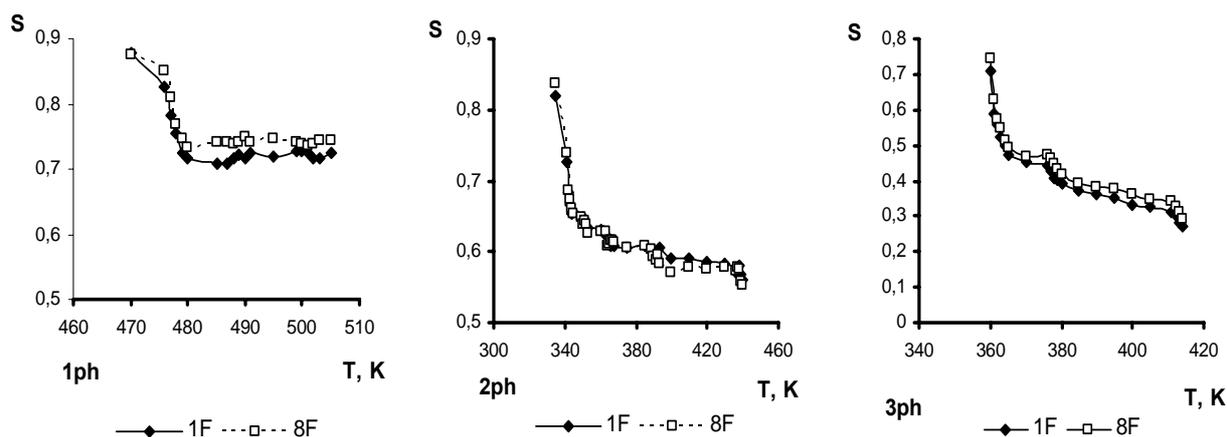


Рисунок 3 – Температурная зависимость степени упорядоченности исследуемых соединений

Как видно на рисунках 3-4, влияние количества фуллеренов на степень упорядоченности и информационной энтропии незначительно. Это, по-видимому, связано с большей протяженностью молекул СЖК и сильным межмолекулярным взаимодействием.

Также незначительно влияние количества фуллеренов на изменение суммарного момента дипольного момента молекул исследуемых кластеров (рис.5).

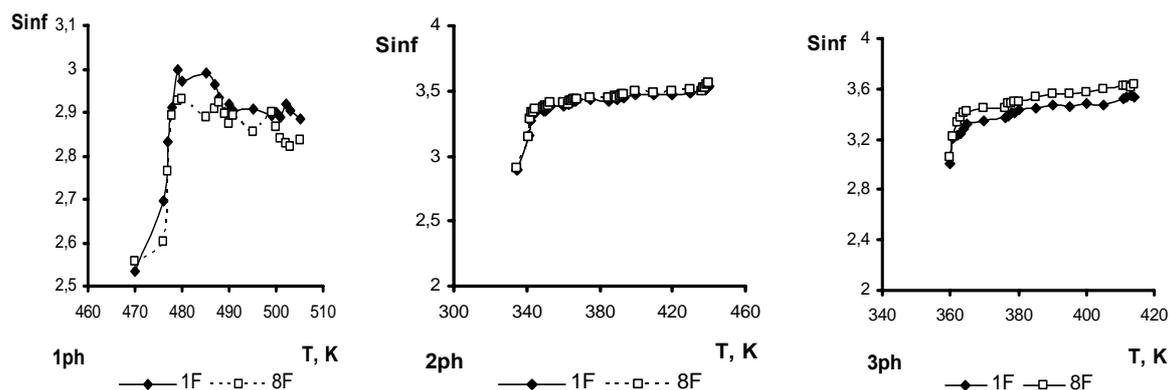


Рисунок 4 – Температурная зависимость информационной энтропии исследуемых соединений

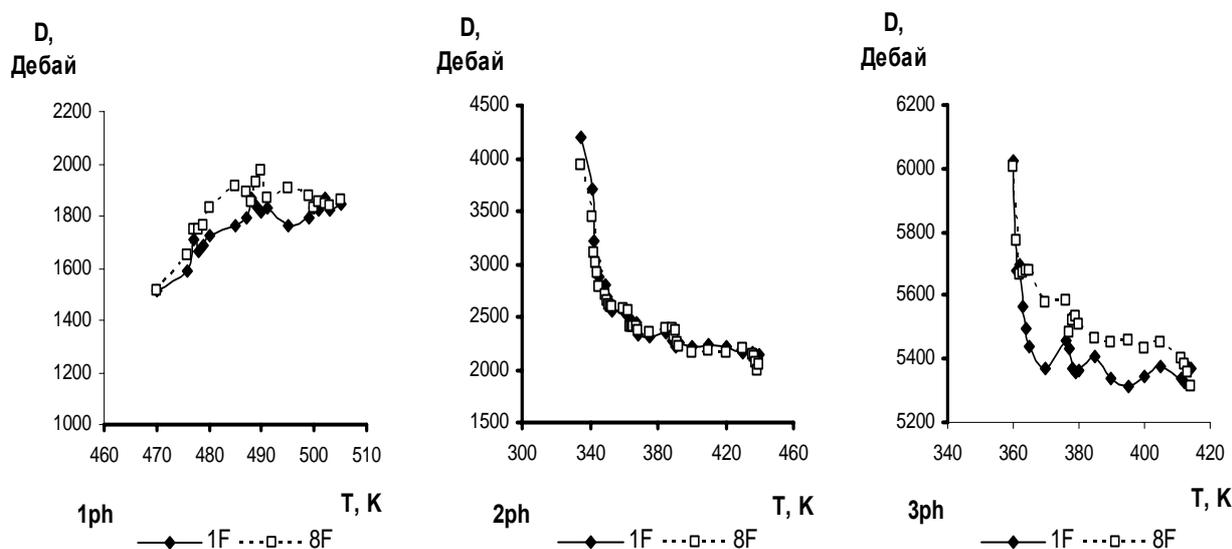


Рисунок 5 – Температурная зависимость суммарного дипольного момента исследуемых соединений

Анализ температурных зависимостей коэффициента самодиффузии фуллеренов в исследуемых системах показывает, что его значения после плавления не превышают  $6-7 \text{ nm}^2/\text{с}$ .

На рисунках 6-8 представлены температурные зависимости расстояний между фуллеренами. Обозначения находятся в согласии с рисунком 2. Тип рисунка 1ph(1), 2ph(1), 3ph(1) соответствует длинам сторон, совпадавшим с направлением директора для случая 8 фуллеренов; 1ph(2), 2ph(2), 3ph(2) – сторонам, параллельным нормали подложки; 1ph(3), 2ph(3), 2ph(3) – сторонам, перпендикулярным директору.

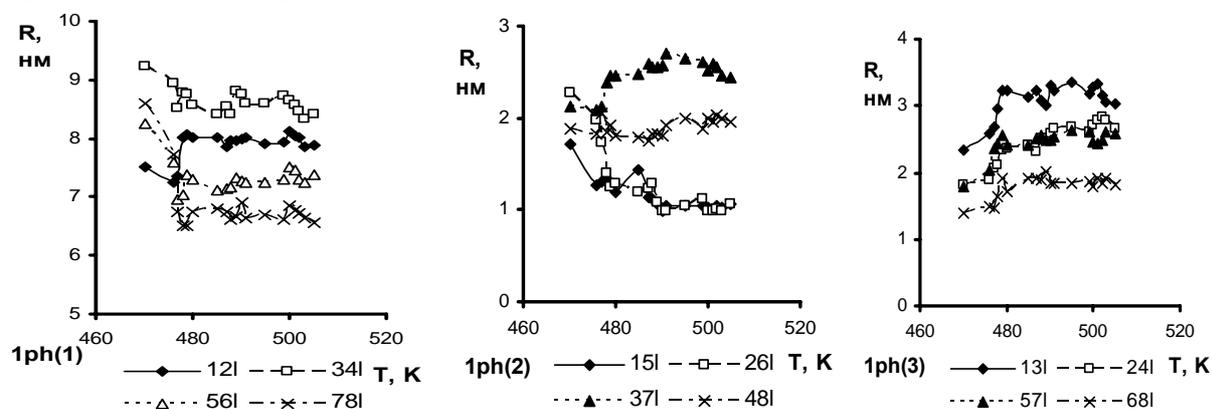


Рисунок 6 – Температурные зависимости длин сторон фигур, образуемых фуллеренами в кластере с 1ph

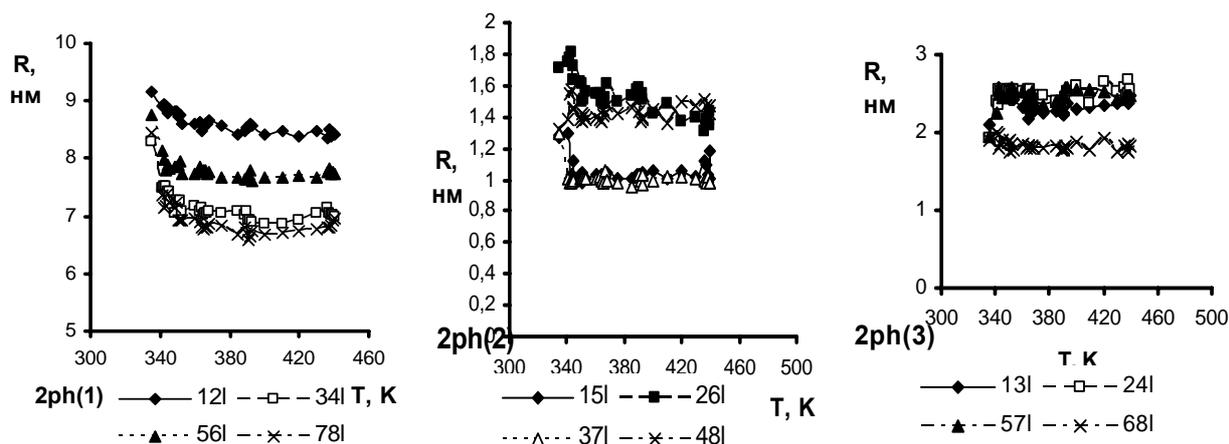


Рисунок 7 – Температурные зависимости длин сторон фигур, образуемых фуллеренами в кластере с 2ph

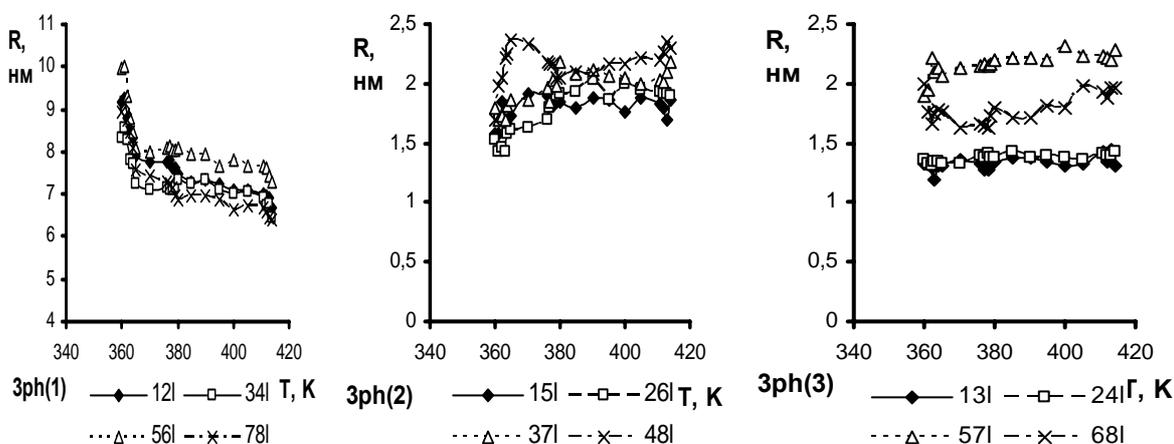


Рисунок 8 – Температурные зависимости длин сторон фигур, образуемых фуллеренами в кластере с 3ph

Как видно из кривых температурных зависимостей длины сторон, совпадающие с директором, с ростом температуры заметно уменьшаются только в случае 3ph. На других же сторонах длина мало изменяется при росте температуры. Имеющаяся разница в длинах сторон образовалась при первоначальном отжиге исходного кластера.

Как видно из результатов проведенных исследований, влияние фуллеренов на динамику смектических ЖК незначительно.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Каманина Н.В. Фуллеренсодержащие диспергированные нематические жидкокристаллические структуры: динамические характеристики и процессы самоорганизации // Успехи физ.наук. – 2005. – Т.175, №4. – С.445-454.
- 2 Goodby J.W., Saez I.M., Cowling S.J., Gasowska J.S., MacDonald R.A., Sia S., Watson P., Toyne K.J., Hird M., Lewis R.A., Lee S.-E. and Vaschenko V. Molecular complexity and the control of self-organising processes // Liquid Crystals. – 2009. – Vol.36, №6-7. – P.567-605.
- 3 Van der Spoel D., Lindahl E., Hess B., van Buuren A.R., Apol E., Meulenhoff P.J., Tieleman D.P., Sijbers A.L.T.M., Feenstra K.A., van Drunen R. and Berendsen H.J.C., GROMACS User Manual version 3.3.1, [www.GROMACS.org](http://www.GROMACS.org)
- 4 Агельменев М.Е., Мулдахметов З.М., Братухин С.М., Поликарпов В.В. Моделирование мезогенной системы в жидком агрегатном состоянии // Ж. физ. хим. – 2010. – Т.84, №7. – С. 1280–1284.
- 5 Agelmenev M.E., Muldakhmetov Z.M., Bratukhin S.M., Pak V.G., Polikarpov V.V., Yakovleva O.A. The Dynamics of Some Nematic Liquid Crystals // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2008. – Vol.494. – P.339-352.
- 6 Wong-ekkabut J., Baoukina S., Triampo W., Tang I-M., Tieleman D.P., Monticelli L. A simulation study of fullerene translocation through lipid membranes // Nature Nanotechnology. – 2008. – Vol.3. – P.363-368.
- 7 <http://www.dsimb.inserm.fr/~luca>

## REFERENCES

- 1 Kamanina N.V. Fullerene-dispersed nematic liquid crystal structures: dynamic characteristics and processes of self-organization // Success fiz.nauk. - 2005. - T.175, № 4. - p.445-454.
- 2 Goodby J.W., Saez I.M., Cowling S.J., Gasowska J.S., MacDonald R.A., Sia S., Watson P., Toyne K.J., Hird M., Lewis R.A., Lee S.-E. and Vaschenko V. Molecular complexity and the control of self-organising processes // Liquid Crystals. – 2009. – Vol.36, №6-7. – P.567-605.
- 3 Van der Spoel D., Lindahl E., Hess B., van Buuren A.R., Apol E., Meulenhoff P.J., Tieleman D.P., Sijbers A.L.T.M., Feenstra K.A., van Drunen R. and Berendsen H.J.C., GROMACS User Manual version 3.3.1, [www.GROMACS.org](http://www.GROMACS.org)
- 4 Agelmenev M.E., Muldakhmetov Z.M., Bratukhin S.M., Polikarpov V.V. Simulation of mesogenic systems in the liquid state // J. Phys. Chem. - 2010. - T.84, № 7. - p. 1280-1284.
- 5 Agelmenev M.E., Muldakhmetov Z.M., Bratukhin S.M., Pak V.G., Polikarpov V.V., Yakovleva O.A. The Dynamics of Some Nematic Liquid Crystals // Mol. Crys. Liq. Cryst. – 2008. – Vol.494. – P.339-352.
- 6 Wong-ekkabut J., Baoukina S., Triampo W., Tang I-M., Tieleman D.P., Monticelli L. A simulation study of fullerene translocation through lipid membranes // Nature Nanotechnology. – 2008. – Vol.3. – P.363-368.
- 7 <http://www.dsimb.inserm.fr/~luca>

## Резюме

*М.Е. Агелменев, С.М. Братухин, З.М. Молдахметов,  
В.В. Поликарпов, Г.С. Бектасова, Д. Ерболатұлы*

(Органикалық синтез және көмірхимиясы институты, Қарағанды қ.)

C60 ФУЛЛЕРЕН МОЛЕКУЛАЛАРЫНЫҢ КЕЙБІР СМЕКТИКАЛЫҚ  
СҰЙЫҚ КРИСТАЛДАРДЫҢ ТӘРТІБІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жұмыс барысында смектикалық сұйық кристалдардың фуллерен молекулалары қатысуындағы тәртібінің компьютерлік үлгілеу нәтижелері көрсетілген. Фуллерен молекулалардың сұйық кристалдардың тәртібіне шамалы әсер ететіндігі анықталған.

**Кілт сөздер:** сұйық кристалл, фуллерен молекулалары, компьютерлік үлгілеу.

## Summary

*M.E. Agelmenev, Z.M. Muldakhmetov, S.M. Bratukhin,  
V.V. Polikarpov, G.S. Bektasova, D. Erbolatuly*

(Institute of organic synthesis and coal chemistry, Karaganda)

THE STUDY OF THE EFFECT OF THE C60 FULLERENE MOLECULES  
ON THE BEHAVIOR OF SOME SMECTIC LIQUID CRYSTALS

In this work the results of the computer modeling of the behavior of smectic liquid crystals (LCs) in the presence of fullerene molecules were presented. The fullerene molecules small impact on the ordering of the LC was found.

**Keywords:** liquid crystal, the fullerene molecules, computer simulation.

*Поступила .01.2013 г.*

УДК 622.775

*А.Е. РОГОВ, Л.Б. САБИРОВА*

(Институт Горного дела имени Д.А. Кунаева, г. Алматы)

*Представлена академиком НАН РК, д.т.н., проф. Роговым Е.И.*

## **К ТЕОРИИ ОБОСНОВАНИЯ КРИТЕРИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПЛАСТОВЫХ ВОД ПРИ ПОДЗЕМНОМ СКВАЖИННОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ**

### **Аннотация**

Ранее нами в [1] было показано, что критерий надежности восстановления пластовых вод после ПСВ (подземное скважинное выщелачивание) урана в основном определяется состоянием пластовых вод после техногенеза.

**Ключевые слова:** подземное скважинное выщелачивание, пластовые воды, критерий надежности.

**Кілт сөздер:** жерасты ұңғымалық сілтілеу, тақталы сулар, сенімділік критерийі.

**Keywords:** in-situ leaching, formation water, the reliability test.

При самом первом рассмотрении качества подземных вод до и после добычи урана способом ПСВ стало ясно, что техногенез существенно и по множеству параметров влияет на подземные воды. При этом, если бы эти воды были источниками снабжения населенных пунктов, то их употребление грозит экологической катастрофой – разными болезнями и многими негативными явлениями.

Надежный прогноз состояния пластовых вод после техногенеза ПСВ урана остается пока открытым. В этой связи в настоящей статье сделана первая попытка ответить на важный и первостепенный вопрос – какова же величина КЭН (коэффициент экологической надежности) для реальных блоков ПСВ урана и как его максимизировать.

Будем рассматривать отдельный блок ПСВ урана с параметрами, обозначенными ниже.

Основные вредности в пластовых водах блока после отработки продуктивного пласта и извлечения урана следующие:

- сульфат иона;
- нитрат иона;
- сумма солей;
- остаточное содержание растворенного урана в пластовых водах;
- кислотность (Ph) остаточных растворов.

На все перечисленные параметры установлены ПДК – предельно допустимые концентрации в пластовых водах, подвергнутых техногенезу в виде ПСВ урана. При этом существуют ПДК для питьевого и хозяйственного назначения. Хотя в этом исследовании эти различные ПДК не являются специальным вопросом для обсуждения.

### **1. Теория проблемы**

В соответствии с современным уровнем знаний о процессах диффузионного растворения урана в продуктивных пластах и его фильтрационного переноса к откачным скважинам, предлагается следующая модель.

После извлечения урана из ячейки или блока выключается вся гидродинамическая система ЗС и ОС. Наступает период естественного восстановления пластовых вод или период «заживления».

Этот процесс характерен для любых экосистем, в том числе и для пластовых вод, состояние и качество которых нарушено ПСВ урана.

Однако, как показывают наблюдения за процессом «заживления» по широкому спектру параметров [1], они все подчинены экспоненциальному закону в функции от времени  $t$  вида:

$$\overline{y_j} = \alpha_j e^{-\beta_j t}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $\overline{y_j}$  – параметр экологической вредности, есть математическое описание;  $\alpha_j$ ;  $\beta_j$  – статические коэффициенты, которые следует установить;  $t$  – время, годы или сутки.

Причем величины  $\overline{y_j}$  здесь в уравнениях  $j = \overline{1, N}$  являются математическими ожиданиями параметров вредности пластовых вод после техногенеза.

Установить коэффициенты  $\alpha_j$  и  $\beta_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  для уравнений (1) можно всего по двум достаточно удаленным по времени –  $t$  состояниям, лучше всего граничных:

$$\left. \begin{array}{l} t_j = T_{\underset{\vee}{j}} \\ u \\ t_j = \hat{T}_j \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где  $T_{\underset{\vee}{j}}$  - нижняя граница для отсчета времени, например  $T_{\underset{\vee}{j}} = 1$  год;

$\hat{T}_j$  - верхняя граница времени, например  $\hat{T}_j = 17$  лет [1].

Если для этих значений зафиксированы математические ожидания параметров  $\overline{y_j}$ , то для определения статических коэффициентов  $\alpha_j$  и  $\beta_j$  следует решать системы из двух уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} \overline{y_j}(T_{\underset{\vee}{j}}) = \alpha_j e^{-\beta_j T_{\underset{\vee}{j}}} \\ \overline{y_j}(\hat{T}_j) = \alpha_j e^{-\beta_j \hat{T}_j} \end{array} \right\}, \quad (3)$$

Поделим второе уравнение (3) на первое, тогда получим  $N$  уравнений вида:

$$\left. \begin{array}{l} \overline{y_j}(\hat{T}_j) / \overline{y_j}(T_{\underset{\vee}{j}}) = e^{\beta_j (\hat{T}_j - T_{\underset{\vee}{j}})} \\ j = \overline{1, N} \end{array} \right\} \quad (4)$$

Решая уравнение (4) относительно параметра  $\beta_j$ , будем иметь

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_j = \frac{1}{\hat{T}_j - T_{\underset{\vee}{j}}} \ln \left[ \overline{y_j}(\hat{T}_j) / \overline{y_j}(T_{\underset{\vee}{j}}) \right] \\ j = \overline{1, N} \end{array} \right. \quad (5)$$

Эта операция допустима, если вредности  $\overline{y_j}$  все по своему абсолютному значению возрастают.

В противном случае при убывании  $\overline{y_j}$  делить следует первое на второе, тогда будем иметь:

$$\beta_j = \frac{1}{\hat{T}_j - T_{\underset{\vee}{j}}} \ln \left[ \overline{y_j}(T_{\underset{\vee}{j}}) - \overline{y_j}(\hat{T}_j) \right], \quad (6)$$

Подставляя 5 и 6 в уравнение (3) находим статистические параметры  $\alpha_j$ :

$$\alpha_j = \frac{\overline{y_j}(T_j)}{e^{\beta_j \cdot \overline{T_j}}}, j = \overline{1, N},$$

где  $\beta_j$  определяется по формулам (5 и 6). Для контроля  $\alpha_j$  следует определить из уравнений:

$$\alpha_j = \frac{\overline{y_j}(\hat{T}_j)}{e^{\beta_j \cdot \hat{T}_j}}, \quad j = \overline{1, N}. \quad (7)$$

При этом следует обязательно проверить, чтобы  $\alpha_j$  определяемые численно для конкретных блоков для ПСВ урана из (6) в точности совпадали бы с численными значениями  $\alpha_j$ , определяемые из (7). Если нарушаются эти условия, то задачу по расчету статистических параметров  $\beta_j$  и  $\alpha_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  следует повторить.

Так, в соответствии с изложенными теоретическими позициями функции параметров математических ожиданий для  $\overline{y_j}$  от времени нами получены в виде конкретных зависимостей для  $\alpha_j$  и  $\beta_j$ :

- сульфат-ионы в пластовых водах:

$$\overline{y_1} = 6,69e^{-0,1t}, \text{ г/л} \quad (8)$$

- нитрат-ионы:

$$\overline{y_2} = 432e^{-0,192t}, \text{ г/л} \quad (9)$$

- сумма солей:

$$\overline{y_3} = 18e^{-0,165t}, \text{ г/л} \quad (10)$$

- остаточное содержание урана в пластовых водах:

$$\overline{y_4} = 69,4e^{-0,18t}, \text{ мг/л} \quad (11)$$

- кислотность остаточных растворов пластовых вод:

$$\overline{y_5} = 1,96 + 0,44t, \quad (12)$$

Кандидатом технических наук В.Л.Забазновым [2] было установлено на основании длительных наблюдений за состоянием пластовых вод в отработанных блоках, что в среднем за 15 лет происходит «заживление» пластовых вод, пораженных техногенезом по пяти пересекающимся параметрам:

$$\overline{y_1} \div \overline{y_5}.$$

Подставив в формулы (8) ÷ (12), срок  $t = 15$  лет, нами получены оценки по параметрам вредности техногенеза для пластовых вод:

- уравнение (8) – сульфат-ионы:

$$\overline{y_1} = 6,69e^{-0,1 \cdot 15} = 1,22, \text{ г/л}$$

- уравнение (9) – нитрат-ионы:

$$\overline{y_2} = 432e^{-0,192 \cdot 15} = 24,3, \text{ г/л}$$

- уравнение (10) – сумма солей:

$$\overline{y_3} = 18e^{-0,165 \cdot 15} = 1,5, \text{ г/л}$$

- уравнение (11) – содержание урана:

$$\overline{y_4} = 69,4e^{-0,18 \cdot 15} = 4,7, \text{ мг/л}$$

Для остаточной величины кислотности пластовых вод нами доказано, что лучшим будет линейное уравнение вида

$$\overline{y}_5 = a + bt \quad (13)$$

или после решения  $\overline{y}_5 = 1,96 + 0,44t$ .

- уравнение (12) – кислотность Ph

$$\overline{y}_5 = 1,96 + 0,44 \cdot 15 = 8,6. \quad (14)$$

Все показатели по  $\overline{y}_1 \div \overline{y}_5$  через 15 лет в блоке будут находиться в пределах ПДК [2].

Нами также предлагается критерий надежности восстановления пластовых вод в течение отработки блоков ПСВ урана в виде:

$$J_{j,b} = 1 - \frac{\int_{\hat{T}_j}^{T_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta t} \cdot dt}{\int_{\hat{T}_j}^{\hat{T}_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta t} \cdot dt} \Bigg\}_{j = \overline{1, N}} \quad (15)$$

где все параметры, входящие в уравнение (15), уже оговорены ниже.

Здесь крайние значения при  $t_j = T_j$ ,  $J_j = 0$ , так как вторая часть уравнения (15) равна единице.

И, наоборот, при  $t_j = \hat{T}_j$ , будем иметь:

$$J_{j,b} = 1 - \frac{\int_{\hat{T}_j}^{T_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta t} \cdot dt}{\int_{\hat{T}_j}^{\hat{T}_j} \alpha_j \cdot e^{-\beta t} \cdot dt} = 1, \quad (16)$$

Так как вторая часть  $J_j=0$ , максимум надежности  $J_j=1$  достигается через  $T_k$  лет.

## Выводы

Предложены теоретические основы оценки уровня надежности восстановления пластовых вод, зараженных техногенезом ПСВ урана, и даны аналитические формулы для вычисления всех необходимых для этого параметров  $\alpha_j$ ,  $\beta_j$  и  $j = \overline{1, N}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рогов А.Е., Рыспанов Н.Б. Математические основы геотехнологий. Алматы, FORTRESS, 2007, 368 с.
- 2 Забазнов В.Л. Диссертация, к.т.н., 2006, 147 с.

## REFERENCES

- 1 Rogov E.A., Ryspanov. N.B. *Matematicheskie osnovy geotekhnologii*. Almaty. FORTRESS, 2007, 368 s.
- 2 Zabaznov V.L. *Dissertatsiia, k.t.n.*, 2006, 147 s.

**Резюме**

*А.Е. Рогов, Л.Б. Сабирова*

(Д.А.Қонаев атындағы Тау-кен институты, Алматы қ.)

**ЖЕРАСТЫ ҰҢҒЫМАЛЫ СІЛТІЛЕУДЕ ТАҚТАЛЫ СУЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ  
СЕНІМДІЛІК КРИТЕРИЙІНІҢ ТЕОРИЯСЫН НЕГІЗДЕУ**

Уранды ЖҰС нақты блоктарда ЭСК (экологиялық сенімділік коэффициенті) шамасы қандай және оны қалай жоғарылатуға болады деген бірінші ретті және маңызды сұраққа жауап берудің алғашқы талпынысы берілген.

**Кілт сөздер:** жерасты ұңғымалық сілтілеу, тақталы сулар, сенімділік критерийі.

**Summary**

*A.E. Rogov, L.B. Sabirova*

(Mining Institute named after D.A.Kunaev, Almaty)

**EDGE WATER ECOLOGICAL SAFETY CASE THEORY  
WHEN DRILLHOLE ISL**

First effort to have an answer on major primal question – what is ecological safety coefficient's value for uranium drilling ISL real blocks and how to minimize it – was taken.

**Keywords:** in-situ leaching, formation water, the reliability test.

*Поступила 25.01.2013 г.*

УДК 577.218

А.К. ХАНСЕИТОВА<sup>1</sup>, В.Г. НИГМАТОВА<sup>1</sup>, А.Ю. ХОДАЕВА<sup>1</sup>,  
Ш.Ж. ТАЛАЕВА<sup>2</sup>, Т.С. БАЛМУХАНОВ<sup>1</sup>, Н.А. АЙТХОЖИНА<sup>1</sup>

(1-РГП «Институт молекулярной биологии и биохимии  
им.М.А. Айтхожина» КН МОН РК, г. Алматы;  
2-Казахский НИИ онкологии и радиологии МЗ РК, г. Алматы)

## ЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АССОЦИАЦИЙ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ *CYP1A1* И *CYP1B1* С РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В КАЗАХСТАНЕ

### Аннотация

Проведено сравнение распределения генотипов и частот аллелей в полиморфных участках генов *CYP1A1* (rs4646903) и *CYP1B1* (rs1056836) в казахской и русской этнических группах женщин больных раком молочной железы (РМЖ) и в соответствующих контрольных группах. Показано наличие статистически достоверных различий в распределении генотипов ( $\chi^2=8.71$ ,  $p=0.015$ ) гена *CYP1A1*, rs4646903 и в частотах аллелей ( $\chi^2=5.93$ ,  $p=0.004$ ) между группами больных РМЖ и контрольной группой в казахской этнической группе. Выявлены статистически значимые различия между пациентами с РМЖ и контролем в русской этнической группе в распределении генотипов ( $\chi^2=7.48$ ,  $p=0.023$ ) в гене *CYP1B1*, rs1056836., но не в частотах аллелей. Распределение генотипов во всех изученных группах соответствует распределению Харди-Вайнберга.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, частота аллелей, генотип генов, распределение Харди-Вайнберга.

**Кілт сөздер:** сүт безі ісігі, аллель жиілігі, геннің генотиптері, Харди-Вайнберг таралуы.

**Key words:** breast cancer, the frequency of allele, genotype of gen, the Hardy-Weinberg equilibrium.

Рак молочной железы (РМЖ) является наиболее распространенной онкопатологией среди женщин и составляет около 20% от общего числа раковых заболеваний в Республике Казахстан. В развитие заболевания вносят вклад как внешние, так и внутренние факторы: агрессивные излучения, сложные химические соединения как естественной, так и искусственной природы, генетические особенности индивидуума, включая его гормональный статус.

Защитные системы высших организмов включают в себя сложные ферментативные системы детоксикации канцерогенных химических соединений. Первая фаза преобразования сложных химических соединений, облегчающая их детоксикацию, осуществляется при участии группы ферментов, контролируемых генами, принадлежащими к суперсемейству (57 генов и более 59 псевдогенов) генов цитохрома P450 (*CYP450*). Данная фаза заключается в переводе органических гидрофобных соединений в водорастворимую форму, способствующую их дальнейшей деградации во второй фазе процесса с участием ферментов семейства глутатион-S-трансфераз. Объектами воздействия на первой фазе детоксикации являются вещества как экзогенного происхождения: полициклические ароматические углеводороды, фармацевтические препараты, гербициды, др., так и органические молекулы, являющиеся либо компонентами пищи, либо требующими разложения эндогенными компонентами метаболизма, в частности - стероидными гормонами, к которым, среди прочих, относятся эстрогены. С повышенным уровнем или дисрегуляцией уровня эстрогенов связывают ускорение процессов старения, снижение качества, сокращение продолжительности жизни. Связь риска возникновения РМЖ с эстрогеновым статусом пациентов считается в настоящее время установленной. Как один из факторов канцерогенеза рассматривается

катализируемое ферментами CYP1A1 и CYP1B1 превращение эстрогенов (17- $\beta$ -эстрадиол) в 4-гидрокси-эстрогены, представляющие собой генотоксические соединения, интенсивно формирующие повреждения ДНК.

В последние годы поиск полиморфных вариантов генов детоксикации ксенобиотиков, в том числе генов системы CYP, ассоциированных с риском возникновения и развития онкологических заболеваний, интенсивно проводится в различных странах и популяциях мира [1].

Целью настоящей работы является поиск ассоциаций полиморфных вариантов генов *CYP1A1* (rs4646903) и *CYP1B1* (rs1056836) с риском развития РМЖ в казахской и русской этнических группах Республики, направленный на выявление достоверных геномных маркеров заболевания.

### Материалы и методы

В исследовании проведено тестирование 181 образца венозной крови, полученной от пациенток с клинически подтвержденным диагнозом РМЖ и 397 образцов – от практически здоровых доноров без онкологических заболеваний по семейному анамнезу. Средний возраст больных составлял 50.3 $\pm$ 11.6 (казашки), 55.7 $\pm$ 11.7 (русские); средний возраст в контрольной группе - 50.07 $\pm$ 8.47 (казашки), 54.8 $\pm$ 5.9 (русские).

Выделение ДНК проводили при помощи коммерческих наборов производства «Ахуген», США. Использованные в исследовании TaqДНК-полимераза, эндонуклеазы рестрикции и маркеры молекулярной массы произведены фирмой «СибЭнзим», Россия».

Тестирование полиморфности в участке rs4646903 гена *CYP1A1* выполнено с помощью метода полимеразной цепной реакции: ПЦР-ПДРФ (анализ полиморфизма длин рестрикционных фрагментов) с праймерами следующего нуклеотидного состава:

F: 5'-CAGTGAAGAGGTGTAGCCGC-3';

R: 5'-TAGGAGTCTTGTCTCATGCC-3'.

Режим амплификации: начальная денатурация 94 $^{\circ}$ C- 5 min и 30 циклов в следующем режиме (94 $^{\circ}$ C - 1 min, 61 $^{\circ}$ C- 1 min, 72 $^{\circ}$ C - 1 min), плюс заключительная элонгация 72 $^{\circ}$ C, 7 min [2].

Исследуемый полиморфизм заключается в одноклеотидной замене основания тимин на цитозин (Т/С) в позиции rs4646903. Данная замена формирует сайт узнавания для эндонуклеазы *MspI*, в результате которой образованный в результате амплификации фрагмент протяженностью 340 нуклеотидов рестрицируется на два фрагмента размерами 140 и 200 нуклеотидов. Полиморфизм гена *CYP1B1* в участке rs1056836 исследовали при помощи двухступенчатой ПЦР [3]. В первой ПЦР использованы праймеры следующей олигонуклеотидной последовательности:

CYP1B1-1294-F 5'-ATGCGTCTTCCAGCTTTGT-3';

CYP1B1-1294-R 5'-TATGGAGCACACCTCACCTG-3'.

В результате амплификации образуется фрагмент размером 623 пн, используемый в качестве матрицы для второго этапа ПЦР. На втором этапе в качестве прямого праймера используется форвард-праймер из первой ПЦР, а обратные праймеры являются специфичными на 3'-конце:

CYP1B1-1294G-R 5'-TCCGGGTTAGGCCACTTCAC-3';

CYP1B1-1294C-R 5'-TCCGGGTTAGGCCACTTCAG-3'.

При проведении обеих реакций использован одинаковый режим амплификации со следующей последовательностью циклов: 94 $^{\circ}$ C- 60 сек; 55 $^{\circ}$ C- 60 сек; 72 $^{\circ}$ C - 60 сек -30 циклов; заключительная элонгация - 72 $^{\circ}$ C, 8 мин.

Достоверность различий в распределении генотипов и частотах аллелей рассчитывали с помощью критерия Пирсона ( $\chi^2$ ), распределение генотипов в выборках проверяли на соответствие уравнению Харди-Вайнберга (HWE). В качестве индикатора степени связи между наблюдаемыми значениями аллелей и генотипов использовали отношение шансов (odds ratio - OR), доверительный интервал (confidence interval – CI). Точный тест Фишера был использован в случаях, когда значения частот генотипов были неравноценно распределены среди ячеек таблицы (одно из значений – менее 6). Использованы программы Microsoft Excel и Statistica 2007.

### Результаты и обсуждение

**Ген цитохрома P450 1A1 (CYP1A1)** находится на 15 хромосоме (15q24.1), содержит 7 экзонов, состоит из приблизительно 6 тысяч пар нуклеотидов (пн). Исследуемый в настоящей

работе полиморфизм Т/С (основание Т меняется на С, Т аллель является предковым) представляет собой однонуклеотидную замену, расположен в 3' нетранслируемой (3'UTR) последовательности гена, в 242 позиции относительно окончания 7 экзона. Ген *CYP1A1* представлен достаточно консервативной последовательностью, однонуклеотидные полиморфизмы, присутствующие в данном гене находятся в неравновесном сцеплении между собой, что свидетельствует о том, что его нуклеотидная последовательность входит в единый гапоблок. Ближайшая точка рекомбинации – hotspot – находится между данным геном и его эволюционной копией – геном *CYP1A2* [4].

Несмотря на то, что функциональная роль данного полиморфизма в настоящее время не установлена, существует определенная его связь различными раковыми заболеваниями. Описаны, например, статистически достоверные ассоциации полиморфизма rs4646903 гена *CYP1A1* с раком легкого [5], пищевода [6], шейки матки [7], рядом других онкопатологий.

Связь данного полиморфизма с РМЖ изучается в различных мировых популяциях, причем вопрос о том, какой из аллелей является рисковым остается открытым. Показано, что для женщин Китая маркером для прогнозирования РМЖ может быть СС генотип [8]. С другой стороны опубликованы результаты, демонстрирующие, что у корейских женщины, несущих Т аллель, риск развития РМЖ повышен в 1.72 раза [9]. В ряде исследований, проведенных в популяциях Северной Америки (штат Вашингтон, США) [10] и южной Индии [11], статистически достоверная ассоциация данного полиморфизма с РМЖ выявлена не была вообще.

Полученные нами результаты, приведенные в таблице 1 и описывающие частоту аллелей и распределение генотипов, коррелируют с данными, опубликованным на сайте Национального Центра Биотехнологической Информации США (National Center for Biotechnology Information) данным.

Таблица 1 – Распределение генотипов и частоты аллелей в участке rs4646903 гена *CYP1A1* в различных мировых популяциях по данным NCBI

Популяции	Частоты аллелей и генотипов				
	С/С	С/Т	Т/Т	С	Т
NCBI-CAUC1	0	0.379	0.621	0.190	0.810
NCBI-AFR1	0.130	0.304	0.566	0.283	0.717
NCBI-HISP1	0.087	0.391	0.522	0.283	0.717
NCBI-CHB+JPT	нд	нд	нд	0.375	0.625
Казахи, данное исследование	0.078	0.471	0.451	0.313	0.687
Русские, данное исследование	0.033	0.233	0.733	0.150	0.850

Примечание. CAUC1- европеоиды (Caucasian); AFR1- афроамериканцы; HISP1- латиноамериканцы; CHB+JPT – китайцы, Пекин + японцы, Токио, нд – нет данных.

Распределение аллелей в казахской этнической группе соответствует таковому в совокупной азиатской группе (китайцы Пекина, объединенные с японцами Токио), в то время как частоты аллелей и распределение генотипов у русских приближены к европеоидной группе. Между исследуемыми нами группами существуют статистически достоверные межэтнические различия (Р по генотипам= $1,74 \cdot 10^{-6}$ , Р по аллелям= $5,70 \cdot 10^{-7}$ ).

Таблица 2 – Частоты аллелей и распределение генотипов в участке rs 4646903 гена *CYP1A1* в казахской этнической группе

Аллели/генотипы	Частота встречаемости		OR	CI (95%)	$\chi^2$	P
	Пациенты РМЖ, n=119	Контроль, n=206				
Т	0.592	0.687	0.66	0.48 – 0.92	5.93	0.01 (0.004)
С	0.408	0.313	1.51	1.08 – 2.10		
ТТ	0.370	0.451	0.71	0.45 – 1.13	8.71	0.01 (0.015)
ТС	0.445	0.471	0.90	0.57 – 1.42		
СС	0.185	0.078	2.69	1.35 – 5.36		

Примечание. В скобках указаны значения P после коррекции по тесту Фишера.

Результаты, полученные при изучении ассоциации данного полиморфизма с РМЖ в казахской группе и приведенные в таблице 2, демонстрируют наличие статистически достоверных различий в распределении генотипов и частотах аллелей между больными и здоровыми. Выявлена ассоциация полиморфизма rs4646903 с риском развития заболевания: OR (odds ratio) для гомозигот по аллелю С равен 2.69 при CI (95%) 1.35 – 5.36.

Приведенные экспериментальные результаты находятся в соответствии с результатами, описывающими наличие ассоциации данного полиморфизма с РМЖ в популяциях Китая [8] и Мексики: OR=1.95, CI=1.13-3.36 [12].

В русской этнической группе, как следует из результатов, приведенных в таблице 3, ассоциаций исследуемого полиморфизма с РМЖ ни по генотипам, ни по аллелям нами выявлено не было. Полученный результат отличается от результатов двух аналогичных тестирований, выполненных в русских этнических группах г. Новосибирска, в которых обнаружены статистически значимые ассоциации полиморфизма в участке rs 4646903 гена *CYP1A1* с РМЖ как по аллелям, так и по генотипам [13, 14]. При сравнении частот аллелей и генотипов контрольной русской этнической группы, проживающей в Казахстане с двумя контрольными группами русских г. Новосибирска было обнаружено различие в данных группах.

Ниже приводится внешне схожее распределение аллелей и генотипов Т-С-ТТ-ТС-СС для исследованных групп:

0.850-0.150-0.733-0.233-0.033 – настоящее исследование;

0.896-0.104-0.796-0.201-0.003 - [13];

0.888-0.112-0.775-0.225-0.000 - [14].

При статистической обработке данных выявляются, однако, значимые различия в распределении генотипов ( $\chi^2=3,874$ ,  $P=0,049$ ) между лицами русской национальности, проживающими в России (Новосибирск) и Казахстане.

Следует отметить, что аналогичные результаты, т.е. специфичность генотипов лиц русской национальности, проживающих в Казахстане, были получены авторами ранее в процессе изучения других генопосредованных заболеваний [15-19].

Полученные данные указывают на ограниченную возможность механического переноса данных, описывающих онкоассоциации полиморфных участков, полученных для лиц русской национальности, проживающих в России, на русских, проживающих в Казахстане.

Таблица 3 – Частоты аллелей и распределение генотипов в участке rs 4646903 гена *CYP1A1* в русской этнической группе

Аллели/ генотипы	Частота встречаемости		OR	CI (95%)	$\chi^2$	P
	Пациенты РМЖ, n=59	Контроль, n=150				
Т	0.890	0.850	1.43	0.74 – 2.75	1.12	0.29 (0.074)
С	0.110	0.150	0.70	0.36 – 1.35		
ТТ	0.780	0.733	1.29	0.63 – 2.63	2.12	0.35 (0.481)
ТС	0.220	0.233	0.93	0.45 – 1.91		
СС	0.000	0.033	0.22	0.01 – 4.08		

Примечание. В скобках указаны значения P после коррекции по тесту Фишера.

**Ген цитохрома P450 1B1 (*CYP1B1*)** размером около 7.8 тпн расположен на хромосоме 2p22-p21, состоит из трех экзонов и двух интронов, кодирующая последовательность гена содержится в экзонах 2 и 3. Ген *CYP1B1* экспрессируется во многих тканях и органах (моноциты, макрофаги, почки, простата, молочные железы, матка, яичники, плацента) и катализирует формирование 2- и 4-гидроксиэстрогена. Пристальное внимание исследователей в настоящее время привлекает полиморфизм C/G гена *CYP1B1* (rs1056836), расположенный в позиции 1666 третьего экзона, приводящий к аминокислотной замене лейцина на валин в кодоне 432 (*Leu/Val*). Данная замена (*Val432* аллель, G) оказывает значительное влияние на каталитическую активность фермента, приводя к трехкратному увеличению 4-гидроксилазной активности по сравнению с *Leu432* аллелем (C). Повышение каталитической активности по отношению к эстрогенам была показана также для следующих полиморфных вариантов: *Gly48*, *Ser119*, *Ser453* [3].

Результаты данного исследования, описывающие частоту аллелей и распределение генотипов в гене *CYP1B1* (rs1056836), приведены в таблице 4, совместно с данными Национального Центра Биотехнологической Информации США, демонстрирующими значительную межнациональную вариабельность частот аллелей данного полиморфизма.

Таблица 4 – Частоты аллелей и распределение генотипов полиморфизма гена *CYP1B1* rs1056836 в различных мировых популяциях

Популяции	Частоты аллелей и генотипов				
	C/C	C/G	G/G	C	G
НарМар-CEU	0.336	0.434	0.230	0.553	0.447
НарМар-HCB	0.774	0.256	0	0.872	0.128
НарМар-JPT	0.821	0.167	0.012	0.905	0.095
НарМар-YRI	0.018	0.212	0.770	0.124	0.876
Казахи, данное исследование	0.541	0.404	0.055	0.743	0.257
Русские, данное исследование	0.374	0.419	0.207	0.584	0.416

Примечание. CEU- Центральная Европа; HCB-Китай, Пекин; JPT-Япония, Токио; YRI-Йоруба, Африка; нд – нет данных.

Значения частот аллелей и распределений генотипов в русской группе, согласно результатам авторов, приближаются к таковым в группе европейцев (НарМар-CEU), а аналогичные показатели в казахской группе являются промежуточными между представителями европеоидной - CEU и азиатской рас - HCB и JPT (Китай и Япония).

При сравнении распределения генотипов и частот аллелей в участке rs1056836 гена *CYP1B1* между больными и контролем в казахской этнической группе (таблица 5) ассоциаций изучаемого полиморфизма с РМЖ выявлено не было.

Таблица 5 – Частоты аллелей и распределение генотипов в 432 кодоне гена *CYP1B1* (rs1056836) в казахской этнической группе

Аллели/ генотипы	Частота встречаемости		OR	CI (95%)	$\chi^2$	P
	Пациенты РМЖ, n=121	Контроль n=218				
C	0.789	0.743	1.29	0.89 – 1.89	1.81	0.18 (0.031)
G	0.211	0.257	0.77	0.53 – 1.13		
CC	0.620	0.541	1.38	0.88 – 2.17	1.99	0.37 (0.392)
CG	0.339	0.404	0.76	0.48 – 1.20		
GG	0.041	0.055	0.74	0.25 – 2.15		

Примечание. В скобках указаны значения P после коррекции по тесту Фишера.

Аналогичные исследования, проведенные в Китае, продемонстрировали повышенный риск заболевания среди носительниц генотипа CC в г. Шанхай: OR = 2.3 (95% CI, 1.2-4.5) [20] и в регионе Ningxia Hui: OR = 2.8 (95% CI: 1.04-7.51) [21]. Сходные данные получены при изучении данного полиморфизма в Турции [22] и Нигерии [23].

Таблица 6 – Частоты аллелей и распределение генотипов в 432 кодоне гена *CYP1B1* (rs1056836) в русской этнической группе

Аллели/ генотипы	Частота встречаемости		OR	CI (95%)	$\chi^2$	P
	Пациенты РМЖ, n=60	Контроль, n=179				
C	0.617	0.584	1.15	0.75–1.75	0.40	0.53 (0.703)
G	0.383	0.416	0.87	0.57–1.33		
CC	0.317	0.374	0.77	0.42–1.44	7.48	0.02 (0.023)
CG	0.600	0.419	2.08	1.15–3.77		
GG	0.083	0.207	0.35	0.13–0.93		

Примечание.\*В скобках указаны значения P после коррекции по тесту Фишера.

В русской этнической группе, в отличие от казахской группы, обнаружена статистически достоверная ассоциация полиморфизма C/G в участке rs1056836 по генотипам с развитием РМЖ ( $\chi^2 = 7.48$ ,  $P = 0,02$ ). Частоты аллелей и распределение генотипов в данной группе приведены в таблице 6. Приведенные данные не совпадают с данными литературы, описывающими результаты, полученные при тестировании групп европеоидов [24, 25].

При аналогичном тестировании в азиатских популяциях [26, 27] опубликованные ранее результаты коррелируют с приведенными нами данными для казахской этнической группы.

Помимо этого, ассоциацию полиморфизма в участке rs1056836 гена *CYP1B1* с РМЖ обнаружили в результате исследований, проведенных в Словении у генных вариантов, сочетающих полиморфизм в гене *CYP1B1* с полиморфизмом в гене *COMT* (OR, 2.0; 95% CI, 1.1 - 3.5) [28], а также в США (OR = 1.2; 95% CI 0.9-1.6) [29] для гомозигот по минорной аллели.

Различия в экспериментальных данных авторов и литературных данных, описывающих ассоциации двух изучаемых полиморфизмов генов *CYP1A1* и *CYP1B1* ни в коей мере не указывают на их противоречивость. Внешние противоречия и неоднозначность полученных результатов объясняются внутрирасовыми и, в некоторых случаях - внутриэтническими отличиями изучаемых генотипов. Полученные результаты вновь убедительно демонстрируют необходимость обязательного выявления достоверных ассоциаций определенного полиморфизма с заболеванием для конкретной этнической группы, а для крупных этносов, возможно, и для более узкой географической её подгруппы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Mrozikiewicz P.M., Grześkowiak E., Seremak-Mrozikiewicz A. et al. Importance of CYP1A1 polymorphism and its transcriptional regulation in ovarian and endometrial cancer. *Ginekol. Pol.* **2011**. V. 82 (12). P. 925-932.
- 2 Wu M.T., Lee J.M., Wu D.C. et al. Genetic polymorphisms of cytochrome P4501A1 and oesophageal squamous-cell carcinoma in Taiwan. *Br. J. Cancer.* **2002**. V.87 (5). P.529-532.
- 3 Sasaki M., Tanaka Y., Kaneuchi M. et al. CYP1B1 gene polymorphisms have higher risk for endometrial cancer, and positive correlations with estrogen receptor alpha and estrogen receptor beta expressions. *Cancer Res.* **2003**. V. 63(14). P.3913-3918.
- 4 Jorge-Nebert L.F., Jiang Z., Chakraborty R. et al. Analysis of human CYP1A1 and CYP1A2 genes and their shared bidirectional promoter in eight world populations. *Hum. Mutat.* **2010**. V.31(1). P.27-40.
- 5 Kiyohara C., Horiuchi T., Takayama K. et al. Genetic polymorphisms involved in carcinogen metabolism and DNA repair and lung cancer risk in a Japanese population. *J. Thorac.Oncol.* **2012**. V.7(6). P.954-962.
- 6 Wang D., Su M., Tian D., Liang S. et al. Associations between CYP1A1 and CYP2E1 polymorphisms and susceptibility to esophageal cancer in Chaoshan and Taihang areas of China. *Cancer Epidemiol.* **2012**. V. 36(3). P.276-282.
- 7 Sergeantis T.N., Economopoulos K.P., Choussein S. et al. Cytochrome P450 1A1 (CYP1A1) gene polymorphisms and cervical cancer risk: a meta-analysis. *Mol.Bio.l Rep.* 2012. V.39(6). P. 6647-5654.
- 8 Long J.R., Cai Q., Shu X.O. et al. Genetic polymorphisms in estrogen-metabolizing genes and breast cancer survival. *Pharmacogenet. Genomics.* **2007**. V. 17(5). P.331-338.
- 9 Shin A., Kang D., Choi J.Y. et al. Cytochrome P450 1A1 (CYP1A1) polymorphisms and breast cancer risk in Korean women. *Exp. Mol. Med.* **2007**. V. 39(3). P.361-366.
- 10 Diergaarde B., Potter J.D., Jupe E.R. et al. Polymorphisms in genes involved in sex hormone metabolism, estrogen plus progestin hormone therapy use, and risk of postmenopausal breast cancer. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* **2008**. V.17(7). P.1751-1759.
- 11 Kiruthiga P.V., Kannan M.R., Saraswathi C. et al. CYP1A1 gene polymorphisms: lack of association with breast cancer susceptibility in the southern region (Madurai) of India. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* **2011**. V.12(8). P.2133-2138.
- 12 Moreno-Galván M, Herrera-González NE, Robles-Pérez V. et al. Impact of CYP1A1 and COMT genotypes on breast cancer risk in Mexican women: a pilot study. *Int. J. Biol. Markers.* **2010**. V.25(3). P.157-163.
- 13 Khvostova E.P., Pustyl'nyak V.O., Gulyaeva L.F. Genetic polymorphism of estrogen metabolizing enzymes in Siberian women with breast cancer. *Genet. Test. Mol. Biomarkers.* **2012**. V.16 (3). P.167-173.
- 14 Gulyaeva L.F., Mikhailova O.N., Pustyl'nyak V.O. et al. Comparative analysis of SNP in estrogen-metabolizing enzymes for ovarian, endometrial, and breast cancers in Novosibirsk, Russia. *Adv.Exp. Med. Biol.* **2008**. V.617. P.359-366.
- 15 Нигматова В.Г., Абугалиева Г.К., Мирошник Т.Н., Балмуханов Т.С., Айтхожина Н.А. Изучение ассоциации полиморфного варианта 1398 A>G гена рецептора интерлейкина-13 (IL-13RA1) с заболеванием рака тела матки в популяции Казахстана. *Доклады НАН РК*, **2011**, 4, 38-41.
- 16 Нигматова В.Г., Абугалиева Г.К., Мирошник Т.Н., Балмуханов Т.С., Айтхожина Н.А. Ассоциация полдиморфного варианта rs2495636 гена рецептора интерлейкина-13 (IL-13RA1) с рассеянным склерозом у русских женщин, проживающих в Казахстане. *Доклады НАН РК*, **2011**, 5, 45-49.
- 17 Нигматова В.Г., Мендеш М.А., Черушева А.С., Балмуханов Т.С. Полиморфизм промоторной области гена интерлейкина-6 при раке тела матки в казахской и русской этнических группах Казахстана. *Доклады НАН РК*, **2010**, 5, 95-98.

- 18 Нигматова В.Г., Хансеитова А.К., Мендеш М.А., Черушева А.С., Балмуханов Т.С., Айтхожина Н.А. Полиморфизм промоторной области гена интерлейкина-6 при рассеянном склерозе в русской и казахской этнических группах Казахстана. *Известия НАН РК (Сер. биол. и мед.)*, **2010**, 5, 67-71.
- 19 Балмуханов Т.С., Хансеитова А.К., Нигматова В.Г., Аширбеков Е.Е., Попова И.В., Прназарова А.Ж., Черушева А.С., Ходаева А.Ю., Талаева Ш.Ж., академик НАН РК Айтхожина Н.А. Распространенность некоторых полиморфизмов в генах BRCA1 и BRCA2 при раке молочной железы среди населения Республики Казахстан, *Доклады НАН РК*. **2012**. №4. С. 58-63.
- 20 Jiao H., Liu C., Guo W. et al. Association of CYP1B1 Polymorphisms with Breast Cancer: A Case-Control Study in the Han Population in Ningxia Hui Autonomous Region, P. R. China. *Biomark Insights*. **2010**. V. 12. P.21-27.
- 21 Zheng W., Xie D.W., Jin F. et al. Genetic polymorphism of cytochrome P450-1B1 and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. **2000** V.9(2). P.147-150.
- 22 Kocabaş N.A., Sardaş S., Cholerton S. et al. Cytochrome P450 CYP1B1 and catechol O-methyltransferase (COMT) genetic polymorphisms and breast cancer susceptibility in a Turkish population. *ArchToxicol*. **2002**. V.76(11). P.643-9.
- 23 Okobia M.N., Bunker C.H., Garte S.J. et al. Cytochrome P450 1B1 Val432Leu polymorphism and breast cancer risk in Nigerian women: a case control study. *Infect Agent Cancer*. **2009**. V.10(4). Suppl 1:S12.
- 24 Reding KW, Weiss NS, Chen C et al. Genetic polymorphisms in the catechol estrogen metabolism pathway and breast cancer risk. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*. **2009**. V.18(5). P.1461-1467.
- 25 Sillanpää P, Heikinheimo L, Kataja V et al. CYP1A1 and CYP1B1 genetic polymorphisms, smoking and breast cancer risk in a Finnish Caucasian population. *Breast Cancer Res. Treat*. **2007** V.104 (3). P.287-297.
- 26 Lee KM, Abel J, Ko Y et al. Genetic polymorphisms of cytochrome P450 19 and 1B1, alcohol use, and breast cancer risk in Korean women. *Br. J. Cancer*. **2003** V.88(5). P.675-678.
- 27 Shimada N, Iwasaki M, Kasuga Y et al. Genetic polymorphisms in estrogen metabolism and breast cancer risk in case-control studies in Japanese, Japanese Brazilians and non-Japanese Brazilians. *Hum. Genet*. **2009**. V.54 (4). P.209-215.
- 28 Cerne J.Z., Pohar-Perme M., Novakovic S. et al. Combined effect of CYP1B1, COMT, GSTP1, and MnSOD genotypes and risk of postmenopausal breast cancer. *J. Gynecol. Oncol*. **2011**. V.22 (2). P.110-119.
- 29 Sigurdson A.J., Bhatti P., Chang S.C. et al. Polymorphisms in estrogen biosynthesis and metabolism-related genes, ionizing radiation exposure, and risk of breast cancer among US radiologic technologists. *Breast Cancer Res. Treat*. **2009**. V.118(1). P.177-184.

## REFERENCES

- 1 Mrozikiewicz P.M., Grzeškowiak E., Seremak-Mrozikiewicz A. et al. Importance of CYP1A1 polymorphism and its transcriptional regulation in ovarian and endometrial cancer. *Ginekol. Pol*. **2011**. V. 82 (12). P. 925-932.
- 2 Wu M.T., Lee J.M., Wu D.C. et al. Genetic polymorphisms of cytochrome P4501A1 and oesophageal squamous-cell carcinoma in Taiwan. *Br. J. Cancer*. **2002**. V.87 (5). P.529-532.
- 3 Sasaki M., Tanaka Y., Kaneuchi M. et al. CYP1B1 gene polymorphisms have higher risk for endometrial cancer, and positive correlations with estrogen receptor alpha and estrogen receptor beta expressions. *Cancer Res*. **2003**. V. 63(14). P.3913-3918.
- 4 Jorge-Nebert L.F., Jiang Z., Chakraborty R. et al. Analysis of human CYP1A1 and CYP1A2 genes and their shared bidirectional promoter in eight world populations. *Hum. Mutat*. **2010**. V.31(1). P.27-40.
- 5 Kiyohara C., Horiuchi T., Takayama K. et al. Genetic polymorphisms involved in carcinogen metabolism and DNA repair and lung cancer risk in a Japanese population. *J. Thorac.Oncol*. **2012**. V.7(6). P.954-962.
- 6 Wang D., Su M., Tian D., Liang S. et al. Associations between CYP1A1 and CYP2E1 polymorphisms and susceptibility to esophageal cancer in Chaoshan and Taihang areas of China. *Cancer Epidemiol*. **2012**. V. 36(3). P.276-282.
- 7 Sergentanis T.N., Economopoulos K.P., Choussein S. et al. Cytochrome P450 1A1 (CYP1A1) gene polymorphisms and cervical cancer risk: a meta-analysis. *Mol.Bio.l Rep*. **2012**. V.39(6). P. 6647-5654.
- 8 Long J.R., Cai Q., Shu X.O. et al. Genetic polymorphisms in estrogen-metabolizing genes and breast cancer survival. *Pharmacogenet. Genomics*. **2007**. V. 17(5). P.331-338.
- 9 Shin A., Kang D., Choi J.Y. et al. Cytochrome P450 1A1 (CYP1A1) polymorphisms and breast cancer risk in Korean women. *Exp. Mol. Med*. **2007**. V. 39(3). P.361-366.
- 10 Diergaarde B., Potter J.D., Jupe E.R. et al. Polymorphisms in genes involved in sex hormone metabolism, estrogen plus progestin hormone therapy use, and risk of postmenopausal breast cancer. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*. **2008**. V.17(7). P.1751-1759.
- 11 Kiruthiga P.V., Kannan M.R., Saraswathi C. et al. CYP1A1 gene polymorphisms: lack of association with breast cancer susceptibility in the southern region (Madurai) of India. *Asian Pac. J. Cancer Prev*. **2011**. V.12(8). P.2133-2138.
- 12 Moreno-Galván M, Herrera-González NE, Robles-Pérez V. et al. Impact of CYP1A1 and COMT genotypes on breast cancer risk in Mexican women: a pilot study. *Int. J. Biol. Markers*. **2010**. V.25(3). P.157-163.
- 13 Khvastova E.P., Pustyl'nyak V.O., Gulyaeva L.F. Genetic polymorphism of estrogen metabolizing enzymes in Siberian women with breast cancer. *Genet. Test. Mol. Biomarkers*. **2012**. V.16 (3). P.167-173.
- 14 Gulyaeva L.F., Mikhailova O.N., Pustyl'nyak V.O. et al. Comparative analysis of SNP in estrogen-metabolizing enzymes for ovarian, endometrial, and breast cancers in Novosibirsk, Russia. *Adv.Exp. Med. Biol*. **2008**. V.617. P.359-366.
- 15 Nigmatova V.G., Abugalieva G.K., Miroshnik T.N., Balmukhanov T.S., Ajthozhina N.A. *Doklady NAN RK*, **2011**, 4, 38-41.
- 16 Nigmatova V.G., Abugalieva G.K., Miroshnik T.N., Balmukhanov T.S., Ajthozhina N.A. *Doklady NAN RK*, **2011**, 5, 45-49.
- 17 Nigmatova V.G., Mendesh M.A., Cherusheva A.S., Balmukhanov T.S. *Doklady NAN RK*, **2010**, 5, 95-98.

- 18 Nigmatova V.G., Khanseitova A.K., Mendesh M.A., Cherusheva A.S., Balmukhanov T.S., Ajthozhina N.A. *Izvestija NAN RK (Ser. biol. i med.)*, **2010**, 5, 67-71.
- 19 Balmukhanov T.S., Khanseitova A.K., Nigmatova V.G., Ashirbekov E.E., Popova I.V., Prnazarova A.Zh., Cherusheva A.S., Khodaeva A.Ju., Talaeva Sh.Zh., akademik NAN RK Ajthozhina N.A. *Doklady NAN RK*. **2012**. №4. S. 58-63.
- 20 Jiao H., Liu C., Guo W. et al. Association of CYP1B1 Polymorphisms with Breast Cancer: A Case-Control Study in the Han Population in Ningxia Hui Autonomous Region, P. R. China. *Biomark Insights*. 2010. V. 12. P.21-27.
- 21 Zheng W., Xie D.W., Jin F. et al. Genetic polymorphism of cytochrome P450-1B1 and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. **2000** V.9(2). P.147-150.
- 22 Kocabaş N.A., Sardaş S., Cholerton S. et al. Cytochrome P450 CYP1B1 and catechol O-methyltransferase (COMT) genetic polymorphisms and breast cancer susceptibility in a Turkish population. *ArchToxicol*. **2002**. V.76(11). P.643-9.
- 23 Okobia M.N., Bunker C.H., Garte S.J. et al. Cytochrome P450 1B1 Val432Leu polymorphism and breast cancer risk in Nigerian women: a case control study. *Infect Agent Cancer*. **2009**. V.10(4). Suppl 1:S12.
- 24 Reding KW, Weiss NS, Chen C et al. Genetic polymorphisms in the catechol estrogen metabolism pathway and breast cancer risk. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev*. **2009**. V.18(5). P.1461-1467.
- 25 Sillanpää P., Heikinheimo L., Kataja V. et al. CYP1A1 and CYP1B1 genetic polymorphisms, smoking and breast cancer risk in a Finnish Caucasian population. *Breast Cancer Res. Treat*. **2007** V.104(3). P.287-297.
- 26 Lee K.M., Abel J., Ko Y. et al. Genetic polymorphisms of cytochrome P450 19 and 1B1, alcohol use, and breast cancer risk in Korean women. *Br. J. Cancer*. **2003** V.88(5). P.675-678.
- 27 Shimada N., Iwasaki M., Kasuga Y. et al. Genetic polymorphisms in estrogen metabolism and breast cancer risk in case-control studies in Japanese, Japanese Brazilians and non-Japanese Brazilians. *Hum. Genet*. **2009**. V.54(4). P.209-215.
- 28 Cerne J.Z., Pohar-Perme M., Novakovic S. et al. Combined effect of CYP1B1, COMT, GSTP1, and MnSOD genotypes and risk of postmenopausal breast cancer. *J. Gynecol. Oncol*. **2011**. V.22(2). P.110-119.
- 29 Sigurdson A.J., Bhatti P., Chang S.C. et al. Polymorphisms in estrogen biosynthesis and metabolism-related genes, ionizing radiation exposure, and risk of breast cancer among US radiologic technologists. *Breast Cancer Res. Treat*. **2009**. V.118(1). P.177-184.

## Резюме

А.К. Хансейітова<sup>1</sup>, В.Г. Нығматова<sup>1</sup>, А.Ю. Ходаева<sup>1</sup>,  
Ш.Ж. Талаева<sup>2</sup>, Т.С. Балмұханов<sup>1</sup>, Н.А. Айтқожина<sup>1</sup>

(1 – М.Ә. Айтқожин атындағы молекулярлық биология және  
биохимия институты, Алматы қ.);

2 – Қазақ онкология және радиология ғылыми-зерттеу институты)

## ҚАЗАҚСТАН ТҮРҒЫНДАРЫ АРАСЫНДА СҮТ БЕЗІ ІСІГІ МЕН *CYP1A1* ЖӘНЕ *CYP1B1* ГЕНДЕРІ ПОЛИМОРФИЗМДЕРІ АССОЦАЦИЯСЫНЫҢ ЭТНИКАЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Сүт безі ісігімен (СБІ) ауыратын қазақ және орыс ұлтты әйелдер және сәйкес бақылау топтары арасында *CYP1A1* (rs4646903) және *CYP1B1* (rs1056836) гендерінің полиморфты аудандарында генотиптердің таралуы мен аллельдердің кездесу жиілігі салыстырылды. Қазақ ұлтты СБІ науқастар мен бақылау топтары арасында *CYP1A1* (rs4646903) генінің генотиптері таралуы бойынша ( $\chi^2=8.71$ ,  $p=0.015$ ) және аллельдердің кездесу жиілігі бойынша ( $\chi^2=5.93$ ,  $p=0.004$ ) статистикалық түрде маңызды айырмашылықтар анықталды. Орыс ұлтты СБІ науқастар мен бақылау топтары арасында *CYP1B1* (rs1056836) генінің генотиптері таралуы бойынша ( $\chi^2=7.48$ ,  $p=0.023$ ) статистикалық түрде маңызды айырмашылықтар анықталды, алайда аллельдердің кездесу жиілігі бойынша айтарлықтай айырмашылық анықталмады. Зерттелген топтардағы генотиптердің таралуы Харди-Вайнберг таралуына сәйкес.

**Кілт сөздер:** сүт безі ісігі, аллель жиілігі, геннің генотиптері, Харди-Вайнберг таралуы.

---

---

**Summary**

*Khansaitova A.K.<sup>1</sup>, Nigmatova V.G.<sup>1</sup>, Khodaeva A.Ju.<sup>1</sup>, Talaeva Sh.Zh.<sup>2</sup>,  
Balmukhanov T.S.<sup>1</sup>, akademik NAN RK Aithozhina N.A.<sup>1</sup>*

(1 -M.A.Aitkhozhin Institute of molecular biology and biochemistry, Almaty;  
2 – Kazakh Research Institute of oncology and radiology, Almaty)

**ETHNICAL SPECIFITIES OF THE *CYP1A1* AND *CYP1B1* GENES POLYMORPHISMS  
ASSOCIATIONS WITH BREAST CANCER IN KAZAKHSTAN**

The distribution of the genotypes and alleles frequencies at the polymorphic sites of the genes *CYP1A1* (rs4646903) and *CYP1B1* (rs1056836) in Kazakh and Russian ethnic groups were compared between breast cancer (BC) patients and corresponding control groups. Statistically significant differences between the BC patients and healthy individuals were shown in the distribution of the genotypes ( $\chi^2=8.71$ ,  $p=0.015$ ) and allele frequencies ( $\chi^2=5.93$ ,  $p=0.004$ ) at the site rs4646903 of *CYP1A1* gene in Kazakh group. Statistically significant differences between the BC patients and healthy individuals were evaluated in the distribution of the genotypes ( $\chi^2=7.48$ ,  $p=0.023$ ) but not in alleles frequencies in rs1056836 site of *CYP1B1* gene in Russian ethnic group. The distribution of the genotype frequencies in all groups corresponded to the Hardy–Weinberg equilibrium.

**Keywords:** breast cancer, the frequency of allele, genotype of gen, the Hardy-Weinberg equilibrium.

*Посылана 27.01.2013 г.*

УДК 612.3.35

Т.Д. КИМ, А.С. МУХАМЕДЬЯРОВА, А.Б. АГАДИЛОВА,  
Е.Е. МАКАШЕВ, С.Г. МАКАРУШКО, З.Ш. СМАГУЛОВА, К.Т. ТАШЕНОВ

(Институт физиологии человека и животных, КН МОН РК)

## ВЛИЯНИЕ ЛИПОЕВОЙ КИСЛОТЫ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ГЕПАТИТЕ

Выявлена реабилитирующая роль липоевой кислоты при нарушении показателей крови и лимфы, вызванном токсическим гепатитом.

**Ключевые слова:** липоевая кислота, токсический гепатит, показатель крови, реабилитирующая роль.

**Кілт сөздер:** липой қышқылы, улы гепатит, қан көрсеткіші, қалпына келтіруші рөлі.

**Key words:** lipoic acid, toxic hepatitis, blood counts, rehabilitates role.

**Введение.** Тотальное загрязнение окружающей среды влечет к повышенному содержанию токсических веществ в природе, пище, что делает уязвимым прежде всего печень. Существует множество ядов, в том числе и тех, которые обладают так называемым сродством к печеночным клеткам и являются гепатотропными. Токсический гепатит могут вызывать такие элементы, как мышьяк, селен и свинец. Перегруженная печень перестает справляться со своими функциями и начинается активная интоксикация организма.

Среди множества современных средств, обладающих противовоспалительными, антиоксидантными, детоксикационными свойствами, обращает на себя внимание липоевая или тиоктовая кислота. Самыми важными, на наш взгляд, являются следующие ее характеристики: липоевая кислота, обладая самостоятельным антиоксидантным потенциалом, обеспечивает мощную поддержку работы других антиоксидантных систем в организме; детоксицирующее действие  $\alpha$ -липоевой кислоты обеспечивает ее высокую эффективность в лечении гепатитов, циррозов печени;  $\alpha$ -липоевая кислота обладает выраженным иммуномодулирующим свойством. Таким образом, липоевая кислота обладает уникальными свойствами, что позволяет эффективно применять ее в лечении и профилактике широкого спектра заболеваний, включая патологию печени. Высокая эффективность, хорошая переносимость, отсутствие или малая выраженность побочных эффектов являются факторами, определяющими ее выбор в лечении больных с хроническими заболеваниями печени при различных интоксикациях [1, 2, 3].

Целью нашей работы было исследование восстановительных процессов в печени при токсическом гепатите, вызванном ацетатом свинца на фоне введения липоевой кислоты.

### Материалы и методы исследования

В опытах на кроликах весом 3 – 3,5 кг под тиопенталовым наркозом 50 мг/кг массы тела провели три серии экспериментов: контрольная группа, группа с токсическим гепатитом, вызванным ацетатом свинца ( $Pb(NH_4)_2$  20 мг в течение 7 дней), группа с одновременным введением *per os* ацетата свинца и липоевой кислоты (25мг в сутки). Забор проб крови проводили в портальной и верхней полой вене, а лимфы из кишечного лимфатического сосуда. В плазме крови и лимфе определяли: общий белок, альбумин, глюкозу, щелочную фосфатазу, холестерин, триглицериды на биохимическом анализаторе Biosistem A-25. Полученные данные обрабатывали методами математической статистики, используя прикладную программу Microsoft Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

Биохимические данные при токсическом гепатите были следующими: содержание общего белка при токсическом гепатите увеличивалось в портальной крови на 14,9 %, а в плазме крови – на 10,1 %. Увеличение содержания альбуминов составляло в плазме крови портальной вены

составляло 19,0 %, а плазме верхней полой вены – 15,0 % (таблица 1, рисунок 1). Одним из важных показателей токсического гепатита или воспалительного процесса в печени являются холестерин и щелочная фосфатаза. Динамика изменения холестерина показала, что при отравлении ацетатом свинца наблюдается увеличение концентрации холестерина в плазме портальной крови на 38,4 % и уменьшение его в плазме крови верхней полой вены более чем в шесть раз. Введение липоевой кислоты вызывало снижение концентрации общего белка и альбуминов как в плазме крови портальной и верхней полой вен.

Добавление липоевой кислоты приводило к снижению содержания холестерина до фоновой величины в плазме крови портальной вены и некоторому увеличению его в плазме крови верхней полой вены.

Таблица 1 – Содержание биохимических показателей в плазме крови портальной вены при токсическом гепатите

Параметры	Контроль	Токсический гепатит	Липоевая кислота
Альбумины, г/л	32,5±0,6	38,7±1,5**	26,3±0,7***
Общий белок, г/л	48,2±0,9	55,4±1,6**	42,5±0,6***
Холестерин, мм/л	1,3±0,1	1,8±0,1**	1,3±0,1
Глюкоза, мм/л	14,4±0,1	8,4±0,1***	9,6±0,5***
Щелочная фосфатаза, U/L	59,8±3,3	32,7±2,2***	44,7±2,0**
Триглицериды, мг/дл	16,4±1,3	5,5±0,9***	31,8±2,0***

Примечание - Изменение статистически достоверно:  
\*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001

Концентрации глюкозы, щелочной фосфатазы и триглицеридов при токсическом гепатите уменьшались. Так, в крови из портальной вены содержание глюкозы снизилось на 41,6 %, щелочной фосфатазы – 45,3 %, а триглицеридов более чем в два раза.

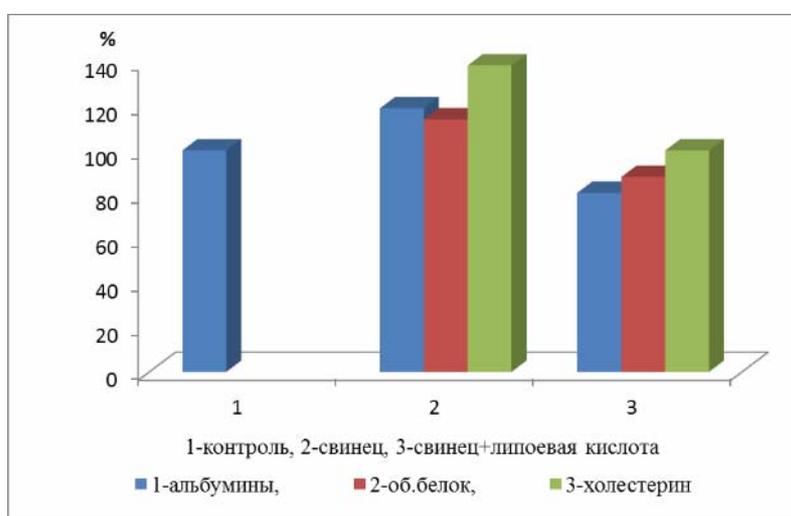


Рисунок 1 – Содержание альбуминов, общего белка, холестерина при токсическом гепатите и введении липоевой кислоты в плазме крови из портальной вены

В плазме крови верхней полой вены при токсическом гепатите содержание глюкозы снизилось на 28,9 %, а щелочной фосфатазы – на 30,5 %, в то время как величина триглицеридов увеличилась на 91,5 %. Введение липоевой кислоты с ацетатом свинца вызывало тенденцию к возвращению до фоновых величин содержания глюкозы, щелочной фосфатазы как в плазме портальной, так и в плазме крови из верхней полой вен за исключением величины триглицеридов, которая достоверно увеличивалась во всех исследуемых средах (таблица 2, рисунок 2).

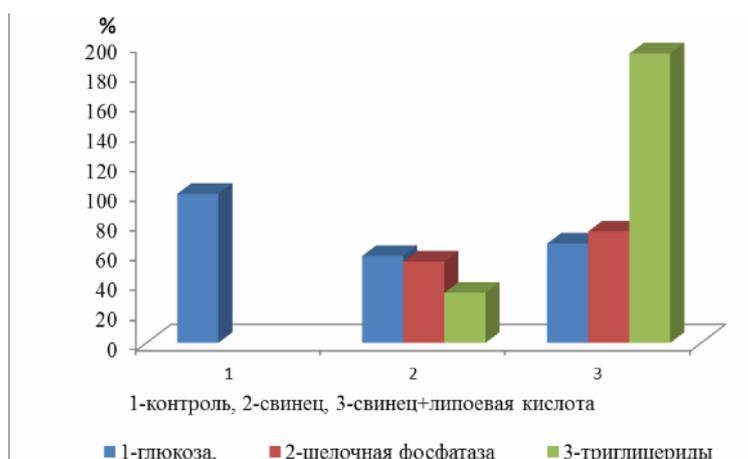


Рисунок 2 – Содержание глюкозы, щелочной фосфатазы и триглицеридов при токсическом гепатите и введении липоевой кислоты в плазме крови из портальной вены

Таблица 2 – Содержание биохимических параметров в плазме крови верхней полой вены при токсическом гепатите

Параметры	Контроль	Токсический гепатит	Липоевая кислота
Альбумины, г/л	35,8±0,7	41,2±1,3**	35,3±0,9
Общий белок, г/л	51,4±2,0	56,6±1,5	52,6±1,3
Холестерин, мМ/л	1,3±0,1	0,2±0,01***	1,6±0,1***
Глюкоза, мМ/л	16,6±0,4	11,8±0,7***	10,9±0,3***
Щелочная фосфатаза, U/L	62,6±2,7	43,5±1,4***	53,3±4,2
Триглицериды, мг/дл	34,5±2,0	66,1±3,9***	72,8±3,5***

Примечание - Изменение статистически достоверно:  
 \*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001

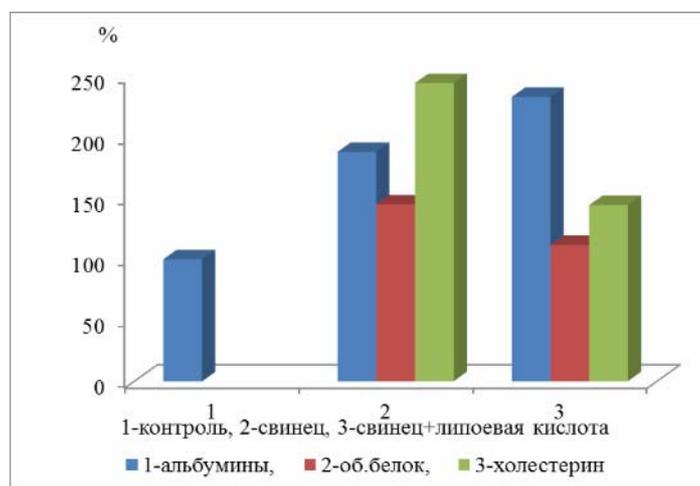


Рисунок 3 – Содержание альбуминов, общего белка, холестерина при токсическом гепатите и при введении липоевой кислоты в лимфе из кишечного лимфатического сосуда

Результаты опытов показали значительное увеличение содержания альбуминов, общего белка и холестерина при токсическом гепатите (рисунок 3). Введение липоевой кислоты привело к снижению концентрации в лимфе общего белка и холестерина в отличие от содержания альбуминов. Добавление липоевой кислоты не приводило к стабилизации концентрации щелочной фосфатазы и триглицеридов в лимфе кишечного лимфатического сосуда при токсическом гепатите, в отличие от содержания глюкозы (рисунок 4).

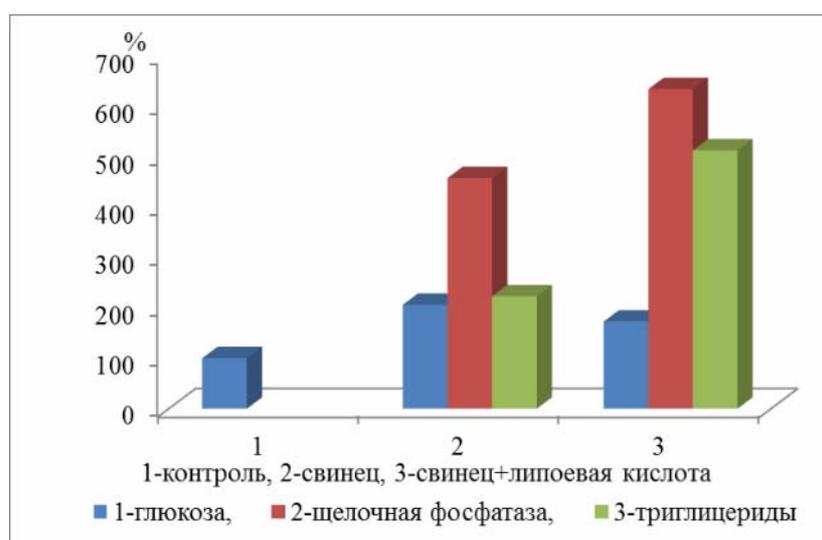


Рисунок 4 – Содержание глюкозы, щелочной фосфатазы и триглицеридов при токсическом гепатите и при введении липоевой кислоты в лимфу из кишечного лимфатического сосуда

Таким образом, результаты проведенных исследований говорят о том, что липоевая кислота, введенная в организм одновременно с ацетатом свинца значительно снижает интоксигирующее влияние свинца на клетки печени. Так, в плазме портальной крови общий белок при введении липоевой кислоты снижается с 55,4 г/л (токсический гепатит) до 42,5 г/л, т.е. до контрольного уровня. Концентрация альбуминов уменьшается с 38,7 до 26,3г/л, т.е. ниже фонового уровня на 2,4 г/л. Аналогичная картина по данным показателям наблюдается и в плазме крови верхней полой вены. Альбумины - основной белок крови, вырабатываемый в печени человека. Альбумины выделяют в отдельную группу белков в крови, которые дают более значимую информацию, нежели просто общий белок. Определение альбумина важно для диагностики заболеваний печени и почек, ревматических, онкологических заболеваний. Пониженное содержание альбуминов наблюдается при гибели печеночных клеток, циррозе, недостаточном питании, нарушениях всасывания, что свидетельствует о нарушении синтезирующей функции печени. Однако в условиях наших опытов снижение содержания альбуминов скорее говорит о восстановительных процессах в гепатоцитах под действием липоевой кислоты. Так, известно, что при стрессах содержание общего белка, а значит и альбуминов резко увеличивается. Содержание холестерина снижается до контрольных величин. Также уменьшается концентрация глюкозы и щелочной фосфатазы по сравнению с показателями при токсическом гепатите. Повышенное содержание щелочной фосфатазы свидетельствует о наличии патологии в печени. Примечательным фактом явилось увеличение количества триглицеридов в крови из верхней полой вены на 91 % и снижение холестерина на 85 %, что говорит о нарушении липидного обмена в печени. Тогда как в лимфе данные показатели увеличиваются соответственно на 231 % и 102 %. Наряду с этим наблюдается снижение уровня щелочной фосфатазы на 46% в плазме портальной крови и - на 21 % в плазме крови верхней полой вены. Введение липоевой кислоты восстанавливает отмеченные изменения до контрольного уровня по следующим показателям: альбумины в плазме крови из верхней полой вены, общий белок как в портальной, так и в крови из верхней полой вены, холестерин в плазме крови из портальной вены, по другим показателям (глюкоза, щелочная фосфатаза) отметили тенденцию к снижению, а триглицериды увеличились на 90 %. Иная картина наблюдалась в лимфе. Так, липоевая кислота увеличивает содержание общего белка на 43 %, альбумина - на 32 %, глюкозы – на 150 %, холестерина – на 20 %, а триглицеридов – на 300 % и более. Введение липоевой кислоты увеличивает уровень триглицеридов на 93% в плазме портальной крови и на 111% в плазме крови верхней полой вены. Триглицериды относятся к нейтральным жирам и увеличение их при введении липоевой кислоты не влияет на общее состояние организма, но вместе с тем может послужить энергетическим материалом в тесной связи с глюкозой. Так, избыток

углеводов способствует депонированию триглицеридов в жировой ткани, а недостаток – распаду триглицеридов с образованием жирных кислот, служащих источником энергии. Учитывая, что щелочная фосфатаза в крови представляет собой в основном фосфатазу печеночного происхождения, то уменьшение ее содержания при введении липоевой кислоты свидетельствует о реабилитации структурных компонентов печеночных клеток. На фоне этих изменений значительное увеличение исследуемых параметров в лимфе позволяет говорить об усилении резорбционной функции лимфатических капилляров, что, в свою очередь, свидетельствует о барьерной, компенсаторной роли лимфатической системы при токсическом гепатите. Снижение адсорбционно-транспортной способности мембран эритроцитов также свидетельствует о восстановлении синтетической и барьерной функции ткани печени.

Итак, липоевая кислота нормализует азотистый, липидный обмен в печени при интоксикации ацетатом свинца. Введение липоевой кислоты способствует усилению резорбционной способности лимфатических капилляров, избавляя ткани печени от избытка продуктов метаболизма, образованных при интоксикации клеток ткани. Липоевая кислота создает предпосылки к восстановлению клеточных структур. Повышенное содержание продуктов метаболизма в лимфе говорит о барьерной роли лимфатической системы органа, но при недостатке в плазме крови белков, глюкозы и других важных компонентов лимфа может компенсировать их содержание, возвращая вновь в кровь для обеспечения гомеостаза крови. Как показали гистологические исследования, введение липоевой кислоты при токсическом гепатите оказывает регенерирующее действие на структуру печени, лимфатических узлов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Эсауленко Е.В., Го А.А., Ветров Т.А. Использование препарата эспа-липон в комплексной терапии хронического гепатита С //Медлайн-Экспресс. – 2005. - № 3 (179).
- 2 Шушляпин О.И., Панченко Г.Ю., Шушляпин А.О. Хронические гепатиты: синергизм фармакологических эффектов эспа-липона в комбинации с другими метаболическими препаратами // По материалам научно-практической конференции. – Харьков, 2003.
- 3 Альфа-липоевая кислота в гепатологии //Трудный пациент. – 2008.- №11.

#### REFERENCES

- 1 Esauleenko E.V., Go A.A., Vetrov T.A. Espa lipon in the treatment of chronic hepatitis C // Medline Express. - 2005. - № 3 (179).
- 2 Shushlyapin O.I., Panchenko G.Yu., Shushlyapin A.O. Chronic hepatitis: pharmacological synergy effects Espa-lipon in combination with other metabolic agents // The Proceedings of the Conference. - Kharkov, 2003.
- 3 Alpha-lipoic acid in hepatology // difficult patients. - 2008. - № 11.

#### Резюме

*Т.Д. Ким, А.С. Мұхамедьярова, А.Б. Агаділова, Е.Е. Мақашев,  
С.Г. Макарушко, З.Ш. Смағұлова, К.Т. Тәшенов*

(Адам және жануарлар физиологиясы институты)

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬДЫ ГЕПАТИТ КЕЗІНДЕГІ ҚАННЫҢ БИОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ЛИПОЙ ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ӘСЕРІ

Липой қышқылының улы гепатит кезіндегі қан көрсеткіштерінің бұзылыстарындағы қалпына келтіруші рөлі анықталды.

**Кілт сөздер:** липой қышқылы, улы гепатит, қан көрсеткіші, қалпына келтіруші рөлі.

**Summary**

*T.D. Kim, A.S. Muhamedyarova, A.B. Agadilova,  
E.E. Makashov, S.G. Makarushko, Z.Sh. Smagulova, K.T. Tashenov*

(Institute for Human and Animal Physiology)

**EFFECT OF LIPOIC ACID ON BIOCHEMICAL INDICES  
OF BLOOD AND LYMPH IN EXPERIMENTAL HEPATITIS**

Studies have shown that the failure is caused by toxic hepatitis in terms of blood and lymph when administered along with the salt of lead lipoic acid restored to control values. Thus, lipoic acid plays a role in the body is rehabilitated in experimental hepatitis.

**Keywords:** lipoic acid, toxic hepatitis, blood counts, rehabilitates role.

*Поступила 01.02.2013 г.*

УДК 581.132:633.11

О.И. КЕРШАНСКАЯ

(Институт биологии и биотехнологии растений КН МОН РК, г. Алматы)

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЛУЧШЕНИЯ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ИННОВАЦИЙ В БИОЛОГИИ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

### Аннотация

Обобщен большой литературный материал, а также результаты собственных многолетних экспериментальных исследований процесса фотосинтеза на разных уровнях его организации: от фотосистем и хлоропластов - до листа и растения в целом, как основы продукционного процесса у пшеницы. Определены механизмы первичных фотосинтетических процессов в хлоропластах, структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата листа, фотосинтетическая деятельность растения пшеницы, генетические аспекты фотосинтеза у пшеницы, фотосинтетическое обоснование селекции пшеницы, пути улучшения пшеницы для повышения урожайности и устойчивости к стрессам. Результаты данных исследований можно квалифицировать как новое оригинальное достижение в развитии Теории продукционного процесса, фотосинтетического обоснования селекции пшеницы на высокую продуктивность и частной физиологии пшеницы для инноваций в биологии, в селекционной практике, эко-физиологии и генетической инженерии.

**Ключевые слова:** фотосинтетический процесс, генетический аспект, генетическая инженерия, экофизиология, селекция, инновация биологии.

**Кілт сөздер:** фотосинтез үрдісі, генетикалық аспект, генетикалық инженерия, экофизиология, селекция, биологияны инновациялау.

**Key words:** photosynthetic process, the genetic aspect, genetic engineering, ecophysiology, selection, innovation biology.

### Введение

Прошлый год ознаменован 50-летием со времени присуждения Нобелевской премии по химии Мелвину Кальвину за открытие восстановительного цикла углерода при фотосинтезе. К настоящему времени накоплено огромное количество знаний по фотосинтезу, и это событие послужило основанием для прорыва интереса к исследованиям в области фотосинтеза и формулирования стратегий активизации фотосинтеза для улучшения сельскохозяйственных культур у мировой научной общественности [1-7]. Одним из аспектов инноваций в биологии и сельском хозяйстве является активизация фотосинтеза для увеличения зерновой урожайности пшеницы.

### Сельское хозяйство и новые задачи в исследованиях фотосинтеза

Проблема повышения продуктивности основной продовольственной культуры в Казахстане и в мире пшеницы, является одной из приоритетных в исследованиях физиологии растений, биотехнологии и селекции, связанной с биологической безопасностью, и может быть решена современными методами геномики и пост-геномной эры за счет интенсификации фотосинтеза.

**В мире.** Мировое население выросло с 3 миллиардов в 1960 году почти до 7 миллиардов в 2010, что снова в значительной степени обусловило требование человечества в пище, кормах для животных, биоэнергии. В связи с прогнозированием увеличения популяции человечества к 2050 году до 9 миллиардов, урожай сельскохозяйственных культур должен быть увеличен как минимум на 28% [8]. Сельскохозяйственные культуры также должны быть адаптированы к изменениям климата, и их продуктивность может быть лимитирована запасами воды для полива и потерей пахотных земель. Уменьшение разницы между средними урожаями фермеров и потенциальным урожаем (которое происходит при лучшей агрономической практике, при лимитировании запасов воды, удобрений, пестицидов, и болезней), будет способствовать повышению урожая сельскохозяйственных культур на некоторое время. Однако возрастает понимание того факта, что

для устойчивого повышения потенциального урожая возникает необходимость значительного увеличения биомассы растений [2, 9].

Биомасса создается глобальным метаболическим процессом в зеленом растении – фотосинтезом. Поскольку механизмы регуляции растения направлены на максимальное потребление солнечного света и перераспределение максимального количества биомассы в зерно, дальнейшее повышение урожая сельскохозяйственных культур будет требовать повышения активности фотосинтеза [10].

**Цель:** Улучшение урожайности сельскохозяйственных культур в ответ на требование возрастающей мировой популяции человечества на пищу и топливо, является центральной задачей биологии растений и сельского хозяйства [9-11]. Эта задача должна быть достигнута в устойчивой манере (то есть с минимальными затратами сельского хозяйства и минимальным воздействием на окружающую среду) с учетом возрастающего уровня CO<sub>2</sub> и более экстремальных условий (наличия воды) водообеспеченности и температуры. В недавнем прошлом сельскохозяйственный урожай в целом не отставал от потребностей человечества в результате успехов, достигнутых селекционными программами и фермерской практикой, но урожай сельскохозяйственных культур в настоящее время достиг плато. Одним фундаментальным компонентом продуктивности растений, который еще не был использован в селекции для повышения урожая, является фотосинтез. Появляется острая необходимость использовать обширные знания этого фундаментального процесса для блага человечества [8-15].

**В Казахстане.** Казахстан традиционно является крупной зоной производства высококачественного зерна сильных и особо ценных пшениц. На юге и юго-востоке Казахстана основной зерновой культурой является озимая пшеница. Площадь под ней в последние годы составляет порядка 800-850 тыс. га, или 80% от всей площади, отведенной под зерновые культуры в этом крупном регионе. Валовый объем производства зерна озимой пшеницы в среднем за последние 7 лет составил около 800 тыс. тонн при средней урожайности зерна 25-27 ц/га. Территория Казахстана характеризуется разнообразием природно-климатических зон: от среднегорных и горных с черноземными почвами с годовым количеством осадков 500-700 мм в год до пустынно-степных зон, представленных малокарбонатными, обыкновенными и светлыми сероземами, с количеством осадков около 180-280 мм в год и крайней нестабильностью метеорологических условий по годам и сезонам года [16].

Селекция является наиболее экономически эффективным, дешевым и экологически чистым сельскохозяйственным мероприятием – действенным фактором увеличения сельскохозяйственной продукции. Роль селекции особенно важна в современных условиях, когда уровень аграрного производства в значительной мере лимитируется состоянием социально - экономических факторов, а также проблем загрязнения окружающей среды. В общем росте сельскохозяйственной продукции более 40% связано с использованием новых сортов растений и пород животных.

В США на развитие селекции и генетики выделено 11,6% государственного сектора по аграрным исследованиям. В Казахстане создано и возделывается около 200 сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. Однако, несмотря на эти достижения, современное сельское хозяйство в мировом масштабе не может обеспечить в достаточной степени промышленность сырьем, а все возрастающее население мира – продовольствием. Очевидно, в ближайшем будущем человечество не сможет жить комфортно и в достатке, если биологический потенциал урожая важнейших сельскохозяйственных культур не будет максимально реализован.

### **История прогресса в земледелии на примере пшеницы. Зеленая революция**

На протяжении столетий до последнего времени практическая селекция обеспечивала создание все более продуктивных сортов растений, основываясь на экстенсивном типе продукционного процесса. Это означает, что создавались сорта, позволяющие разместить все большее количество фотосинтетических единиц (хлоропластов, листьев) в единице объема и площади посева при максимально возможной продуктивности активного фотосинтеза, то есть были задействованы факторы изменения структуры, величины и продолжительности работы фотосинтетического аппарата. При этом сам фотосинтетический аппарат и его активность почти не затрагивались и сохранялись на близком к исходному уровню, или менялось число хлоропластов и других структурных единиц ("Парадокс Эванса") [17-19]. Несомненно то, что наблюдается явный

дисбаланс между генетически заданным размером плодовых органов (колос – sink) и возможностями их формирования (фотосинтез - source). При увеличении площади листа неизбежно наступает ситуация, когда при достижении критической величины индекса листовой поверхности наступит затенение и ограничение в приходе ФАР. Тогда единственно возможным путем остается селекция интенсивного типа продукционного процесса на повышение фотосинтетической активности.

На основании анализа повышения урожайности пшеницы как основного фактора прогресса в земледелии по данным Д.Н. Прянишникова и А.Т. Мокроносова [10] отмечены следующие ступени роста урожайности пшеницы:

1. Земледелие средневековой Европы, охватывающее период до 80-х годов 18 века характеризовалось трехпольной системой, позволяющей получать урожайность пшеницы до 7 ц/га.

2. Введение в севооборот бобовых трав с начала 19 века повысило урожайность пшеницы до 15-17 ц/га.

3. С открытием теории минерального питания Ю. Либихом и началом производства минеральных удобрений в начале 20 века урожайность пшеницы увеличилась до 30 ц/га.

4. Селекция новых сортов на основе оптимизации экстенсивных признаков фотосинтетической продуктивности морфофизиологического типа растений в 70-х годах 20 века обеспечила создание сортов и форм пшеницы с урожайностью 50 - 55 ц/га.

Индустриализация производства зерновых в мире около 50 лет назад была связана с резким повышением урожая зерна. Вследствие этого в значительной степени была решена проблема голода. Данный этап развития сельского хозяйства мирового значения был назван «Зеленой революцией» и Норман Борлауг получил за него Нобелевскую премию в 1970 году [20]. Интродукция генов полукарликовости в злаковые культуры увеличила возможности использования большего количества удобрений, что обеспечило значительное увеличение урожайности. Полукарликовость злаков также привела к увеличению доли биомассы, распределенной в зерно – повышение урожая зерна. Совместные усилия селекционеров и агрономов обеспечили улучшение урожайности злаковых культур, в особенности пшеницы.

Однако анализ динамики подъема продуктивности растений показывает, что в последние годы урожайность многих культур достигла определенного "потолка" и даже наблюдается тенденция ее снижения [21, 22]. Проводимая сортосмена не вызывает адекватного увеличения урожайности. Хотя во многих селекционных центрах ежегодно создается множество сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, среди них редко встречаются выдающиеся сорта, доминируют старые. При экстремальных погодных условиях резко снижается продуктивность.

5. Предстоящее увеличение урожайности зерновых культур можно ожидать на пути селекции, которая, исчерпав возможности экстенсивного процесса, обращается к созданию сортов с усиленной фотосинтетической активностью и интенсивным типом продукционного процесса. То есть настоящий момент развития селекции представляет собой переход к новому этапу синтетической селекции, опирающейся на достижения физиологии растений, генетики, биохимии и других смежных биологических наук, прежде всего, – фотосинтеза, как основного источника формирования биомассы в растении. Процессы, происходящие в современной селекции можно рассматривать как иллюстрацию к словам К.А. Тимирязева "земледелие стало тем, что оно есть, благодаря достижениям агрохимии и физиологии растений".

Рост продуктивности в процессе перехода от диких форм к культурным в научной селекции за последние 50-70 лет не был связан с повышением функциональной активности фотосинтетического аппарата у пшеницы. Селекция шла главным образом на увеличение  $K_{\text{хоз}}$ , размеров фотосинтетического аппарата и оптимизацию временного хода развития фотосинтетического потенциала растения. Тем не менее, к настоящему времени уже накоплено достаточно фактов, свидетельствующих о возможности существования в ряде случаев прямой связи между продуктивностью растений и показателями функциональной активности фотосинтетического аппарата. Хотя в определенных условиях в селекции еще используется создание морфофизиологических форм продукционного процесса сельскохозяйственных культур, но экстенсивный путь селекции для усиления продукционного процесса исчерпан, и повышение урожайности пшеницы свыше 60 до 100 ц/га возможно лишь за счет создания высокоактивного фотосинтетического аппарата. Прогрессивная и эффективная система сельского хозяйства должна

сочетать экономические, технологические и научные средства для повышения урожая зерна. Дальнейшим действенным подходом к интенсификации и ускорению современной селекции пшеницы на продуктивность является повышение функциональной активности фотосинтетического аппарата. [3, 15, 22-25].

### **Интенсивная селекция на активизацию фотосинтеза**

Достижения мировой селекции в создании высокопродуктивных сортов и гибридов пшеницы и других культур с высоким потенциалом урожайности общеизвестны. Однако, несмотря на эти достижения, современное сельское хозяйство в мировом масштабе не может обеспечить все возрастающее население продовольствием. Очевидно, в ближайшем будущем человечество не сможет жить комфортабельно и в достатке, если биологический потенциал урожая важнейших сельскохозяйственных культур не будет максимально реализован.

Сельскохозяйственное производство нуждается в новых сортах с наилучшей комбинацией хозяйственно - ценных свойств, устойчивых к болезням, вредителям и экстремальным факторам среды обитания. Для создания таких сортов селекции нужны новые идеи, подходы и методы смежных биологических наук: физиологии, генетики и биотехнологии растений. Современная селекция вступает в новый этап, который можно назвать синтетической селекцией, основанной на физиолого - генетическом управлении внутренними метаболическими процессами фотосинтеза, роста, развития и характеризуется переходом от экстенсивного пути формирования продуктивности к интенсивному.

Переход мирового земледелия от экстенсивного к интенсивному типу развития при существующем увеличении энергетических и ресурсных затрат – "зеленая революция", по времени совпал с комплексной теорией фотосинтетической продуктивности, которая обосновала научные подходы к преодолению негативных последствий интенсификации земледелия [10, 11, 18, 21, 26, 27]. Были выявлены предпосылки селекции по физиологическим признакам: показано, что среди дикорастущих растений различного экологического происхождения существует широкий размах изменчивости фотосинтетической функции, в том числе и формы с повышенной интенсивностью фотосинтеза. Среди 40 тысяч образцов мировой коллекции пшеницы ВИР им. В.А. Вавилова было обнаружено не меньшее разнообразие фотосинтетической активности.

Плодотворным подходом к управлению продукционным процессом растений и созданию сортов и форм с интенсивным типом продукционного процесса, пригодных к выращиванию в разных агроклиматических зонах Казахстана, является активизация фотосинтетического аппарата селекционным путем на физиолого - генетической основе. Селекция с учетом физиолого - биохимических процессов фотосинтеза является насущной необходимостью, поскольку только за счет интенсификации этого основного метаболического процесса возможно дальнейшее повышение биологической продуктивности, что является потенциалом увеличения хозяйственной урожайности пшеницы до 130 ц/га и выше. Повышение активности фотосинтетического аппарата может быть достигнуто путем использования фотосинтетических тестов, поиска и создания форм с генетической модификацией ассимиляции  $\text{CO}_2$ . Конкретное сочетание фотосинтетических признаков, их корреляционный анализ с элементами продуктивности позволят охарактеризовать типы продукционного процесса пшеницы в конкретных условиях произрастания и выделить оптимальный фотосинтетический тип пшеницы с максимальной урожайностью [25, 28].

### **Научное развитие исследований фотосинтеза как основы земледелия**

Всю историю земледелия, основным критерием которого является рост продуктивности основной сельскохозяйственной культуры человечества – пшеницы, охватывает, по существу, история взаимоотношения фотосинтеза, как источника органического вещества, и селекции.

Научное развитие вопроса исследования фотосинтеза как основы земледелия можно отсчитывать от трудов К.А. Тимирязева, который убеждал, что "наука призвана сделать труд земледельца... более производительным".

Можно выделить три этапа в исследованиях фотосинтеза как основы селекции.

1. В 1941г. Л.А. Иванов в работе "Фотосинтез и урожай" выразил зависимость между урожаем, фотосинтезом и дыханием классическим уравнением:

$$M + m = f P T - a P T,$$

где  $f$  – фотосинтез,  $a$  – дыхание,  $P$  – величина и  $T$  – время работы фотосинтетического аппарата.

То есть продуктивность есть функция величины, продолжительности и активности работы фотосинтетического аппарата.

2. В 1954г. на ежегодном Тимирязевском чтении А.А. Ничипорович доложил комплексную теорию фотосинтетической продуктивности (КТФП). Суть КТФП – обоснование зависимости урожая от метаболических и агрономических мероприятий, взаимосвязанных с процессом фотосинтеза – основным метаболическим процессом, определяющим урожай, – и способствуют повышению фотосинтетической продуктивности. КТФП обосновывала управление главными факторами продуктивности – индексом поверхности листьев в ценозе, ассимиляционным потенциалом ценоза, чистой продуктивностью фотосинтеза, коэффициентом хозяйственной эффективности ( $K_{хоз}$ ), архитектурой ценоза как оптической системы [11].

3. К началу 80-х годов накопилось большое количество экспериментальных данных и определилась потребность органично связать комплексную теорию фотосинтетической продуктивности с нефотосинтетическими процессами и факторами формирования урожая: ростом и развитием, анализом донорно - акцепторных регуляторных систем целого растения, процессами дыхания, новыми аспектами связи с водным режимом и минеральным питанием. Была создана Теория Продукционного Процесса (ТПП), обобщенная академиком А.Т. Мокроносовым, директором ИФР АН СССР – ведущим исследователем физиологии растений в СССР 80х годов [10, 11, 18, 21, 26].

Основные положения теории продукционного процесса можно определить следующим образом: 95% растительной биомассы составляют элементы С, Н, О, усваиваемые растением в процессе фотосинтеза с запасанием в органических продуктах фотосинтеза как их самих, так и преобразованной энергии солнечной радиации. Фотосинтез, как генеральный процесс метаболизма в растении, дает энергосубстратное обеспечение формирования урожая, сопряженное с процессами усвоения азота и элементов минерального питания, и находится под контролем в сложной иерархии генетических программ развития, определяющих всю последовательность процессов онтогенеза. В.Н. Любименко, В.А. Кумаков, А.Т. Мокроносов и другие [10, 18, 21] показали, что фотосинтетическая функция сама контролируется процессами онтогенеза и формирование урожая детерминировано, прежде всего, эпигенетической нагрузкой со стороны потребляющих ассимиляты органов (sink) – колоса. То есть из множества фактов и наблюдений начинает определяться роль донорно - акцепторных отношений между фотосинтезирующими (source) и потребляющими (sink) органами в эндогенной регуляции целого растения, и поддержание двусторонних функциональных связей хлоропласта, клетки, листа с целостной системой целого растения.

Развитие представлений о генетической регуляции формирования и активности фотосинтетического аппарата Н.В. Турбиным, Л.В. Хотылевой, Л.А. Тарутиной, А.П. Палиловой, Ю.С. Насыровым, С.М. Газиянц, нашими исследованиями и др. [25] на базе данных фотосинтетического преобразования и запасаания энергии и органического вещества, регуляторных механизмов фотосинтеза позволили перейти к разработке путей повышения эффективности фотосинтеза и продуктивности растений.

Данные, свидетельствующие о возможности селекционного улучшения фотосинтетических признаков сельскохозяйственных растений О.Д. Быкова, М.И. Зеленского, В.А. Кумакова и др., позволили наметить основные направления исследований фотосинтетической деятельности растений в аспекте селекции (школы В.А. Кумакова, В.Б. Бабенко, В.П. Беденко, зарубежные исследователи) [17, 21, 27].

В чем заключается проблема генетически обусловленного повышения активности фотосинтетического аппарата?

1. Фотосинтетический аппарат – полигенная консервативная система;

2. Селекция шла на создание крупного колоса и листа, но не затрагивала активизацию самого фотосинтетического аппарата:

$$E_1 \rightarrow P_0$$

где  $E_1$  – повышенная Эпигенетическая нагрузка на фотосинтез со стороны увеличенного колоса – продукта Зеленой Революции,  $P_0$  – неизменный в процессе селекции низкоактивный фотосинтетический аппарат.

Единственно возможным путем дальнейшего повышения продуктивности является селекция интенсивного типа продукционного процесса, направленная на интенсификацию фотосинтетической функции растений.

### **Улучшение пшеницы путем активизации фотосинтеза**

Фундаментальной основой жизни растений является фотосинтез, вокруг которого группируются все прочие процессы метаболизма, так, или иначе связанные с блоком фотосинтетических реакций. Фотосинтез – сложный физиологический процесс, лежащий в основе продуктивности растений.

Фотосинтез – основной источник энергии и органического вещества в зеленом растении. Его глобальная космическая роль заключается в обмене углерода и производстве кислорода для жизни на Земле. Несомненно, что именно фотосинтез является основным метаболическим процессом, определяющим не только размеры, но и саму возможность формирования продуктивности. Для Казахской (Российской) классической школы физиологии растений фотосинтез – давнее традиционное направление, связанное с трудами классиков исследований науки о растениях - К.А. Тимирязева, М.С. Цвета, А.А. Рихтера, Т.Н. Годнева, В.Н. Любименко, С.П. Костычева, Л.А. Иванова, А.А. Красновского, Д.И. Сапожикова, В.Н. Шлыка, А.А. Ничипоровича, А.Т. Мокроносова, В.А. Кумакова [10, 11, 18, 26]. Последователями классического отечественного направления в исследовании физиологии растений и процесса фотосинтеза как основы продуктивности важнейших сельскохозяйственных культур в Казахстане можно с полным основанием назвать член - корреспондента АН РК профессора Ф.А. Полимбетову, профессора В.П. Беденко, профессора Л.К. Мамонова [27], чьи труды в области физиологических основ устойчивости пшеницы в Казахстане к действию экстремальных факторов среды обитания, наши труды фотосинтетических основ продуктивности пшеницы в регионе юго - востока Казахстана [25, 28], исследования морфофизиологических, онтогенетических и структурных (роль органов) параметров продуктивности пшеницы известны далеко за пределами Республики.

Связь фотосинтеза с биологической и зерновой продуктивностью сложна, многофакторна, неоднозначна, тем не менее, активизация фотосинтетической функции и совершенствование структуры фотосинтетического аппарата на разных уровнях организации (хлоропластов, листа, растения) являются необходимым условием повышения продуктивности растения. Существует огромное количество данных по анализу отдельных реакций и систем фотосинтеза в связи с продуктивностью [1, 2, 8, 13-15, 22, 29-36].

Так как фотосинтез представляет собой многокомпонентный многоуровневый процесс, то познание ни одного из его компонентов и уровней не является исчерпывающим в определении продукционного процесса. Для дальнейшего углубления знаний фотосинтетических основ активизации продукционного процесса необходимы: комплексные исследования функциональной активности различных уровней организации фотосинтетического аппарата – от фотосистем до целого растения; определения взаимосвязи между первичными фотосинтетическими реакциями в хлоропластах, активной фиксацией  $\text{CO}_2$  листом и высокой продуктивностью растения; вычленение блока основных фотосинтетических признаков, оптимизация которых обеспечивает высокую продуктивность при интенсивном типе продукционного процесса в конкретных условиях среды; определения интеграции фотосинтетических процессов в высокой биологической и зерновой продуктивности пшеницы [18, 29, 30, 37]. Одним из плодотворных путей решения данной проблемы является выявление и исследование оптимального фотосинтетического аппарата растений, у которых высокая интенсивность фотосинтеза и продуктивность запрограммированы генетически [25]. На основе интегрального подхода к изучению функциональных особенностей фотосинтетического аппарата нами определены совокупность важнейших фотосинтетических параметров, оптимизация которых обеспечивает высокую продуктивность при интенсивном типе продукционного процесса у пшеницы, разработаны концепция, создана концептуальная модель оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы с высокой продуктивностью и разработаны подходы и методы селекции на оптимизацию фотосинтетического аппарата.

Обобщен большой экспериментальный материал многолетних исследований процесса фотосинтеза на разных уровнях его организации: от фотосистем и хлоропластов - до листа и растения в целом, как основы продукционного процесса у пшеницы. Изучены механизмы

первичных фотосинтетических процессов в хлоропластах, структурно-функциональной организации фотосинтетического аппарата листа, фотосинтетической деятельности растения пшеницы, генетические аспекты фотосинтеза у пшеницы, фотосинтетическое обоснование селекции пшеницы. В исследованиях использованы современные физиолого-биохимические и генетические методы для получения достоверных данных о функциональной активности фотосинтетического аппарата целого ряда генотипов пшеницы с различной биологической и зерновой продуктивностью [25].

На основании интегральных комплексных исследований физиолого-генетических показателей процесса фотосинтеза на разных уровнях организации фотосинтетического аппарата у видов, сортов, изоприснаковых линий, соматональных вариантов, гетерозисных и диаллельных гибридов доказана возможность создания форм пшеницы с высокой активностью всех звеньев первичных окислительно-восстановительных энергетических процессов фотосинтеза, включающих активность реакционных центров фотосистемы II, реакцию Хилла, сопряженный и разобщенный с фотофосфорилированием транспорт электронов в электрон - транспортных цепях, выделение кислорода воды в хлоропластах.

Обнаружено, что высокопродуктивные формы пшеницы характеризуются значительной (до 100%) активностью нециклического пути синтеза АТФ (аденозинтри-фосфат, англ. АТФ – нуклеотид, универсальный источник и переносчик энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах) и некоторым (до 20%) повышением активности циклического фотофосфорилирования в хлоропластах, имеют более тесную сопряженность (до 0.79) первичных фотовосстановительных и фотофосфорилирующих процессов в мембранах хлоропластов. Особенно велики различия в активности синтеза АТФ у них в конце фазы трубкования (начале перехода к репродукции) и в фазе формирования зерна.

Установлено, что существуют высокопродуктивные формы пшеницы с меньшим количеством хлоропластов, обладающие высокой эффективностью реакционных центров фотосистемы II и электрон-транспортных цепей в хлоропласте. Это доказывает возможность существования уникального по функциональной активности хлоропласта [21], который является одним из необходимых условий активизации высокоактивного фотосинтетического аппарата на более высокоорганизованных уровнях: лист, растение.

Выявлено повышенное (до 45%) содержание хлорофилла у высокопродуктивных форм. Важное значение имеет качественный состав пигментов и прочность связи их с белком: увеличение содержания прочносвязанного хлорофилла a (до 45%), тенденция к повышению его доли в общем содержании хлорофиллов и отношения a/v, в определенной мере может быть связано с эффективностью деятельности реакционных центров фотосистем, а меньшее содержание хлорофилла v – со снижением количества или уменьшением размеров светособирающих комплексов фотосистемы II.

Гетерозисные гибриды пшеницы осуществляют более активное фотосинтетическое поглощение углекислоты листом (до 25-30%) – наблюдаемый и потенциальный фотосинтез, характеризуются увеличением основных параметров световых кривых фотосинтеза: угла наклона и уровня плато в репродуктивный период развития, которое коррелирует с возрастанием активности первичных фотохимических процессов в хлоропластах и карбоксилазной активности РБФКО ((RuBisCO, Rubisco – рибулозобисфосфат карбоксилаза /оксигеназа – ключевой фермент катализирующий присоединение углекислого газа к рибулозо-1,5-бисфосфату на первой стадии цикла Кальвина, а также реакцию окисления рибулозобисфосфата на первой стадии процесса фотодыхания, является основным и наиболее распространённым ферментом растений) в листе. Именно гибриды с повышенной фотосинтетической активностью формируют высокий биологический и хозяйственный урожай.

Гетерозисные гибриды пшеницы характеризуются высокими темпами нарастания и низкими темпами отмирания листьев, что обеспечивает им преимущества по величине (до 33%) и продолжительности деятельности ассимиляционной поверхности – фотосинтетическому потенциалу листьев в репродуктивный период (до 79%) и его оптимальной структурой в этот период вегетации.

Впервые показано, что высокопродуктивные гетерозисные гибриды пшеницы обладают высокой интенсивностью фотосинтетического CO<sub>2</sub>-газообмена листьев (до 30%) и интенсивным

оттоком углерода из листьев в колос (от 35 до 200%), что обуславливает резкое возрастание чистой продуктивности фотосинтеза (160 - 210%), суточных приростов (до 300%), накопления биомассы (до 40%), и, в конечном итоге, – формирование высокого биологического урожая.

У гетерозисных гибридов пшеницы впервые установлено, что высокая функциональная активность фотосинтетического аппарата на разных уровнях его организации гармонично обеспечивает запрос крупного колоса на ассимиляты. В отличие от экстенсивных сортов у оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы устанавливается динамическое равновесие между фотосинтезом «source» и потребляющими ассимиляты органами «sink» на новом более высоком количественном уровне. Донорно-акцепторные отношения в оптимальном фотосинтетическом типе растения пшеницы можно представить в виде схемы:

$$\begin{aligned} E_1 &\rightarrow P_1 \\ E &\leftarrow P, \end{aligned}$$

тогда как у других форм

$$E \rightarrow P,$$

где  $E$  – эпигенетическая нагрузка на фотосинтез (расходы на рост, развитие, отложение ассимилятов в запас),  $P$  – фотосинтетический аппарат. В результате устанавливается динамическое равновесие между потребностью в ассимилятах большого колоса и возможностью ассимиляционного аппарата в их реализации на более высоком количественном уровне, исключая напряжение донорно-акцепторных отношений в высокопродуктивном растении.

Экспериментальные манипуляции с потенциалом и активностью ресурса (source - фотосинтеза) и мощностью потребления ассимилятов колосом (sink) позволили доказать гипотезу, что фотосинтез и утилизация углеводов строго координированы [39-41]. В общем, когда активность потребления (sink) снижается из-за удаления акцептора (колоса) или создания дефицита питания, углеводы накапливаются в листьях и фотосинтез ингибируется [40].

Впервые проведен генетический анализ характера наследования фотосинтетических признаков у гетерозисных гибридов пшеницы. На основании диаллельного и корреляционного анализов гибридной пшеницы показано, что высокий уровень фотохимической активности хлоропластов доминирует. Высокая концентрация хлоропластов в клетке обусловлена рецессивными генами. Генетическое варьирование интенсивности фотосинтеза управляется полигенной системой ядра с неаддитивными эффектами, и контролируется, как правило, рецессивными генами. Площадь листовой поверхности характеризуется полигенными эффектами по типу сверхдоминирования. Для высокопродуктивных гетерозисных гибридов характерны рецессивные гены площади листьев.

Комплексный интегральный подход к исследованию процесса фотосинтеза как основы продуктивности у видов, сортов, изопримарных линий, соматоклональных вариантов и гетерозисных гибридов пшеницы, использованный в наших исследованиях, позволил сформулировать концепцию оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы с высокой продуктивностью, создать концептуальную модель и составить схему оптимального фотосинтетического обеспечения продукционного процесса у пшеницы.

#### **Основные положения концепции оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы с максимальной продуктивностью заключаются в следующем:**

- Доказана возможность создания селекционных форм мягкой пшеницы, характеризующихся единой цепью сопряженных высокоактивных фотосинтетических процессов от хлоропласта до формирования конечных элементов урожая. Уровень энергетического и восстановительного потенциалов, создаваемых в активных первичных реакциях фотосинтеза, определяет как повышенную активность процессов ассимиляции  $CO_2$  и служит регулятором оптимизации функциональных и структурных преобразований в продукционном процессе в листе и растении, так и удовлетворяет запросам крупного колоса на ассимиляты у таких форм пшеницы.

С концептуальных позиций оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы уровень энергетического и восстановительного потенциалов, создаваемых в первичных реакциях фотосинтеза, определяет как активность процессов ассимиляции  $CO_2$  и характер возникающих при этом продуктов, так и служит регулятором многих сопряженных с фотосинтезом сторон метаболизма растений. Данные о более высоких потенциальных возможностях электрон-

транспортной цепи хлоропластов, наличии мощных систем генерации восстановительного и энергетического потенциалов на световой стадии фотосинтеза; повышение активности реакционных центров фотосистемы II; высокой активности фотосинтетических ферментов, прежде всего, – ключевого фермента карбоксилирования РБФКО; тесная сопряженность, взаимосвязь и регуляция функциональной активности фотосинтетического аппарата на уровне фотосистем, хлоропластов и листа; генетически обоснованные высокие потенциальные возможности фотосинтетического аппарата, показанные нами у гетерозисных гибридов пшеницы, обуславливают повышение функциональной активности фотосинтетического аппарата листа – интенсификации фотосинтетического поглощения углекислоты у гибридов на генетическом уровне.

Связь интенсивности фотосинтеза с хозяйственным урожаем весьма сложна и многофакторна. Первичные фотосинтетические процессы, метаболическая активность хлоропластов тесным образом связаны с общим ходом развития растения и его органов.

- Установлен репродуктивный тип продукционного процесса, и роль органов верхней части побега в формировании высокой зерновой продуктивности у пшеницы. Показана определяющая роль органов верхней части побега в осуществлении фотосинтетической деятельности как основы высокой продуктивности у оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы.

У продуктивных форм пшеницы в конце фазы трубкования, при подготовке растения к ответственному за репродукцию и формирование продуктивности - репродуктивному периоду вегетации, в молодых, но полностью сформированных листьях верхних ярусов и органов верхней зоны побега, происходит значительная активация первичных энергетических процессов в хлоропластах, повышается прочность сопряжения восстановительных процессов с фотофосфорилированием и эффективность синтеза АТФ.

Установлено значительное повышение показателей фотосинтетической деятельности у оптимального фотосинтетического типа в репродуктивный период развития: по листовой поверхности и фотосинтетическому потенциалу, чистой продуктивности фотосинтеза, накоплению и суточным приростам сухой биомассы. Характерны также большая величина биомассы колоса, стебля, флаговых листьев и побега в целом в фазе формирования зерна, что определяет преимущества растения по величине биологического урожая и его реализации в увеличении массы зерна – хозяйственный урожай.

- Определено оптимальное сочетание экстенсивных и интенсивных признаков фотосинтетической деятельности. Установлен возможный диапазон варьирования различных признаков структуры и функции оптимального фотосинтетического аппарата и вероятные типы сочетания этих признаков для формирования высокой продуктивности (рисунок 1).

- Подтвержден относительно независимый характер проявления и наследуемости (дискретность) фотосинтетических признаков, определяющий различные варианты их взаимосвязи и взаимообусловленности (см. рисунок 1). При этом активность фотосинтетических процессов на "низком" уровне организации: фотосистема, хлоропласт, - может оказаться не реализованной на более высоких уровнях организации фотосинтетического аппарата: лист, растение.

Приведена схема возможного сочетания интенсивных (функциональных) и экстенсивных (структурных) показателей структурно-функциональной организации оптимального фотосинтетического аппарата, обеспечивающего формирование максимально возможного биологического урожая. А также представлены необходимые параметры признаков прогнозирования, «запроса» и реализации высокого биологического урожая в максимальный урожай зерна у оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы.

- Установлено, что высокая фотосинтетическая продуктивность определяется, с одной стороны, высокой автономностью фотосинтетических структур низших порядков (хлоропласт, лист) и, с другой стороны, сложной системой интеграции фотосинтетических признаков в системе целого растения.

**Концептуальная модель оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы** характеризуется следующими признаками: на уровне фотосистем – увеличением активности «гипотетического» реакционного центра фотосистемы II; на уровне хлоропласта – активацией первичных процессов преобразования световой энергии, высокой степенью сопряженности

восстановительных процессов с синтезом АТФ, возрастанием скорости циклического и, в значительной мере – нециклического фотофосфорилирования, повышением функциональной активности единичного хлоропласта; на уровне листа – активацией первичных систем ассимиляции углекислоты – РБФКО, – и интенсивности поглощения углекислоты листом на фоне усиленного оттока органического углерода из флага в колос в фазе формирования зерна, обуславливающего резкое возрастание чистой продуктивности фотосинтеза побега, повышенным содержанием суммарного хлорофилла и отношения а/в; в системе целого растения – определенной компактной, но не чрезмерной площадью и оптимальным фотосинтетическим потенциалом листьев с перераспределением его структуры в репродуктивный период на органы верхней части побега, увеличением общей биомассы, соответствием генетически повышенной активности фотосинтетического аппарата – «source» увеличенной нагрузке со стороны формирующегося большого колоса – «sink», и распределением ассимилятов в пользу колоса.

Схема сочетания показателей функции, структуры фотосинтетического аппарата и реализации биологического урожая в урожай зерна у оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы (ОФТРП)

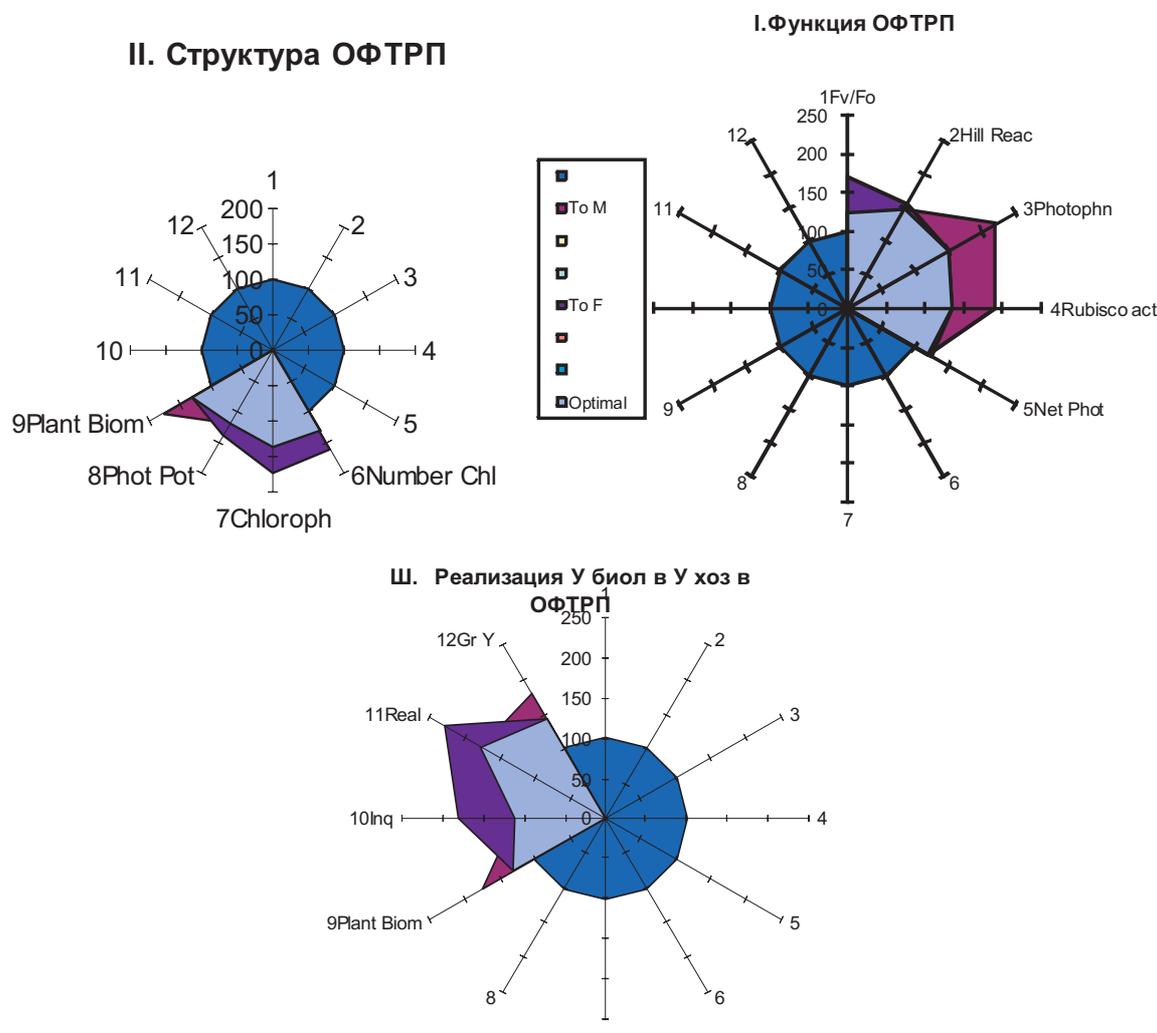


Рисунок 1 – Параметры оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы в % к сорту-стандарту. Обозначение радиусов: I:  $F_v/F_m$  – отношение переменной к максимальной флуоресценции хлорофилла; HillR – реакция Хилла; Phn – фотофосфорилирование; RuBCO – карбоксилазная активность РБФКО; Phot – фотосинтетическое поглощение углекислоты; II: NChs – число хлоропластов в суспензии, Chl – содержание хлорофиллов  $a+b$  в флаговом листе, PPot – фотосинтетический потенциал листьев, PB – биомасса растения; III – PB – биомасса растения, Inq – “запрос” колоса на ассимилянты, Real – реализация “запроса” колоса в онтогенезе, GY – урожай зерна растения. To M –, to F –, Optimal – возможные диапазоны варьирования фотосинтетических признаков.

Концептуальная модель используется при составлении селекционных программ по созданию высокопродуктивных форм озимой пшеницы с высокоактивным фотосинтетическим аппаратом для условий юга и юго-востока Казахстана.

**Разработаны и применены в селекционную практику фотосинтетические и морфо-физиологические тесты продуктивности пшеницы, составляющие 11 фотосинтетических тест-систем.** Проведено дифференцирование селекционного материала по фотосинтетическим тестовым признакам и выявлены формы, обладающие признаками высокой активности и оптимальной структуры фотосинтетического аппарата для селекционного процесса на повышение продуктивности у пшеницы и создана коллекция из 200 форм пшеницы с высокой фотосинтетической активностью. Выявлены и охарактеризованы четыре типа продукционного процесса у пшеницы в регионе юго - востока Казахстана. Получены константные линии и формы пшеницы – носители признаков высокой фотосинтетической активности. Созданы и переданы на Государственное сортоиспытание сорта сильной озимой пшеницы с учетом комплекса признаков высокой фотосинтетической активности [25].

### **Перспективы улучшения фотосинтеза в геномную и пост-геномную эры**

Проанализированные в обзоре исследования охватывают подходы и успехи в изучении различных аспектов фотосинтеза, а также перспективы его улучшения. Основные направления изучения фотосинтеза касаются исследований поглощения света, транспорта электронов, фотофосфорилирования, фиксации диоксида углерода, метаболических путей интеграции между органеллами и транспорта от субклеточного уровня к уровню целого растения. Одним из аспектов проблемы повышения фотосинтеза является также регулирование таких свойств как анатомия листа, для подтверждения того, что биохимия работает эффективно. Также важно учитывать фотосинтетическую деятельность на уровне посева [8, 10, 11, 12, 14, 21, 22, 27, 30, 31, 42].

Переход в постгеномную эру открывает перспективу развития таких направлений, как феномикс – исследования физиологических реакций растений на улучшенной генетической основе, метаболомикс – исследования изменения метаболических реакций в результате изменения генома, протеомикс – исследующий белок-белок взаимодействия, транскриптомикс и функциональная геномика – исследующие функции гена. В этой связи роль биотехнологии и физиологии в создании растений с повышенной активностью фотосинтеза и улучшением урожая зерна значительно возрастает [43].

Понимание факта, что рост урожайности сельскохозяйственных культур достиг плато, в то время как население Земли продолжает возрастать, отводит манипуляциям фотосинтезом центральное место в увеличении урожая. Повышение ассимиляции углерода путем  $C_3$  цикла составляет основной фокус исследований. Использование новых технологий в дополнение к новым подходам моделирования, повышающих урожай через активизацию фотосинтетической фиксации углерода, должно рассматриваться как достижимая цель в ближайшей перспективе [44].

Манипуляции с  $C_3$  циклом углерода при фотосинтезе дает возможность увеличить активность фотосинтеза и повысить урожай. Четко показаны возможности значительного (на 30%) повышения урожайности у модельных видов растений, таких как арабидопсис и рис. Полученные знания полностью внедрены в другие сельскохозяйственные культуры. Четко доказано, что снижение оксигеназной активности РБФКО является важной задачей дальнейшего улучшения фотосинтеза [45, 46]. Разработка соответствующих технологий манипуляций фотосинтезом требует фундаментальных исследований по идентификации генов, кодирующих процессы фотосинтеза. Улучшение  $C_3$  цикла углерода сводится не только к повышению активности фиксации  $CO_2$ , но также связано с повышением эффективности поглощения азота, воды при формировании высокой продуктивности. Тем не менее, модификация  $C_3$  цикла с целью активизации фотосинтеза является наиважнейшей задачей. Возможности современных генетических и молекулярных технологий в совокупности с развитием и применением *in vivo* методов позволяют проводить исследования широкого набора видов растений в естественных условиях произрастания, и будут способствовать расширению анализа биоразнообразия ассимиляции углерода при фотосинтезе. Данный подход имеет огромный неиспользованный потенциал для будущих исследований по улучшению урожая через манипуляции  $C_3$  циклом [47, 48].

Для развития инноваций в сельском хозяйстве повышение интенсивности фотосинтеза возможно методами и технологиями геномики – генетической инженерии. Перспективным путем активизации фотосинтеза и повышения урожая зерна являются генетические модификации фотосинтеза. При выполнении 4 х проектов Программы НТП и Фундаментальных исследований, а также при совместных исследованиях с Университетом штата Вашингтон, США; ИФР РАН, ИОГен РАН, Россия в течение 8 лет с 2004 по 2011гг., мы получили успешный результат по генетическим модификациям фотосинтеза у пшеницы и сои с целью интродукции генов, контролируемых ключевые фотосинтетические ферменты  $C_4$  метаболизма из кукурузы: *PEPC* (фосфоенолпируват карбоксилаза) и *PPDK* (ортофосфат пируват дикиназа). Генетические модификации фотосинтетического аппарата привели к активизации фотосинтеза и повышению урожайности пшеницы на 30-50%. Исследования, направленные на генетическую модификацию фотосинтеза за счет  $C_3$ - $C_4$  трансформации, повышения активности основного фотосинтетического фермента РБФКО, изменения фотодыхания, активизации ферментов цикла Кальвина и др. в настоящее время широко распространены в мире [48, 49].

Проанализированные статьи определяют много возможностей и задач активизации фотосинтеза [4, 45, 46]. Важнейшим объектом улучшения является РБФКО - фермент, используемый всеми растениями для фиксации диоксида углерода. Этот фермент катализирует как карбоксилазную, так и оксигеназную реакции с 5-углеродным сахаром рибулозо бифосфат. Оксигеназная реакция приводит к потреблению половины диоксида углерода и потребляет АТФ и НАДФН, которые могли бы быть использованы продуктивно для фиксации большего количества углерода. Фотосинтез может быть увеличен путем повышения концентрации углекислого газа, окружающего РБФКО, или путем механизма концентрирования  $CO_2$ , используемого  $C_4$ -растениями, цианобактериями и водорослями, или путем обогащения атмосферы, которое происходит в результате использования человеком ископаемого топлива.

Существует множество доказательств, свидетельствующих, что интенсивность фотосинтеза может быть увеличена в короткое время в ответ на повышение концентрации атмосферной  $CO_2$ . Рост растений зависит от того, как перерабатывается вновь фиксированный углерод. Чтобы перевести активизированный фотосинтез в увеличение роста растений и повышение урожайности, требуется огромное количество исследований, но цель достижима при достаточных инвестициях в поддержку усилий ученых Международным научным сообществом и государством. Недавний рост урожайности значительно различается между сельскохозяйственными культурами, в большой степени это отражает, сколько денег было вложено в каждую из культур. Мы также надеемся, что данная статья привлечет внимание ко многим возможностям улучшения основного метаболического процесса в растении - фотосинтеза, определяющего повышение урожая селекционным, биологическим, биотехнологическим путями, которые должны быть изучены и применены.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Evans J.R., von Caemmerer S. Enhancing photosynthesis // *Plant Physiology*. 2011. Vol.155. N1. P. 589-592.
- 2 Makino A. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat // *Plant Physiology*. 2011. Vol.155. N1. P. 125-129.
- 3 Ainsworth E.A., Bush D.R. Carbohydrate Export from the Leaf: A Highly Regulated Process and Target to Enhance Photosynthesis and Productivity // *Plant Physiology*. 2011. Vol. 155. N1. P. 64-69.
- 4 Raines C.A. Increasing Photosynthetic Carbon Assimilation in  $C_3$  Plants to Improve Crop Yield: Current and Future Strategies // *Plant Physiology*. 2011. Vol.155. N1. P. 36-42.
- 5 Foyer C.H., Noctor G. Ascorbate and Glutathione: The Heart of the Redox Hub // *Plant Physiology* // 2011. Vol.155. N1. P. 2-18.
- 6 Price G.D., Badger M.R., von Caemmerer S. Focus issue on enhancing photosynthesis: The prospect of using cyanobacterial bicarbonate transporters to improve leaf photosynthesis in  $C_3$  crop plants // *Plant Physiology*. 2011. Vol.155. N1. P. 20-26.
- 7 Maurino V.G., Peterhansel C. Photorespiration: current status and approaches for metabolic engineering. *Curr. Opin. // Plant Biol*. 2010. Vol.13. P. 249-256.
- 8 Jiang G.M., Sun J.Z., Liu H.Q., Qu C.M., Wang K.J., Guo R.J., Bai K.Z., Gao L.M., Kuang T.Y. Changes in the rate of photosynthesis accompanying the yield increase in wheat cultivars released in the past 50 years // *J. Plant Res*. 2003. Vol.116. N5. P. 347-354.

- 9 von Caemmerer S., Evans J.R. Enhancing C<sub>3</sub> Photosynthesis // *Plant Physiology*. 2010. Vol.154. N.2. P. 589-592.
- 10 Мокроносов А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. 42-е Тимирязевское чтение. М.: Наука, 1983. 64 с.
- 11 Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии // Фотосинтез и продукционный процесс. М.: Наука, 1988. С. 5-28.
- 12 Zhu X.G., de Sturler E., Long S.P. Optimizing the distribution of resources between enzymes of carbon metabolism can dramatically increase photosynthetic rate: a numerical simulation using an evolutionary algorithm // *Plant Physiol*. 2007. Vol.145. P. 513–526.
- 13 Edgerton M.D. Increasing crop productivity to meet global needs for feed, food, and fuel // *Plant Physiology*. 2009. Vol.149. P. 7–13.
- 14 Murchie E.H., Pinto M., Horton P. Agriculture and the new challenges for photosynthesis research // *New Phytology*. 2009. Vol.181. P. 532–552.
- 15 Zhu X.G., Long S.P., Ort D.R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield // *Annual Review Plant Biology*. 2010. Vol.61. P. 235–261.
- 16 S&P Dow Jones Indices, 2012. [http://www. S&P Dow Jones Indices](http://www.S&P.com)
- 17 Evans L.T., Dunstone R.L. Some physiological aspects of evolution in wheat // *Australian Journal of Biological Sciences*. 1970. Vol.23. P. 725-741.
- 18 Мокроносов А.Т., Чмора С.Н. Творческий путь А.А. Ничипоровича // *Физиология растений*. 1996. Т. 43. № 4. С. 653-656.
- 19 Fischer R.A., Edmeades G.O. Breeding and cereal yield progress // *Crop Sci*. 2010. Vol.50. S85–S98.
- 20 Borlaug N.E. Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antisience zealotry // *Plant Physiology*. 2000. Vol.124. P. 487-490.
- 21 Кумаков В.А. Продукционный процесс в посевах пшеницы. Саратов: Росхозиздат, 1993. 203 с.
- 22 Long S.P., Zhu X.G., Naidu S.L., Ort D.R. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? // *Plant Cell Environ* 2006. Vol.29. P.315–330.
- 23 Reynolds M., Foulkes M.J., Slafer G.A., Berry P., Parry M.A.J., Snape J.W., Angus W.J. Raising yield potential in wheat // *J. Exp. Bot*. 2009. Vol.60. P. 1899–1918.
- 24 Stitt M., Sulpice R., Keurentjes J. Metabolic networks: how to identify key components in the regulation of metabolism and growth // *Plant Physiol*. 2010. Vol.152. P. 428–444.
- 25 Кершанская О.И. Фотосинтетические основы продукционного процесса у пшеницы. 2 издание, переработанное и дополненное. Алматы: ДООИВА, 2007. 252 с.
- 26 Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 196 с.
- 27 Беденко В.П. Фотосинтез и продуктивность пшеницы на юго-востоке Казахстана. «Наука». Алма-Ата: Наука, 1980. 224 с.
- 28 Кершанская О.И., Алиораз А.Т., Нелидова Д.С. Фотосинтетическое обоснование селекции пшеницы для разных агроэкологических зон Казахстана // *Достижения и перспективы селекции, семеноводства сельскохозяйственных культур и богарного земледелия*. Шымкент, 2011. С. 101-109.
- 29 Кренделева Т.Е. Структурно-функциональная гетерогенность первичных процессов фотосинтеза растений: Автореф. дисс. докт. М., 1985. 49 с.
- 30 Рубин А.Б. Принципы организации и регуляции первичных процессов фотосинтеза. 55 Тимирязевское чтение. М.: Наука, 1995. 38 с.
- 31 Farquhar G.D., von Caemmerer S., Berry J.A. A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> species // *Planta*. 1980. Vol.149. P. 78–90.
- 32 Yang X., Chen X., Ge Q., Li B., Tong Y., Li Z., Kuang T., Lu C. Characterization of photosynthesis of flag leaves in a wheat hybrid and its parents grown under field conditions // *Plant Physiology*. 2007. Vol.164. N3. P. 318-326.
- 33 Raines C.A. Transgenic approaches to manipulate the environmental responses of the C<sub>3</sub> carbon fixation cycle // *Plant Cell Environ*. 2006. Vol.29. P. 331–339.
- 34 Kershanskaya O.I., Teixeira da Silva J.A. Photosynthetic basis for wheat crop improvement: genetic modification of photosynthesis // *The Asian and Australasian Journal of plant science and Biotechnology: Global Science Books*, 2010. P. 115-123.
- 35 Evans J.R., Kaldenhoff R., Genty B., Terashima I. Resistances along the CO<sub>2</sub> diffusion pathway inside leaves // *J Exp. Bot*. 2009. Vol.60. P. 2235–2248.
- 36 Kiirats O., Cruz J.A., Edwards G.E., Kramer D.M. Feedback limitation of photosynthesis at high CO<sub>2</sub> acts by modulating the activity of the chloroplast ATP synthase // *Funct. Plant. Biol*. 2009. Vol.36. P. 893–901.
- 37 Smith A.M., Stitt M. Coordination of carbon supply and plant growth // *Plant Cell Environ*. 2007. Vol.30. P. 1126–1149.
- 38 Paul M.J., Foyer C.H. Sink regulation of photosynthesis // *J. Exp. Bot*. 2001. Vol.52. P. 1383–1400.
- 39 Paul M.J., Pellny T.K. Carbon metabolite feedback regulation of leaf photosynthesis and development // *J. Exp. Bot*. 2003. Vol.54. P. 539–547.
- 40 Kaschuk G., Hungria M., Leffelaar P.A., Giller K.E., Kuyper T.W. Differences in photosynthetic behaviour and leaf senescence of soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) dependent on N<sub>2</sub> fixation or nitrate supply // *Plant Biol. (Stuttg)*. 2010. Vol.12. P. 60–69.
- 41 Leegood R.C. A welcome diversion from photorespiration // *Nat. Biotechnol*. 2007. Vol.25. P. 539–540.
- 42 Peterhansel C., Niessen M., Kebeish R. Metabolic engineering towards the enhancement of photosynthesis // *Photochem Photobiol*. 2008. Vol.84. P. 1317–1323.
- 43 Sinclair T.R., Purcell L.C., Sneller C.H. Crop transformation and the challenge to increase yield potential // *Trends Plant Sci*. 2004. Vol.9. P. 70–75.

- 44 Parry M.A.J., Madgwick P.J., Carvalho J.F.C., Andralojc P.J. Prospects for increasing photosynthesis by overcoming the limitations of Rubisco // *J Agric. Sci.* 2007. Vol.145. P. 31–43.
- 45 Sage R.F. Variation in the  $k_{cat}$  of Rubisco in C(3) and C(4) plants and some implications for photosynthetic performance at high and low temperature // *J. Exp. Bot.* 2002. Vol.53. P. 609–620.
- 46 Hibberd J.M., Sheehy J.E., Langdale J.A. Using C<sub>4</sub> photosynthesis to increase the yield of rice: rationale and feasibility // *Curr. Opin. Plant Biol.* 2008. Vol.11. P. 228–231.
- 47 Hibberd J.M., Covshoff S. The regulation of gene expression required for C<sub>4</sub> photosynthesis // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2010. Vol.61. P. 181–207.
- 48 Кершанская О.И., Нурмагамбетова А.С., Есенбаева А.М., Скворцова Л.А. Современная germ-line биотехнология генетической модификации фотосинтеза и урожая у пшеницы // *Бюлл. Гос. Никитского Ботанического Сада.* 2009. С. 111-115.
- 49 Kershanskaya O., Didorenko S., Nurmagambetova A., Esenbaeva G. Moving crops biotechnology forward through new germ-line transformation techniques // 14th International Biotechnology Symposium and Exhibition. Rimini: Italy. 2010. P. 240-241.

## REFERENCES

- 1 Evans J.R., von Caemmerer S. *Plant Physiology*, **2011**, 155, 1, 589-592.
- 2 Makino A. *Plant Physiology*, **2011**, 155, 1, 125-129.
- 3 Ainsworth E.A., Bush D.R. *Plant Physiology*, **2011**, 155, 1, 64-69.
- 4 Raines C.A. *Plant Physiology*, **2011**, 155, 1, 36-42.
- 5 Foyer C.H., Noctor G. *Plant Physiology*, **2011**, 155, 1, 2-18.
- 6 Price G.D., Badger M.R., von Caemmerer S. *Plant Physiology*, **2011**, 155, 20-26.
- 7 Maurino V.G., Peterhansel C. *Curr. Opin. Plant Biol.*, **2010**, 13, 249–256.
- 8 Jiang G.M., Sun J.Z., Liu H.Q., Qu C.M., Wang K.J., Guo R.J., Bai K.Z., Gao L.M., Kuang T.Y. *J. Plant Res.*, **2003**, 116, 5, 347-354.
- 9 von Caemmerer S., Evans J.R. *Plant Physiology*, **2010**, 154, 2, 589-592.
- 10 Mokronosov A.T. *42-nd Timiryazev reading*, M.: Nauka, **1983**, 64 p. (in Russ.).
- 11 Nichiporovich A.A. *Photosynthesis and Productive Process*, M.: Nauka, **1988**, 5-28 (in Russ.).
- 12 Zhu X.G., de Sturler E., Long S.P. *Plant Physiology*, **2007**, 145, 513–526.
- 13 Edgerton M.D. *Plant Physiology*, **2009**, 149, 7–13.
- 14 Murchie E.H., Pinto M., Horton P. *New Phytology*, **2009**, 181, 532–552.
- 15 Zhu X.G., Long S.P., Ort D.R. *Annual Review Plant Biology*, **2010**, 61, 235–261.
- 16 S&P Dow Jones Indices, 2012. <http://www.S&P Dow Jones Indices>
- 17 Evans L.T., Dunstone R.L. *Australian J. Biological Sciences*, **1970**, 23, 725-741.
- 18 Mokronosov A.T., Chmora S.N. *Russ. J. Plant Physiology*, **1996**, 43, 4, 653-656 (in Russ.).
- 19 Fischer R.A., Edmeades G.O. *Crop Sci.*, **2010**, 50, S85–S98.
- 20 Borlaug N.E., Ending world hunger. *Plant Physiology*, **2000**, 124, 487-490.
- 21 Kumakov V.A. *Productive processes in wheat canopy*, Saratov: Nauka, **1993**, 203 p. (in Russ.).
- 22 Long S.P., Zhu X.G., Naidu S.L., Ort D.R. *Plant Cell Environ.*, **2006**, 29, 315–330.
- 23 Reynolds M., Foulkes M.J., Slafer G.A., Berry P., Parry M.A.J., Snape J.W., Angus W.J. *J. Exp. Bot.*, **2009**, 60, 1899–1918.
- 24 Stitt M., Sulpice R., Keurentjes J. *Plant Physiology*, **2010**, 152, 428–444.
- 25 Kershanskaya O.I. *Photosynthetic basis for wheat crop improvement*, 2 edition, Almaty: DOIVA, **2007**, 252 p. (in Russ.).
- 26 Mokronosov A.T. *Ontogenetic aspect of photosynthesis*, M.: Nauka, **1981**, 196 p. (in Russ.).
- 27 Bedenko V.P. *Photosynthesis and productivity in wheat in South-East of Kazakhstan*, Almaty: Nauka, **1980**, 224 p. (in Russ.).
- 28 Kershanskaya O.I., Alshoraz A.T., Nelidova D.S. *Achievements and perspectives of crop breeding, seeds production and non-watered agriculture*, Shymkent, **2011**, 101-109 (in Russ.).
- 29 Krendeleva T.E. Structure-functional heterogeneity of primary photosynthetic processes in plant, *Authoref. doc. diss.*, M., **1985**, 49 p. (in Russ.).
- 30 Rubin A.B. *55th Timiryazev reading*, M., **1995**, 38 p. (in Russ.).
- 31 Farquhar G.D., von Caemmerer S., Berry J.A. A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> species. 1980. *Planta*. Vol. 149. P. 78–90.
- 32 Yang X., Chen X., Ge Q., Li B., Tong Y., Li Z., Kuang T., Lu C. *Plant Physiology*, **2007**, 164, 3, 318-326.
- 33 Raines C.A. *Plant Cell Environ.*, **2006**, 29, 331–339.
- 34 Kershanskaya O.I., Teixeira da Silva J.A. *The Asian and Australasian Journal of plant science and Biotechnology*: Global Science Books, **2010**, 115-123.
- 35 Evans J.R., Kaldenhoff R., Genty B., Terashima I. *J Exp. Bot.*, **2009**, 60, 2235–2248.
- 36 Kirrats O., Cruz J.A., Edwards G.E., Kramer D.M. *Funct. Plant. Biol.*, **2009**, 36, 893–901.
- 37 Smith A.M., Stitt M. *Plant Cell Environ.*, **2007**, 30, 1126–1149.
- 38 Paul M.J., Foyer C.H. *J. Exp. Bot.*, **2001**, 52, 1383–1400.
- 39 Paul M.J., Pellny T.K. *J. Exp. Bot.*, **2003**, 54, 539–547.
- 40 Kaschuk G., Hungria M., Leffelaar P.A., Giller K.E., Kuyper T.W. *PlantBiol.(Stuttg)*, **2010**, 12, 60–69.
- 41 Leegood R.C. *Nat. Biotechnol.*, **2007**, 25, 539–540.
- 42 Peterhansel C., Niessen M., Kebeish R. *Photochem Photobiol.*, **2008**, 84, 1317–1323.

- 43 Sinclair T.R., Purcell L.C., Sneller C.H. *Trends Plant Sci.*, **2004**, 9, 70–75.  
44 Parry M.A.J., Madgwick P.J., Carvalho J.F.C., Andralojc P.J. *J. Agric. Sci.*, **2007**, 145, 31–43.  
45 Sage R.F. *J. Exp. Bot.*, **2002**, 53, 609–620.  
46 Hibberd J.M., Sheehy J.E., Langdale J.A. *Curr. Opin. Plant Biol.*, **2008**, 11, 228–231.  
47 Hibberd J.M., Covshoff S. *Annu. Rev. Plant Biol.*, **2010**, 61, 181–207.  
48 Kershanskaya O.I., Nurmagambetova A.S., Espembetova A.M., Skvortsova L.A. *Newsl. State Nikitsky Botanical Garden, Yalta: Ukraine*, **2009**, 111-115. (in Russ.).  
49 Kershanskaya O., Didorenko S., Nurmagambetova A., Esenbaeva G., Tashkenova A. *14th International Biotechnology Symposium and Exhibition, Rimini: Italy*, **2010**, 240-241.

### Резюме

*О.И. Кершанская*

(Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, ҚР БҒМ ҒК, Алматы қ.)

#### БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҒЫ ИННОВАЦИЯЛАРЫ ҮШІН БИДАЙДЫ ЖАҚСARTУДЫҢ ФОТОСИНТЕТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Бидайдың өнімділік үрдісінің негізі ретінде фотожүйе және хлоропластардан жапырақ және өсімдікке дейін фотосинтез үрдісінің әртүрлі деңгейде ұйымдасуының үлкен әдеби материалдары, сонымен қатар меншікті көпжылдық эксперименталды зерттеулердің нәтижелері жиналған. Хлоропластардағы алғашқы фотосинтетикалық үрдістерінің тетіктері, жапырақта фотосинтетикалық аппараттың құрылымдық-функционалды ұйымдасуы, бидай өсімдігінің фотосинтетикалық қызметтері, бидайдағы фотосинтездің генетикалық аспектілері, бидай селекциясын фотосинтетикалық негіздеу, стресске төзімділігін және өнімділігін жоғарылату үшін бидайды жақсарту жолдары анықталған. Зерттеу мәліметтерінің нәтижелерін генетикалық инженерия, экофизиология, селекция тәжірибесінде, биологияны инновациялау мақсатында бидайдың өнімділігін арттырудың фотосинтетикалық негіздемесінің өнімділік үрдісі теориясы деп бағалауға болады.

**Кілт сөздер:** фотосинтез үрдісі, генетикалық аспект, генетикалық инженерия, экофизиология, селекция, биологияны инновациялау.

### Summary

*O.I. Kershanskaya*

(Institute Plant Biology and Biotechnology, SC MES RK, Almaty)

#### PHOTOSYNTHETIC BASIS FOR WHEAT CROP IMPROVEMENT FOR INNOVATION IN BIOLOGY AND AGRICULTURE

Large number of references and the results of own long-time investigations of photosynthesis at different levels of photosynthetic apparatus organization: from the photosystems and chloroplasts to leaves and whole plant, as the basis of production process in wheat, have been summarized. The mechanisms of primary photosynthetic processes in chloroplasts, leaf photosynthetic apparatus structural and functional organization, photosynthetic activity of wheat plants, genetic aspects of photosynthesis in wheat, photosynthetic basis for wheat breeding, ways of wheat yield and stress resistance improvement, have been described. The results of this research could be determined as a new original achievement in the Theory of Production Process development, photosynthetic basis for wheat breeding and wheat physiology, for innovation in biology, breeding practice, eco-physiology and genetic engineering.

**Key words:** photosynthetic process, the genetic aspect, genetic engineering, ecophysiology, selection, innovation biology.

*Поступила 25.01.2013 г.*

УДК 312 Н 311

*Б.Р. РАКИШЕВ*

(Казахский национальный технический университет  
имени К.И. Сатпаева, г. Алматы)

## ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОВАЛЫ И ПЕРЕКОСЫ В РОСТЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЗАХСТАНА

### Аннотация

Проведен анализ изменения численности населения Казахстана за 1916-2012 годы, выявлены периоды демографических провалов и перекосов в росте численности населения. Обосновано, что численность населения в отдельно взятом регионе, стране, в целом в мире в условиях естественного течения жизни за определенный период растет по геометрической прогрессии. Знаменатель этой прогрессии равен единице плюс ежегодный относительный прирост населения (в долях единицы). Закономерность роста населения нарушается лишь в случаях аномальных природных, техногенных катастроф и войн, когда численность населения в данном регионе, стране изменяется скачкообразно.

Выявленные закономерности естественного роста населения и ежегодного относительного прироста (в процентах) от количества детей на один брак могут быть положены в основу методики прогнозирования численности населения на будущие периоды.

**Ключевые слова:** рост населения, геометрическая прогрессия, ежегодный относительный прирост, количество детей на один брак, закономерности роста

**Кілт сөздер:** халық санының өсуі, геометриялық прогрессия, жылдық салыстырмалы өсу, бір отбасының бала саны, өсу заңдылығы.

**Keywords:** population growth, geometric progression, relative annual increase, number of children per marriage, regularities of growth.

Казахстан занимает территорию площадью 2,717 кв.км. На такой территории расположено 10 больших государств Европы. Это Великобритания, Германия, Франция, Италия, Испания, Португалия, Нидерланды, Польша, Румыния, Австрия с суммарным населением 400 млн. человек. Нас всего около 17 млн. человек. Каковы же перспективы роста населения.

Изучение динамики изменения численности населения на современной территории Казахстана за 1916-2012 г.г. показывает, что оно претерпело несколько демографических провалов и перекосов. Так, если на указанной территории в 1916 году проживало 5680 тысяч человек, в том числе 4900 тысяч казахов (86,27%) [1], то через 5 и 16 лет вместо естественного роста имело место сильное сокращение численности населения, особенно коренного. Это явилось следствием влияния различных катастроф природного и искусственного происхождения.

Первое трагическое событие в жизни нашего народа – большой джунт 1921 года (климатическая катастрофа: бескормица, значительный падеж скота), в результате которого погибло более одного миллиона сельского населения [2].

Вторая трагедия связана с неподготовлено проведенной в начале тридцатых годов принудительной коллективизацией на селе. Руководство страны не смогло обеспечить организацию нормального содержания и сохранность отобранного у населения скота, сконцентрированного в определенных пунктах. Это привело к массовому падежу скота, а вследствие и к гибели людей (казахи традиционно занимались в основном скотоводом). В 1932-33 годах от голода погибло примерно два миллиона и переехало в сопредельные государства около одного миллиона наших соплеменников [2].

Таким образом, 1921-22, 1932-33 годы представляют собой для казахов период самых больших потерь в XX веке, этапы резкого численного сокращения – демографических провалов в росте численности населения (см. табл.1, рис. 1).

Не успели оправиться от названных трагедий, как был нанесен следующий удар судьбы. Казахстан не миновали массовые репрессии 1937-38 годов и потери в Великой Отечественной войне. В этих событиях мы потеряли суммарно около 700 тысяч сограждан, что значительно больше, чем у наших соседей – среднеазиатских республик.

Далее, начиная с тридцатых вплоть восьмидесятых годов, демографический процесс пошел по пути долевого сокращения казахов за счет увеличения численности некоренного населения (в основном русских и украинцев). Так, в 1934-1940 годах в связи с масштабной индустриализацией страны, строительством новых промышленных предприятий и городов из западной, центральной частей СССР в Казахстан было переселено около полумиллиона человек. Это был первый этап демографического перекося в росте численности населения. В результате общая численность населения в 1940 году составила 6148 тыс., казахов – 2428 тыс. человек (39,49%).

В годы Великой Отечественной войны из западной части страны было эвакуировано большое количество как городских, так и сельских жителей. Доля коренного населения в разрезе страны еще больше уменьшалась. Численность населения (на начало года) по оценочным данным за 1916-1950 годы приведена в табл.1.

После окончания Великой Отечественной войны, благодаря высокоорганизованному и своевременному восстановлению народного хозяйства, улучшению благосостояния народа естественный прирост населения вступил в свои законные права (см. табл. 1). В 1950 году население Казахстана составило 6522 тыс., казахов 2368 тыс. человек (36,31%).

Таблица 1 – Численность населения Казахстана по оценочным данным за 1916-1950 годы

Годы оценок	Население Республики		Прирост населения за период оценки, % %		Средний ежегодный прирост, % %	
	всего	казахов	всего	казахов	всего	казахов
1916	5680000	4900000	-	-	-	-
1921	6050000	5270000	6,5	7,55	1,3	1,5
1923	5000000	4200000	-17,36	-20,3	-	-
1931	5950000	5100000	19	21,43	2,2	2,4
1934	4200000	2200000	-29,4	-56,86	-	-
1936	5400000	2600000	28,57	18,18	3,5	3,2
1939	6095000	2328000	12,87	-10,46	4,1	-
1946	6150000	2200000	0,9	-5,5	0,15	-
1950	6522000	2368000	6,05	7,64	1,5	1,9

Начиная с 1954 года, в связи с массовым освоением целины, в кратчайшие сроки в Казахстан было переселено более 1 миллиона человек. В результате такого организованного интенсивного переселения в 1955 году в Казахстане проживало 7596 тыс. человек, в том числе сельских жителей 4427 тыс. человек (58,28%), а казахов 2628 тыс. человек (34,6%). Этот период – время наивысшего притока новоселов из других регионов СССР и второго демографического перекося в жизни нашего народа.

Для анализа приведенного состояния численности населения Казахстана в 1916-2012 годах обратимся к истории демографии. Еще в начале XIX века английский священник Р. Мальтус сформулировал популяционный принцип, согласно которому рост человечества, следующий геометрической прогрессии будет опережать линейно растущее производство пищи. Этот вывод Р. Мальтуса как неаргументированный (по второй части) был осужден прогрессивными людьми того и позднего времени и опровергнут дальнейшим ходом развития человечества.

Тем не менее, как показывает анализ динамики изменения численности населения мира за 1950-2000 г.г. [3], рост населения за определенный период в отдельно взятых регионах, странах и частях мира в условиях естественного стационарного течения жизни действительно происходит по геометрической прогрессии [4], т.е.:

$$N_n = N_1 q^{n-1} = N_1 (1+p)^{n-1}, \quad (1)$$

где  $N_n$  – численность населения в  $n$ -ом году;  $N_1$  – численность населения в начальный период (в текущем году);  $n$  – число последующих лет;  $q$  – знаменатель геометрической прогрессии,  $p$  – среднегодовой относительный прирост населения за рассматриваемый период, в долях единицы.

Интегральная характеристика демографического процесса – годовой прирост населения в натуральную величину устанавливается по классической формуле:

$$\text{Прирост} = \text{Рождаемость} - \text{Смертность} \pm \text{Миграция}. \quad (2)$$

Закономерность роста населения (1) нарушается лишь в случаях аномальных природных, техногенных катастроф и войн, когда численность населения в данном регионе, стране уменьшается скачкообразно (см. табл. 1). Требуется внимательного учета миграционный процесс – массовый приток или отток людей из рассматриваемого региона по различным причинам.

При массовом притоке людей (например, переселенцев, беженцев, возвращенцев) в определенный регион численность проживающих здесь растет также скачкообразно. Таким образом, в экстремальных случаях меняется исходная база  $N_1$ . Для прогнозирования численности населения по зависимости (1) на будущий период нужно оперировать значением  $N_1$  после наступления естественного состояния приумножения людей.

Величина среднего ежегодного относительного прироста населения (в долях единицы) при фиксированных значениях последнего в начале и конце некоторого этапа может быть установлена по формуле (1).

Естественно, что в демографическом процессе важное значение имеет знаменатель геометрической прогрессии, равный единице плюс ежегодный относительный прирост населения (в долях единицы) (см. формулу (1)). Это подтверждает анализ динамики изменения численности населения мира за 1950-2000 г.г. [3]. Из него следует, что ежегодный относительный прирост (в процентах) обычно лежит в пределах 0,1-2,8, достигая максимального значения в периоды демографического бума. Все страны прошли этот демографический переход. Средний ежегодный прирост населения за последние 60 лет в странах Европы колеблется в диапазоне (0,1-0,8)%, в странах Азии – (0,8-2,8)%, в странах Африки – (2,4-3,2)%, в странах Америки – (0,8-2,8)%.

Демографические данные по Казахстану за 1959-2012 годы приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Численность населения Казахстана по данным переписей 1959-2009 годов

Год проведения переписи	Население Республики		Прирост населения за период переписи, % %		Средний ежегодный прирост, % %	
	всего	казахов	всего	казахов	всего	казахов
1959	9303801	2850000	42,65	20,35	4,0	2,1
1970	13026274	4234000	40,0	48,56	3,15	3,6
1979	14709508	5489000	12,92	29,64	1,35	2,9
1989	16232324	6835000	10,35	24,52	1,0	2,2
1999	14981281	8011452	-7,7	17,21	-0,7	1,6
2009	16009597	10096761	6,86	26,03	0,6	2,35
2012	16900000	10980000	5,56	8,75	1,85	2,85

Данные табл. 1 и 2 графически представлены на рис. 1, где верхняя кривая изображает изменение численности всего населения, а нижняя кривая – изменение численности казахов за 1916-2012 годы. Они наглядно иллюстрируют демографические провалы 1921-22 и 1932-33 годов и демографические перекосы в 1950-1989 годах.

Из графиков четко видно, что демографический переход Казахстан пережил в 1950-89 годах, когда численность всего населения увеличилась в 2,5 раза, а казахов – в 2,89 раза. Причем прирост всего населения происходил за счет переселенцев (целинников и других), а казахов – за счет естественного течения жизни. Средний ежегодный естественный прирост казахов составил 3,0%, доля коренного населения поднялась до 42,10%.

Эти результаты обеспечивались тем, что до 75% казахов проживало в сельской местности, социально-бытовые условия жизни, в том числе медицинское обслуживание позволяли им иметь в семье в среднем 7-8 детей. Инфраструктура села была на удовлетворительном уровне. Аульчане были довольны жизнью, имели возможность прилично одеть, обуть и обучить детей. Абсолютное большинство сельской молодежи поступало в вузы, техникумы, профтехучилища, трудоустраивалось в городах и рабочих поселках, укрепляя ряды рабочих, служащих. Не было беспокойства у родителей за будущее своих детей, а дети повзрослев, продолжали дело отцов и матерей по улучшению качества жизни по всем параметрам, в том числе по деторождению. В целом 1950-1990 – годы самый благоприятный период для прироста коренного населения – этап наибольшего приумножения казахов в своей истории.

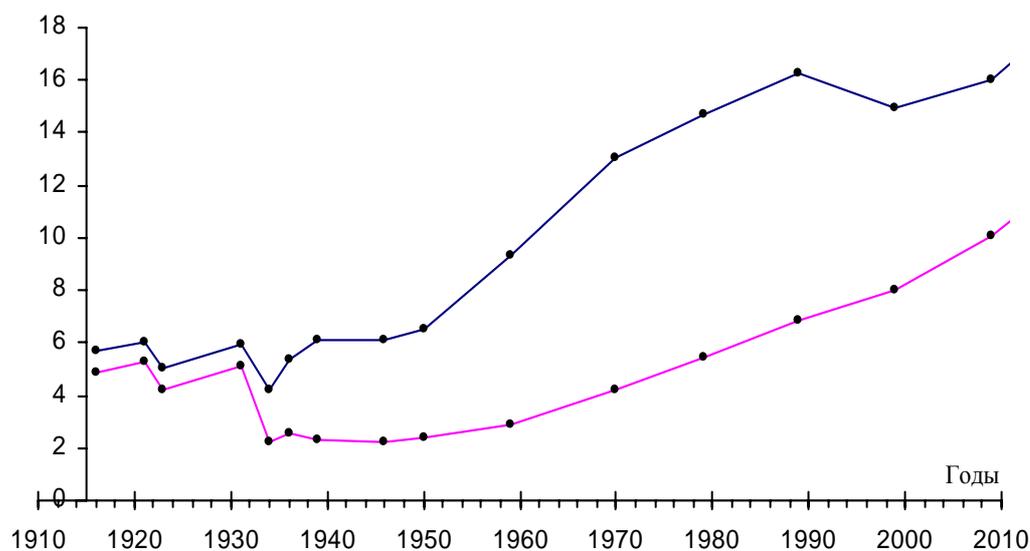


Рисунок 1 – Динамика роста численности населения Казахстана в 1916-2012 годах

С проведением известных реформ в начале 90-х годов, практически стали все предприятия агропромышленного комплекса, резко сократилось число сельских жителей. Работоспособная часть населения, особенно молодежь в массовом порядке хлынула в город, увеличивая ряды безработников.

Начался массовый отъезд немцев, русских и других этносов на историческую родину, демографический перекося (по счету третий) принял обратное направление. Заметно ухудшилось благосостояние всего народа, естественный прирост населения принял отрицательный знак (рис. 1, верхняя линия). В результате с 1992 года до 2003 года число казахстанцев уменьшилось с 16451711 до 14851059, т.е. на 1600652 человека. За счет сорванного естественного роста ( $p=1,4\%$ ) мы не досчитались еще 2714532 соотечественников. Суммарные потери составляют 4315184 человек

Увеличение численности казахов в этот период (рис.1, нижняя линия) достигалось за счет возвращения на историческую родину оралманов в количестве около одного миллиона человек.

Только в 2010 году численность населения Казахстана достигла уровня 1992 года, составив 16442000 человек. Рост казахов за эти годы, как уже отмечено, обеспечивался за счет

миграционного процесса. Годовой темп роста всего населения за последние 3 года находится на уровне 1,85%, казахов на уровне – 2,85% (см. табл.2). В этом показателе также виден след миграционной составляющей. В общей численности населения казахи достигли 65%.

Проведенный анализ изменения численности населения показывает, что в этом процессе главную роль играет относительный годовой прирост населения ( $p$ ) за рассматриваемый период – интегральная характеристика демографического процесса. Он зависит от количества детей ( $m$ ) на один брак (одну женщину), уровня социально – экономического развития региона (страны) и условий жизни людей. Создание комфортных условий труда и жизни для людей, оказание надлежащих медицинских услуг, снижение смертности молодых матерей и новорожденных стабилизирует численное значение  $p$ .

Для прогнозирования численности населения любой страны на будущие периоды возникает необходимость в установлении зависимости относительного годового прироста населения от числа детей на один брак, как реально измеримого показателя среди остальных. В этих целях нами обработаны статистические данные по всем странам мира [3]. Их результаты показывают, что между относительным приростом населения и суммарным коэффициентом рождаемости ( $k_c$ ) во всех рассмотренных случаях существует параболическая зависимость, а между суммарным коэффициентом рождаемости  $k_c$  и числом детей на один брак ( $m$ ) – соотношение  $m = 1,2k_c$  [4,5]. В диапазоне  $2 \leq m \leq 6$  искомая эмпирическая зависимость с достаточной точностью может быть описана уравнением прямой, т.е.:

$$p = 0,7m - 1,2. \quad (3)$$

Постоянные 0,7 и 1,2 уравнения (3) измеряются в процентах.

Как видно, совокупное влияние всех выше рассмотренных факторов на относительный годовой прирост населения можно учитывать значением суммарного коэффициента рождаемости или числом детей на один брак. Результаты расчетов по уравнению (3) довольно близко совпадают с фактическими данными многих стран мира [3].

Суммарный коэффициент рождаемости около 4,0 будет высоким в стране со средней продолжительностью жизни 73 года. Такой уровень рождаемости будет обеспечивать довольно высокий темп роста населения (около 2,0%). В то же время в стране со средней продолжительностью жизни около 30 лет он достаточен лишь для простого воспроизводства населения. Принято считать, что в средних условиях для обеспечения слегка расширенного воспроизводства необходимо на один брак иметь 2,9-3,0 ребенка (суммарный коэффициент рождаемости 2,4-2,5) [3].

Согласно (3) при  $m=2$  ежегодный относительный прирост населения ( $p$ ) составляет 0,2%, при  $m=3$   $p=0,9\%$ , при  $m=4$   $p=1,6\%$ , при  $m=5$   $p=2,3\%$  и при  $m=6$   $p=3,0\%$ . Эти результаты также хорошо согласуются с данными [3].

Таблица 3 – Прогнозируемая численность населения Казахстана на будущие годы

При			$N_p$ , млн. чел			
$p$ , %	$m$ детей	$N_1$ , млн. чел	7	10	15	20
1,5	3,86	11,0	12,02	12,77	13,75	14,82
		17,0	18,58	19,74	21,25	22,90
1,7	4,14	11,0	12,37	13,02	14,17	15,41
		17,0	19,12	20,13	21,90	23,82
2,0	4,57	11,0	12,63	13,41	14,81	16,35
		17,0	19,52	20,72	22,88	25,26
2,2	4,86	11,0	12,80	13,67	15,25	17,00
		17,0	19,79	21,13	23,56	26,26
2,4	5,14	11,0	12,99	13,95	15,70	17,68
		17,0	20,08	21,55	24,26	27,32
2,6	5,42	11,0	13,17	14,22	16,17	18,38

Совместное использование закономерности (1) и уравнения (3) позволяет прогнозировать рост населения на будущие периоды в любом регионе мира. Для подтверждения такого тезиса в табл. 3 приведена прогнозируемая численность населения Казахстана на будущие 7, 10, 15 и 20 лет.

Рассмотрено наиболее вероятных 4 случая. Два последних варианта возможны при заметных миграционных процессах, т.к. случаи, когда  $m > 5$  в современных условиях практически не встречаются.

При показателе демографического процесса  $p = 1,85\%$  ( $m = 4,36$ ) (см. табл. 2) 20 миллионное население Казахстана будет достигнуто через 9 лет. Могут быть рассмотрены и другие варианты. Например, поставленная задача может быть решена через 8 лет, если  $p = 2,0\%$  ( $m = 4,57$ ), через 7 лет, если  $p = 2,2\%$  ( $m = 4,86$ ), через 6,5 лет, если  $p = 2,4\%$  ( $m = 5,17$ ). Таким образом, при естественном росте населения 20 миллионный рубеж может быть достигнут не раньше 2019 года. Процесс может ускорить только массовое возвращение на родину бывших казахстанцев.

Для обеспечения требуемой высокой рождаемости ( $m = 4,8$ ) и ежегодного относительного прироста населения  $p = 2,16\%$  необходимо принять специальную государственную программу, предусматривающую набор стимулирующих и поощряющих мер по поддержке многодетных семей, созданию для них необходимых социально-бытовых условий. Нужно поднять статус многодетной матери, возродить национальную традицию – стремление к большому числу детей. Чем больше детей, тем меньше средний возраст населения и тем моложе нация, тем надежнее будущее страны.

Городские семьи, как правило, имеют в среднем 2 детей, содержать больше не позволяют социально-бытовые и другие условия жизни. При решении этой проблемы, городской молодежи для выполнения своего гражданского долга – обеспечения простого воспроизводства численности населения нужно иметь не менее 3 детей. Нетрудно догадаться, что в решении этой сложной демографической проблемы большая ответственность ложится на сельскую молодежь и молодежь рабочих поселков, приравненных к селу. В таких поселениях более благоприятные естественные условия для проживания многодетных семей (5-7 детей). Поэтому их долю в разрезе страны необходимо довести до 60%. При таком соотношении жителей городов и сел обеспечивается необходимое количество детей на один брак ( $m = 4,8$ ).

### **Выводы**

1. Проведен анализ изменения численности населения Казахстана за 1916-2012 годы, выявлены периоды демографических провалов и перекосов в росте численности населения.

2. Обосновано, что численность населения в отдельно взятом регионе, стране, в целом в мире в условиях естественного течения жизни за определенный период растет по геометрической прогрессии. Знаменатель этой прогрессии равен единице плюс ежегодный относительный прирост населения (в долях единицы).

3. В случаях аномальных природных и техногенных катастроф численность населения в этом регионе, стране уменьшится скачкообразно. При значительном притоке людей (переселенцев, возвращенцев) в данный регион, страну их численность увеличивается также скачкообразно. В таких случаях изменяется исходная база – численность населения в начальный период.

4. Показано, что в процессе воспроизводства большую роль играет ежегодный относительный прирост населения (в процентах). В зависимости от конкретного значения этого показателя рост численности населения может быть интенсивным, умеренным, нулевым даже отрицательным.

5. Величина ежегодного относительного прироста населения подвержена колебаниям и зависит от числа детей на один брак, продолжительности жизни, обусловливаемой уровнем медицинского обслуживания и социально-экономического развития страны. Установлена закономерность изменения ежегодного относительного прироста населения (в процентах) от количества детей на один брак.

6. Выявленные закономерности естественного роста населения и ежегодного относительного прироста от количества детей на один брак могут быть положены в основу методики прогнозирования численности населения на будущие периоды. На такой основе выполнен прогноз численности населения Казахстана на 7, 10, 15 и 20.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Тынышбаев М. Материалы к истории киргизо-казахского народа. Ташкент, 1925. 75 с.
- 2 Алексеев А.Н. Население Казахстана 1920-1990 гг. Алматы, 1993. 125 с.

- 3 Население мира: Демографический справочник / сост. В.А. Борисов. – М.: Мысль, 1989. 477 с.  
 4 Ракишев Б. Теоретическая оценка численности казахов в знаковые годы XX века и ее прогноз на будущее. Доклады НАН РК. Алматы, НАН РК, №2.2008. С. 81-86.  
 5 Ракишев Б. Математическая модель прироста населения. Доклады НАН РК. Алматы, НАН РК, №3.2008. С. 100-120.

#### REFERENCES

- 1 Tynyshbaev M. Materials for the history of Kyrgyz-Kazakh people. Tashkent, 1925. p.75.  
 2 Alekseenko A.N. The population of Kazakhstan 1920-1990, Almaty, 1993. p.125.  
 3 World Population: Demographic Reference / comp. Borisov V.A. - M.: Thought, 1989. p.477.  
 4 Rakishev B. Theoretical estimation of the number of Kazakhs in sign of the twentieth century and its prognosis. Reports of the NAS RK. Almaty, NAS RK, № 2.2008. p. 81-86.  
 5 Rakishev B. Mathematical model of population growth. Reports of the NAS RK. Almaty, NAS RK, № 3.2008. p. 100-120.

#### Резюме

*Б.Р. Ракишев*

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық мемлекеттік университеті, Алматы қ.)

#### ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ХАЛЫҚ САНЫНЫҢ ӨСУІНДЕГІ ДЕМОГРАФИЯЛЫҚ ҚҰЛДЫРАУЛАР ЖӘНЕ ҚАЙШЫЛЫҚТАР

1916–2016 жылдардағы Қазақстан халқы санының өзгеруіне талдау жасалған, халық санының өсуіндегі демографиялық құлдырау және қайшылықтар кезеңдері анықталған. Халық санының жеке аумақта, мемлекетте, әлемде қалыпты өмір жағдайында геометриялық прогрессиямен өсетіні негізделген.

Бұл прогрессияның алымы бір және халық санының жылдық салыстырмалы өсуінің (бірлік үлесте) қосындысына тең болады. Бұл заңдылық табиғи немесе техногендік апаттар жағдайларында бұзылады.

Халық санының табиғи өсуі және оның жылдық салыстырмалы өсуінің бір отбасына келетін балалар санына байланысты заңдылықтары халық санын болжау әдістемесінің негізін құрады.

**Кілт сөздер:** халық санының өсуі, геометриялық прогрессия, жылдық салыстырмалы өсу, бір отбасының бала саны, өсу заңдылығы.

#### Summary

*B.R. Rakishev*

(Kazakh national technical university name K.I. Satpayeva, Almaty)

#### DEMOGRAPHIC FAILURES AND DISTORTIONS IN GROWTH OF POPULATION OF KAZAKHSTAN

The analysis of change in population of Kazakhstan, which indicated the periods of demographic gaps and distortions in the growth of the population, have been conducted for 1916-2012 years.

It is proved that the population in a particular region, country, in the whole world in conditions of natural flow of life in a given period increases exponentially. The denominator of this progression is equal to one plus the relative annual growth rate (expressed as a decimal). This regularity is violated only in cases of abnormal natural and man-made disasters and wars, when the population in the region and country reduces instantly, abruptly.

It is shown that the relative annual growth rate (in percent) plays an important role in reproduction process. Depending on particular value of this index, population growth can be intense, moderate, zero, even negative.

The relative value of the annual population growth rate (in percent) is variable and depends on the number of children per marriage, life expectancy, which is stipulated by the level of health care and socio-economic development. A dependence between this indicator and the number of children per marriage have been determined.

Determined dependence of the natural growth of population and the relative annual growth rate (in percent) of the number of children per marriage can be the basis for the methods to predict the population in the future periods. A population forecast of Kazakhstan on future years have been done on the basis of the developed methodology.

**Keywords:** population growth, geometric progression, relative annual increase, number of children per marriage, regularities of growth.

*Поступила 14.01.2013 г.*

УДК 1 (091) (574)

Қ.Ұ. ӘЛЖАН, С.Е. НҰРМҰРАТОВ

(Философия, саясаттану және дінтану институты)

(ҚР ҰҒА академигі Ә.Нысанбаевтан ұсынылған)

## ИНДУСТРИАЛДЫ-ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУДЫҢ РУХАНИ НЕГІЗДЕРІ

### Аннотация

Мақалада еліміздегі индустриалды-инновациялық даму үрдісі ауқымындағы өзекті дүниетанымдық және мәдени-әлеуметтік мәселелер философиялық талдаудан өткізілуі мақсат етіліп қойылған. Заманауи тұрғыдағы қоғам дамуына байланысты ғылыми проблемалардың ең негізгі іргетасы болып табылатын руханият мәселесі авторлар тарапынан жан-жақты пайымдалады. Қоғамдағы экономикалық және жанашылдыққа негізделген әлеуметтік дамудың пәрменді өзгерістері адамның құндылықтық әлеміне, дүниетанымына өзіндік ықпалын тигізетіндігі көрсетіледі.

**Кілтгі сөздер:** адам, даму, руханият, қоғам, менталитет, тіл, дүниетаным, мәдениет, философия, тарих, құндылықтар, ізгіліктер.

**Ключевые слова:** человек, развитие, духовности, общество, менталитет, язык, мировоззрение, культура, философия, история, ценности, гуманизм.

**Key words:** human, development, spirituality, society, mentality, language, ideology, culture, philosophy, history, values, humanism.

Қазіргі әлемнің жаңа өркениеттік белеске көтерілгенін әртүрлі ғылым саласының мамандары атап өтуде. Дегенмен барлық қауымдастықтар мен құрылымдар индустриалды-инновациялық дамудың қай сатысында тұрса да өзіне рухани іргетас болатын құрылымдарды іздейді. Мәселен, Жапония мемлекеті, жапон қоғамы өзінің индустриалды-технологиялық дамудағы жетістіктерін ұлттық құндылықтарды дамытумен астастырудан бас тартқан емес, олар өздерінің ұлттық келбетін сақтап қалуға, оны дамытуға барынша мән береді. Руханиятын өзіндік жүйеге келтіруден қоғам ұтылмайды.

Әлемдегі басқа ұлттар мен ұлыстар сияқты қазақ халқының көп ғасырлық тарихында даналықтың озық үлгісі боларлық әлемді танып-білудің, зерделеудің өзіндік сипаттамалары, түркілік ерекшеліктерді танытатын философиялық ойлар мен тұжырымдар жеткілікті болғаны белгілі. Мәселе сол ұлттық рухани інжу-маржанның қадірін біліп, оның қаймағын бұзбай қазіргі жаһандану заманында жүйелі түрде жинақтап алуда болып отыр және оны әрбір жаңадан келетін жас ұрпаққа рухани сабақтастықпен және жүйелі түрде бере білудің маңызы зор екені анық.

Осы жауапты да маңызды істі абыроймен жүзеге асырған жағдайда ғана еліміздің Еуразиялық кеңістіктегі өзіндік ерекшелігі бар халық ретіндегі мәртебесі өседі, басқа халықтар алдындағы құрметіміз асқақтай түседі деген ойдамыз. Сонда экономикалық дамуға да рухани негіздер беки түсетіні анық. Өйткені, өзінің тарихта қордалаған маңызды рухани құндылықтарын барынша құрметтеген, аялаған, өрбіткен ел ғана және оған жаңа заманда өзіндік жаңғырту бедерлерін, келбетін бере білген халық ғана адамзаттың өркениеттік аренасында, үлкен кеңістігінде шынайы және лайықты бағалануларға ие болатыны сөзсіз.

Әдетте, әлемдік философияның бастауларын іздегенде көбінесе Ежелгі Қытай, Ежелгі Үнді елі мен Ежелгі Грекия атап өтіледі. Алғашқы тұтастанған мағынадағы философиялық мектептер, ағымдар мен бағыттар міне осы үш орталықта пайда болған, ал қалған елдер осы үшеуінен тараған философиялық түсініктерді қолдана отырып өздерінің философиялық ұғымдарын қалыптастыра алған деген пікір қазіргі кезеңде көптеген оқулықтарда орын алған. Әрине жоғарыда аталған өркениет кеңістіктерінде шынымен де философияның озық үлгілері тарихи процестің ерекше белгісіндей көрініс тапқанын мойындауға тиістіміз. Дегенмен философиялық қайнар көздерді іздегенде әлемді рухани игерудің рационалдық түрлерімен шектелмеуіміз керек, адамзат

тарихының сан қырлы мүмкіндіктерін айшықтай түсіп қана оның бойындағы тылсым қуаты мен күшін, орасан зор шығармашылығын аша түсеміз. Міне осы тұрғыдан алғанда түркілік философиялық ойлар өзіндік тарихи ерекшеліктері бар дүние және ол көркем бейнелерді жандандыра түсетін, белгілі бір тұтастанған жүйеге бағынатын, өзіндік келбеті бар рухани құрылым болып табылады.

Адамзат тарихының руханиятының ең маңызды түпнегізі оның ақыл-ойынан, парасатты ойлау тәжірибесінен байқалады. Ойлаудың ұғымдық, түсініктік жүйеленуі әлемдік философиялық дәстүрдің жарқын көрінісі ретінде танылады. Жалпы адами эволюцияның өлшемі ретінде даналық үлгілерін алуға толық болатыны анық. Осы тұрғыдан алғанда адамзат тарихындағы кез келген халықтан философиялық пайымдаудың үлкен жүйелі құрылымдарынан бастап өлшеулі деңгейдегі тұжырымдар мен түсініктерден тұратын ерекше сілемдер аралығындағы көптүрлілікті аңғаруға болады. Олардың барлығына әр қилы бағалаулар беріп, әртүрлі өлшемдер арқылы сараптаулардан өткізу міндеті гуманитарлы ғылымдар алдында тұрған қасиетті міндет. Шынымен де, негізінен ойлау жүйесінің сан қырлылығына қарамастан оның адами принциптерінің өзара ұқсастығына тәнті боламыз және әрбір мәдениеттің өзіндік көріністерінің, ерекше сипаттарының бар екенін де мойындауға тиістіміз. Міне осыған орай халқымыздың өзіндік ойлау жүйесі, философиялық мәдениеті бар екеніне еліміздің көрнекті ғалымдары өткен ғасырдың екінші жартысында түбегейлі көңіл бөле бастады, философиялық мәселелер кәсіби тұрғыда игеріле бастады. «Алматылық философия мектебі» деген мәртебелі атаудың XX ғасырда Еуразия кеңістігінде пайда болуы бекер емес болатын.

Әрине қазақ халқының философиялық ойы жайлы еліміз тәуелсіздікке қол жеткізгеннен бері ғана толыққанды сипатта айтылып, қазақ және орыс тілдерінде бірталай еңбектердің жарық көргені белгілі. Олардың кейбірі жеке монографиялар мен мақалалар болса, біршамасы оқулық немесе оқу құралы түрінде көрініс тапты. Бірақ олардың баспадан шығу даналары да, таралу ауқымы да жоғары оқу орындарындағы күннен күнге ұлғайып келе жатқан зияткерлік рухани байлыққа деген сұранысты толығымен қанағаттандыра алмасы анық. Оның үстіне философиялық ойлау тарихына деген көзқарас біржақты болмауы тиіс, ол әртүрлі түсініктердің сұхбатынан, өзара байланысынан қалыптасқаны тиімді.

Міне сонда ғана жас ұрпақтың шығармашылыққа деген талпынысы күшейе түседі, тарихи тұлғалардың дүниетанымдық жүйелері бойынша соны ойлар туындайды, жаңашыл идеялар орын алады. Осындай түпкі астары бар жағдай ескеріліп, Елбасымыз «Тарих толқынында» атты еңбегінде қазақ халқы руханиятының тарихи қайнар көздерінің бастауын алты мың жылдық тарихтан туындатып, оны он екі кезеңге бөледі. Әрбір кезеңнің сипаттамасын бере отырып, «Қазақтың сана-сезімі өткендегі, қазіргі және болашақтағы — тарихтың толқынында өзінің ұлттық «МЕН» дегізгерлік қасиетін түсінуге тұңғыш рет енді ғана мүмкіндік алып отыр... Бірақ бұл мүмкіндік қана; ол шындыққа, тек қазақтардың ғана емес, барлық қазақстандықтардың жаппай санасына орныққан фактіге айналуы қажет»[1] деген ойды әлеумет пен ұлттық философиялық ойды тұжырымдаушылар алдына гуманитарлық парыз ретінде тартады.

Қазақ философиясы адамзат тарихында ғасырлар бойы қалыптасқан әлемдік философияның ажырамас құрамдас бөлігі екені белгілі. Күні кешеге дейін бұл тақырыппен байланысты мәселелердің барлығы мұқият бақылауда болып, көбісі тыйым салынған дүниелер қатарында болып келгені баршаға аян. Өйткені социализмнің принциптері тек бір коммунистік идеяның төңірегіне шоғырланғандықтан, оған сәйкес келмейтін басқаша мағынадағы түсініктердің барлығын жоққа шығарып отырды. Тіпті бұл тақырыппен айналысамын деген зерттеушілердің әрекеттеріне өткен қоғам «ұлтшылдықтың жалауын көтеру» деген үстірт бағалаулар беруге асыққаны да рас. Тоталитарлық қоғам қазақ философиясымен айналысамын деген азаматтардың осы мақсатта ұлттық ойлау жүйесін жандандыруға ұмтылғандарын да осындай бағалаулармен шектеп отырды. Міне осындай идеологиялық тұмшалаудың арқасында тарих сахнасында әртүрлі рухани тереңдіктердегі өздерінің даналыққа толы тұжырымдарын бұқара халыққа жеткізген ойшылдар шығармаларының мәтін түрінде қоғамда кең тарамай және ғылыми зерттеулер түрінде өз бағалауларын алмай ондаған жылдар бойы уақыт өткізгені белгілі.

Жалпы Шығыстың бай философиялық және әлеуметтік ойы, оның ішінде қазақ халқының философиялық-дүниетанымдық ойы батыстағыдай қалыптасқан жүйелерде емес, поэзияда, фольклорда, ауыз әдебиетінде, мифологияда, мақал-мәтелдерде, қанатты сөздерде жатыр. Адам

мен әлемнің ара-қатынасын, адамның өзін-өзі тануы, сөйтіп өзін басқаға танытуы, тұлғаның өмірдегі орны мен рөлін философиялық және этикалық тұрғыдан жан-жақты зерделеуге айрықша мән беру қазақ философиясының ерекше сипаты болып табылады. Бұл тұрғыдан келгенде қазақ философиясы – шығыстық философиядағы, ең алдымен, толық, рухани жағынан жетілген адам болу рухын қастерлеу мен зерделеу дәстүрін жалғастыра отырып, оны өзіндік мазмұнмен байытқан философия болып табылады. Осындай философиялық ойға бейім халық индустриалдық-инновациялық дамудың барлық салаларына үн қатарына күмән келтіруге болмайды. Осы орайда болашаққа арналған ғылымды дамытудың стратегиялық бағдарламасын жасаудың маңызы зор.

Қазақ халқының философиялық және әлеуметтік ойын зерттеуші ғалымдар осындай ерекшеліктерді ескеріп, ұлттық әдебиетті ұлттық философияның өмір сүру пошымы ретінде түсінгені, көркем әдебиет туындыларын салыстырмалы талдау әдісін қолдана отырып зерделегені, жеке тұлғалардың поэтикалық мұрасындағы философиялық мазмұнды ашып көрсету үшін оны философиялық ойлау құралдары көмегімен қайта саралағаны дұрыс болар еді. Енді міне, қазіргі уақытта жаңа заманның тарихи кезеңі келді, рухани дүние де демократиялана бастады, яғни ойлау еркіндігінің принциптері қоғамдық санада беки түсуде. Сөйтіп бұл басқа мәдени, саяси дәуір орыстың философиялық даналығының, қазақ халқының және басқа да халықтардың ой-тұжырымдарының тарих доңғалағының астында жоғалып кетпей олар халықтың рухының терең тамырларында бойлай орналасқанын, өмір сүргенін байқатты. Мәңгіге жабылған шығар, енді олар Ақиқат әлемінен орын теппес деген тарихтың “ақ таңдақтары” бірте-бірте ғылыми кеңістікте мамандар үшін ізденістер ауқымы, нысаны ретінде күн санап ашылу үстінде. Сол рухани күштердің, тарихи деректердің еркіндікке шығу кереметін, яғни басқаша айтқанда, халық рухының шабыттық асқақтауын қазіргі заманда өз көзімізбен көріп, оның куәсі болып отырмыз. Бұл құбылыстар шын мәнінде қазіргі тарихи кезеңнің дәуірлік, шынайы тарихи сипаттамасы болып табылады, этникалық жаңғыруымыздың бастамасы болары хақ.

Шынымен де егер қазіргі замандағы «шынайы» философияның өлшемі ретінде тек батыстық модельді алатын болсақ, онда оған ұқсамайтын, сәйкес келмейтін барлық ұлттық философиялар «философия» деп аталудан қалады. Олар неміс классикалық философиясындағыдай гносеологиялық және логикалық мазмұнның, теориялық құралдардың және категориялық безендірудің жоқ екенін желеу етеді. Бірақ бұндай дәйектеудің түп негізі күйреген. Өйткені әлемді рухани игеруде, зерделеуде қатып қалған бір ғана философиялық үлгі болуы мүмкін емес. Жалпы адамзаттың рухани әлемінде Ақиқатқа қарай ұмтылудың даналыққа толы пайымдаулары сан түрлі сипатта көрініс бермей ой-саналық даму туралы толыққанды сөз қозғалуы мүмкін емес екені анық. Сондықтан әрбір халықта өзіндік келбеті бар философия әлемі қалыптасқан және ол бар деген жөн. Олар болашақта әр қайсысы өз шамасы келгенше адамзаттың жалпы мәдениетіне шығармашылық тұрғыдан өз үлестерін қоса беретініне күмән келтіруге болмайды. Бұл ой тұжырымдарды толығымен кешегі түркілік заманнан бастау алған қазақ философиясына да байланысты айтуға болады.

Ал енді қазақ философиясының толыққанды зерттелуі үшін және оған қатысты ғылыми ізденістердің өрбуі үшін елімізде тәуелсіздік алған уақыттан бері қолайлы кезеңдер орнай бастағаны белгілі. ҚР БҒМ ҒК Философия, саясаттану және дінтану институтында қазақ философиясын зерттеуге арналған бөлімнің ашылуы бірнеше ұжымдық монографиялар шығарып, көптеген жас ғалымдардың қазақ философиясы бойынша диссертациялар қорғауына мұрындық болды, тәуелсіз Қазақстанның түкпір-түкпіріне гуманитарлық сала бойынша қажетті аса білікті кадр-мамандар дайындауға өзінің қомақты үлесін қосты.

Тарихтың қойнауында жатқан рухани мұраларымызды, тарихи тұлғаларымыздың есімдерін қайта жаңғыртуға талаптанған ғалымдарымыз көптеген тарихи кейіпкерлерді зерделеуден өткізеді. Қорқыт, әл-Фараби, Қожа Ахмет Ясауи, Ахмед Йүгінеки, Қашқари, Жүсіп Баласағұни, Асан қайғы, Қадырғали Жалайыри, қазақтың билері мен ақын-жыраулары, Махамбет, Шоқан, Абай, Шәкәрім, Ғұмар Қараш, Мағжан Жұмабаев, Мұхтар Әуезов және т.б. сияқты есімдердің философиялық мағынада халықтың жадында жандануына, өрбуіне өз еңбектерін сіңірді. Зерттеушілер өздерінің еңбектерінде қазақ халқының басқа халықтар сияқты философиялық ойлау жүйесі тарихи маңызды құбылыс ретінде қалыптасқанын үнемі ескертіп отырады. «Біз өзімізге этникалық тегіміз жағынан келсек, мың жылдан аса мәдениетіміз, тарихымыз, философиямыз бар халықпыз» деп тұжырымды халықтың әлем туралы образдары мен түсініктеріне қарап айтуға болады.

Қазақтардың түркілік дәуірі кезеңінде дәстүрлі дүниетанымы болғаны мамандарға белгілі. Міне сондықтан халықтың дүниетанымның семантикалық діндегі, онтологиялық тірегі ретінде «құт» ұғымы алынады. Шынымен де қазақтың ұлттық болмысында «құт» деген терең ұғыммен өмірдің барлық саласы байланыстырылады. Кез келген әлеуметтік немесе рухани құбылыстың мағыналық, мазмұндық, құндылықтық көрінісі жеке адам үшін немесе бүтіндей халық үшін құтты, қайырлы болмаса, онда оның өзіндік келбетінің әлеуметтік субъект үшін мәні де жоғалатыны анық. Бұл тұжырымдар өз кезегінде өткен тарихи кезеңдердегі және қазіргі таңдағы әлеуметтік үдеріске, әлеуметтік практикаға берілген жан-жақты және оңды аксиологиялық сипаттама болары сөзсіз.

Қазақтың ұлттық дәстүрінде материалдық құндылықтарды иеленуге ұмтылушылық сияқты әдеттерді халқымыз өзінің қоғамдық санасында дәріптемейтіні белгілі. Сондықтан да болар мұсылмандық дүниетаным арқылы келген «қанағат», «сабыр», «тәуба» сияқты терең мағыналы ұғымдар халқымыздың әлемді түсіну көзқарымына үйлесімді сіңісіп кеткені айқын көрінеді. Олар халықтың дүниетанымында диалектикалық, логикалық, экзистенциалдық түсініктердің қалыптасқандығын білдіретін әлемге қатынастардың болғанының дәлелі. Академик Ж.М. Әбділдин өзінің еңбектерінде қазақтың дәстүрлі қоғамы өзінің эволюциясында қазіргі заманауи қоғамның құндылықтарымен болмыстық, мағыналық деңгейде ұштасып жататынын барынша терең атап көрсеткенін байқаймыз[2].

Халқымыз адамзат тарихында моральдық-этикалық қалыптарды өзінің дүниетанымына негізгі арқау еткен этностардың қатарына жатады. Бұл жағынан алғанда сан ғасырлық дәстүрлі тарихы бар Шығыстың даналығын қордалаған қытайлықтардың құндылықтық бағдарларымен біршама ұқсастығымыз да бар деуге болады. Ал енді басқа халықтардың әлеуметтік тіршілігіндегі онтологиялық тіректі рухани дүниенің әртүрлі салаларынан анықтай біліп (жапондар эстетикадан, римдіктер құқықтан, гректер философиядан, парсылар поэзиядан және т.б.), басқа салаларды сол жүйені тұтастындыра құраушы элементтері ретінде қарастыруы шын мәнінде жалпы өмірдің терең құпиялы мәнін философиялық тұрғыда ашады.

Тікелей Қазақстан Президентінің бастамасымен елімізде 2004 жылдан 2011 жылға дейін жүзеге асырылған Мемлекеттік «Мәдени мұра» бағдарламасының философия мен психология салалары бойынша қомақты зерттеушілік істер тындырылды. Әсіресе зерттеушілеріміздің түркілік кезеңнен қазіргі уақытқа дейінгі философиялық ойдың тінін, мән-мағынасын кеңінен анықтауға тырысуы кейінгі ұрпаққа рухани пайдасын келтіретін орнықты қадам болып табылады. Шындығына келгенде түркілік бабаларымыздың даналыққа толы тұжырымдары тек қазақ халқы үшін ғана емес жалпы түркі тілдес халықтарға, одан кеңірек алсақ, адамзат баласына рухани бағдар болып табылады. Сонау Орхон-Енисей жазбалары мен Шәкәрімнің ар-ұят, ұждан философиясы аралығында игерілмеген, өзінің толық философиялық тұжырымдамасын жеткілікті деңгейде ала қоймаған дүниелер әлі де жеткілікті. Мәселен, халықтың діни сенімдері мен ұлттық менталитеті арасындағы өзара астарласу мәселесі өзінің тыңғылықты философиялық зерделеуін алуға тиісті проблемалардың қатарына жатады.

Қазақтың әлемді нақты қабылдауы батыстық үлгілерден айрықша принциптерге негізделген. Бұл да өзінше философиялық зерделеудің түрі. Ол даналықты жоғары қоюшы жүйе десе де болғандай. Ал қазақ халқының даналық тағылымдары аталған тарихи үлгіні, мәдени парадигманы сабақтастықпен жалғастырып келе жатқан бірегей мәдениет болып табылады. «Мәдени мұра» мемлекеттік бағдарламасы осы аталған тарихи ерекшелікті, ұлттық даралылығымызды барынша көрсетуге тырысты. Бұл бағдарлама қазіргі кезеңде жаңа сипатта «Ғылыми қазына» деген бағдарлама түрінде жалғасын табуы қуантады. Енді осы рухани жетістігімізді жастар арасында жақсылап бірнеше тілде кәсіби деңгейде насихаттап, ғылыми тұжырымдай алсақ нұр үстіне нұр болар еді, зияткерлік қадам болары анық.

ҚР БҒМ ҒК Философия және саясаттану институты Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындары өкілдерінің, еліміздегі білікті мамандардың зияткерлік күш-жігерін біріктіре отырып, «Ежелгі дәуірден бүгінгі күнге дейінгі қазақ халқының философиялық мұрасы» (20 томдық) топтамасын қалыптастырды. Бұл топтама ежелгі көшпелілер дүниетанымына арналған томнан басталады, әрі қарай келесі томдар әл-Фараби философиясына, Ислам философиясына, орта ғасырлық түркі ойшылдарына, қазақтың тарих философиясына, халық философиясына, ақын-жырауларының философиясына, би-шешендердің дүниетанымына, ағартушыларының философиясына, XX ғасырдың басындағы қазақ философиясына, оның этикасы мен эстетикасын

зерделеуге, Қазақстандағы кәсіби философияның әртүрлі қырларына және тәуелсіз Қазақстанның философиясын пайымдауға арналған.

Сонымен қатар 20 томдық «Әлемдік философиялық мұра» атты топтамада Ежелгі Шығыс және Антика философиясынан қазіргі заманның Батыстық постмодернистік философияға дейінгі аралықтағы философиялық туындылардың озық үлгілерінен үзінділер мемлекеттік тілге аударылып, қазақ тіліндегі философиялық сипаттағы ұғымдық әлеуеттің, дүниетанымдық ұстанымдардың көкжиегін кеңейте түсті. Енді қазақ тіліндегі оқырмандарға әлемдік деңгейдегі философиялық шығармалардың мазмұны жақындай түсті. Әл-Фарабидің «10 томдық шығармалар жинағы» мемлекеттік тілде дайындалып, қазіргі кезеңде барлық томдары жарық көрді. Айта кететін жағдай, әл-Фарабидің кейбір бұрын жарық көрмеген еңбектері алғашқы рет араб тілдерінен тікелей қазақ тіліне аударылып отыр. Бұл да жоғарыда аталғандар сияқты ғылымдағы инновацияның көрінісі десе де болады. Негізінен орыс тілді әдебиеттерден қалыптастырылған томдарға қоса аралық тілдің шеңберінен шығып, төлтумалық мәтіннен тәржімелеудің өзі ғылыми аударма ісіндегі назар аударарлық жаңашыл құбылыс болатын.

Енді осы материалдардың ғаламдық деңгейде насихатталуы, ақпараттық сипатта таралуы да маңызды мәселе екені анық. Міне осыған орай болашақта 3 томдық «Қазақ философиясы» кітабының топтамасы дайындалып, ол алғашқы рет ағылшын тілінде жарық көргені абзал. «Қазақ философиясы» атты энциклопедиялық анықтамалық пен қазақ тіліндегі философиялық сөздіктің дайындалуы өмір қажеттілігі болып отыр. Осы істерге қазақ тіліндегі мемлекеттік «Ғылыми қазына» бағдарламасы өз септігін тигізеді деген үміттеміз. Дегенмен осындай мағынадағы жұмыстардың уақытылы атқарылуы қазақ халқының рухани әлемінің деңгейін жас ұрпаққа толығырақ таныстыруға септігін тигізеді анық.

Бұл әрекеттер мемлекеттік тілдегі философияның сөйлеу аясын кеңейтіп қана қоймай, ол сонымен қатар оның әлемдік деңгейдегі оқу процесіне тікелей ықпалдасуға мүмкіндіктерді ашуға және еңбектерді әлемдік деңгейде насихаттаудың жарқын көрінісі болары анық. Қордаланған материалдарды сұрыптау – осылайша ғылыми жұмыстардың өркениетті елдердегі деңгейіне сәйкес шынайылық пен объективтіліктің өлшемдеріне төтеп бере алады. Бұл дүниежүзілік зияткерлік кеңістіктегі бәсекелестікке үйренудің өзіндік көріністері болып табылады. Біз өзіміздің еңбектерімізді жарыққа шығарып, жұртшылыққа таныта бастамасақ ұлттық сана бұйығылық ауқымда қала береді. Ал өркениеттілікке үйренудің бір қыры – мәдениетаралық сұқбатқа әр уақытта дайын болу және үнемі соған ұмтылу екені белгілі.

Біз жаһандану заманындағы бәсекелестікке төтеп бере алуымыз үшін халықаралық деңгейге сәйкес келетін рухани жетістіктерімізді әлеуметке ұсына беруіміз керек. Ол өз кезегінде әртүрлі деңгейдегі оқу процесінде пайдаланылуға тиіс. Егер интернеттегі веб-сайтта қазақ халқының философиялық мұрасы қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде орналасса, онда қазіргі заманның озық технологиясын халқымыздың рухани әлемін жандандыруға мейлінше қолданғанымыз. Әрине интернетпен барлық жұмыс шектелмейді. Қордаланған еңбектер негізінде оқулықтар мен хрестоматиялар кейпінде жоғары оқу орындары үшін шығарылғаны абзал. Ол үшін арнайы топтар құрылып, елеулі қаржылар бөлінгені де жөн. Барлық деңгейдегі оқу орындарында арнаулы «Мәдени мұра» мүйісі жасақталып, олардағы кітапханаларда белгілі бір арнаулы көрмелер ұйымдастырылғаны тиімді. Міне сонда ғана көптеген жылдар бойы жасалған еңбектің өзіндік жемісі айқындалады, белгілі бір практикалық қыры ашылады.

Қазақстанның барлық түкпірлеріндегі қалың оқырманға, әсіресе, жоғары оқу орындарына «Мәдени мұра» мемлекеттік бағдарламасының өнімдерін жеткізуді, оларды кеңінен насихаттауды ғалымдар мен гуманитарлық саланың мамандары өз қолына алғаны жөн. Әрбір ұлт өзінің мәдени мұрасын жоғары деңгейде қадірлеген сайын ол әлемдік жұртшылық алдындағы, Ұлы адамзат тарихы алдындағы мәртебесін биіктете түседі. Сөйтіп ол руханияты мен мәдениеті жоғары халықтың қатарына қосылады. Халықтың рухани әлеміне, рухани құндылықтарына барынша толыққанды көңіл бөлгенімізден ешқашан да ұтылмаймыз. Бұл тұрғыдан алғанда, көрші жатқан Ресей мен Түркия елінің рухани тәжірибесінен үлгі алуға тиістіміз. Осындай тарихи қадамдардың арқасында халқымыз өзінің мемлекеттік тілдегі білімін жетілдіре түсетіні анық. Орталық Азияда алғашқы рет көлемді жүзеге асып отырған осы үлкен мемлекеттік бағдарлама аяқсыз қалмасын десек, оның нәтижесі қомақты болсын десек, онда оның жастардың жүрегі мен санасына толықтай жетуін мемлекеттік органдар болып, тұтастай әлеумет болып қолдауға тырысуымыз қажет деген

ойдамыз.

Қазіргі кезеңде ғалымдармыз еліміздегі философияның болашақта тереңірек зерттеуге тиісті мәселелер қатарына – руханилық, құндылықтар, өзара түсінісу, сұхбаттасу мәселелерін алға тартады. Шынымен де қоғамдағы орнықтылық пен тұрақтылықты сақтауды алдымен ойласақ, онда әрбір азаматқа төзімділік, сабырлылық, сыйластық сияқты қасиеттердің қажеттігі туындайды. Ал соңғылары адамның бойында шынайы руханилық, рухани құндылықтар дәріптеліп, олар асқақтатыла бастаған кезеңнен бастап қалыптаса бастайды. Міне осындай философиялық маңыздылықтардың, құрылымдардың арқасында тәуелсіз елдің жаңа философиялық келбеті орнығары анық. Өзіндік философиясын білдіретін халық біршама есейген қауымдастық болғаны болып табылады.

Жоғарыдағы аталған мәселелер біздің халқымыздың сан ғасырлар бойы әртүрлі діни сенімдерді өзіне бағдар етіп алған тарихын білуге итермелейді. Әсіресе Х ғасырдан бері Қазақстан аумағына кеңінен тарай бастаған ислам дінінің құндылықтарымен руханияттың дамуы тікелей байланысты екені белгілі. Осы орайда зерттеушілеріміздің бірнеше еңбектері еліміздегі ислам философиясының қалыптасуына арналғанын атап өтуге болады. Ол еңбектердің негізгі арқауы болған идея әрбір халықтың дүниетанымды таңдау еркіндігінің бар екендігін дәлелдеу болып табылады. Шынымен де қазақ философиясының этикалық принципке жүгінетін бағдары мұсылмандық қалыптармен қайшы келмейді, керісінше, олар бір-бірін барынша толықтыратындығы белгілі. Сол діни ұстанымдарды ту етіп ұстап азаматтар Қазақстан халқының ішіне конфессияаралық іріткі тудырумен айналыспауы керек. Сондықтан діннің саясаттан, мемлекеттік істерден алысырақ болып, жеке адамның дүниетанымдық жүйесінде өзінің конструктивті, пайдалы қызметін атқарғаны абзал. Абай айтқандай, дінге сенудегі шынайылық қана өзінің рухани нәтижесін беріп, адамды Ақиқатқа жақындата түсері анық. Осы идеяның өзі әрдайым өзінің жаңашылдығын үнемі дәлелдеумен келеді.

Жалпы исламның дүниетанымдық көпқырлылығы, әсіресе, адамгершілік мәселелері исламның қазақ даласына енген алғашқы және одан кейінгі тарихи кезеңдерінде Даланың ұлы дана ойшылдарының философиялық тұжырымдарынан да көрініс тапты. Біздің ойымызша, исламның ерекше мәдени жетістігін және оның диалог пен түсіністікке негізделген әлем мәдениетінің айнасы атанған қағидағарын түсінген атақты жерлес бабамыз, өз заманында ғылымға жан-жақты ойшылдығымен танылған Әбу Насыр әл-Фараби және оның ізбасарлары. Қазақ даласының пірі, данагөйі, барша түркі елінің тәлімгері әрі ұстазы Қожа Ахмет Ясауи, ұлы ойшыл және әлем мәдениетінің данышпаны Абай мен оның ізбасары, ойшыл Шәкәрім шығармаларына жүгінуге арқылы халқымыздың ұлттық діліне жақын адамгершілік философияның әлемін ашуға болады.

Қазақ халқының философиялық мәдениетіне мән беріп, назар аударған ғалымдардың көбісі халықтың дәстүрлі дүниетанымында “көркем образдар” ғаламы үстемдік ететінін байқайды. Шынымен де қазақтар әлемді ұғымдық мағынада шегелеп көрсетуден гөрі, оны көркем бейнелермен астарлап өрнектегенді қалап келген халықтардың қатарына жатады. Осындай жағдайлары қазірге кезеңде байқалып қалады. Оның бұл ерекшелігі оның мұқататын кемшілігі болып есептелмейді, керісінше, ақынжанды халықтың арманшылдығын, ақкөңілділігін және даналығын білдіреді. Дегенмен сан ғасырлар бойы ділге әсер еткен ауыр әлеуметтік психологиялық соққылар мен саяси қыспақтар бұл өзіндік санадағы ерекшелікті біршама көмескілеп, тұмшалап тастағаны байқалады.

Ал қазіргі кезеңде жаһандану процестері алып келген сұрықсыздық, тұтынушылық психологиясы мен дарашылдық, өзіншілдік философиясы қазіргі замандасымыздың, қандасымыздың санасына енбей қоймайды. Міне сондықтан бұрынғы кісілікті, ізгілікті, қайырымдылықты, құтты бәрінен жоғары қоятын халықтың санасы өзгерістерге, яғни трансформацияға ұшырауда. Сөйтіп жаңа тұрпайы материалистік, прагматистік, тіпті, утилитаристік сипаттағы құндылықтар жүйесі қоғамдық санада беки түсуде. Бұндай теріс мағынадағы процестер Жер бетіндегі барлық халықтардың тағдырына қатысты екені байқалады. Қазақтар сол тұтастықтың бір бөлігі. Осыған орай қазақ халқының тағдыры абстрактілі мәселе емес, ол сол халықтың әрбір өкілінің бақытты өмірімен, дүниетанымымен астасып жататынын айтуға болады. Ал әрбір тұлға бақытты болуы үшін халықтың ғасырлар бойы қордаланған даналыққа толы рухани байлығын игеруі тиіс және әлеуметтің әрбір ғылыми мәселесін жан-жақты зерделеу мамандық бойынша әріптестеріміздің қасиетті парызы.

«Қазақ даласының ойшылдары» атты көптомдық жинақ бірнеше жылдар бұрын институт ғалымдарының еңбегі нәтижесінде жарық көрген еді. Өкінішке қарай, кезінде бұл топтамадағы материалдардың Қазақстан Республикасының зияткерлі кеңістігі көлемінде кеңінен таралмады, баспа таралымының аздығынан студенттердің қолына жете қоймады. Міне осындай мәселелер ізденушілерді жаңа пәрменді жұмыстарға, зерттеулерге итермелейді. Қазақ философиясы тарихының мазмұнды тұстарын баяндаудағы аталған олқылықтарды кәсіби деңгейде жою мақсатында, сонымен қатар қазақ философиясының қыры мен сырын белгілі бір теориялық жүйеге келтіру үшін ғалымдар тарапынан әлі де көптеген тер төгілуі керек. Бұл жұмыстың бір сәттік әрекеттермен бітпейтіндігі бесенеден белгілі. Бізге орыс ағайындардың өздерінің тарихта қордаланған философиялық байлығын жинақтап, «орыс философиясы» деген ұғымды толыққанды ғылыми айналымға қосқандығы үлгі болуы тиіс.

Ғалымдарымыздың болашақтағы ізденістерінің негізгі мақсаты – қазақ философиясының көп ғасырлық тарихында орын алған дүниетанымдық эмбебаптар мен рухани құндылықтарға ғылыми түсініктемелердің көкжиегін кеңейту, оқушы қауымды зияткерлік сұхбатқа шақыру, жас ұрпақты шығармашылыққа баулу болып табылады. Жетілген ұлт болудың бірден-бір жолы жан-жақты терең ойлай білетін, кез келген күрделі мәселені зерделей алатын қауымдастықты тәрбиелеу, әлеуметтің рухани деңгейін асқақтатып, әлем туралы пайымдаулардың тұтынушы қоғам ғана деңгейінде қалып қоймауды ескеру болып табылады.

Жалпы философияның өзі адамдардың дұрыс ойлау мәдениетін қалыптастыруға бағытталған ілім. Оның құрылымынан догмалық түрде қатып қалған көзқарастарды, түсініктерді іздеу жаңсақтық. Ол үнемі ағып жатқан өзендей жаңғырып отыруы тиіс. Тек тоталитарлық қоғамда ғана философияның аясы тарылып, белгілі бір идеологиялық қалыптардың ауқымдарымен шектеліп отырылады. Әрине ол дегеніңіз белгілі бір іргелі ұғымдар болмайды деген сөз емес. Қазақ дүниетанымы үшін ондай базалық негіз болған эмбебап ұғымдар бар екені белгілі. Мәселен, қазақтың дүниетанымдық әлемі этикалық принциптерді негізінен адамаралық қатынастарда өзектеп, биікке шығарып, оны барлық бағдарлардан жоғары қоятындығы атап көрсетіледі және осы ұстаным зерттеулердің басымдылық танытатын методологиялық қағидасына айналған.

Әрбір этникалық мәдениет қазіргі кезеңде өзінің төлтумалық мәдениетін сақтау үшін ұлттық бірегейлігін, даралылығын білдіретін құндылықтар жүйесіне көңіл аударуда, сондықтан оны сақтауға, әрі қарай дамытуға тырысуда. Шығыстық ділге сәйкес келетін ерекшеліктер мен Батыстық өркениеттік сипаттардың жетістіктерін синтездеу арқылы еліміздің өзгешелігіне сай келетін ұлттық идеяны, құндылықтық бағдарды анықтау мәселесі тұр. Бұл мақсатқа қоғамды іштей біріктіру, топтастыру, ешкімді көзқарасына қарап алаламау, сөйтіп, әрбір адамның Әлемдегі өзіндік құндылығын бағалау, асқақтату сияқты теориялық іргетастарға әлеуметтік қатынастар негізделген жағдайда ғана қол жеткізуге болады.

Қазіргі кезеңде Қазақстан өзінің сан-салалы болашағын анықтау үстінде, сонымен бірге әрбір қазақстандықтың көңілінде жатқан көптеген сұрақтардың шешімі табыла бастауы мүмкін. Соның бірі еліміздің индустриалды-инновациялық стратегиясы мәселесі. Экономиканы, әлеуметтік мәселелерді бір жүйеге келтіру арқылы қоғамға тиімді рухани құндылықтар жүйесін қалыптастыруға болады деген үстірт пікір. Ал енді осы мәселеге орай экономист ғалымдарымыз адам әлеуеті, экономикадағы адам факторы мәселесіне нақты көңіл бөле бастағаны байқалады[3].

Себебі, руханилық қолайлылықтан туындамайды, экономикалық дамусыз рухани әлем де үйлесімді бола алмайды. Керісінше ол қиындықты адамдар жұмыла отырып бірге жеңе білуге үйрену, ешкімді шыққан тегі мен түр-түсіне, өмір сүру салтына қарамай шеттетпеуден басталады. Ал руханилық орныға бастаған қоғамда құндылықтар әлемі өзінің нағыз шынайы бейнесінде, өз формасында болмысын көрсетеді және адам үшін қызмет етеді, жеке тұлғаны бақыттылыққа жеткізеді. Қазақ ойшылдарының шығармашылығында осындай бағыттағы даналық үлгілері көптеп кездеседі.

Тарихи процестің бірлігін қамтамасыз ететін, рухани сабақтастыққа, ынтымақтастыққа негіз болатын рухани құндылықтар еркіндік пен шығармашылықтың, қайырымдылық пен ізгіліктің арқасында қалыптасады және дамиды. Адамның әлемге қатынасын айқындаушы факторлар Ақиқаттың заңдылығымен, оның үйлесімділік толы ұстанымдарымен астасып жатады. Ал енді бір кезеңдердің өткен көшпелі мәдениетке сай құндылықтар жүйесі өзінің ділінде адамның табиғатпен үйлесімділігін дәріптеумен ерекшеленеді. Дәстүрлі қоғамның рухани құндылықтары көбінесе

адамды тұрақтылыққа, әсемдікке жетелейді, оның бойындағы бояулар нәзік лирикамен көмкерілген, техногендік прагматизмнен, утилитаризмнен алыстау болып келеді. Сондықтан қазіргі заманның өркениетті бағдарлары, нанотехнологияға бет бұрған индустриалды дамуы дәстүрлі қоғамның рухани байлығын тұтастай жоққа шығармауы тиіс, оны тиісті жерінде пайдалана білгені жөн.

Жаһандану заманында Қазақстандағы қазіргі философияның алдында жаңа әлеуметтік және саяси шындықтың күрделі мағынасын ашу, өтпелі кезеңнің қайшылықтары мен ерекшеліктерін анықтау, тәуелсіз Қазақстанның өркениетті отыз ел қатарына кіруінің мәдени-тарихи алғы-шарттарын байыптау сияқты қиын да күрделі міндеттер тұр. Жаңа философиялық білім беру, ғылыми-техникалық, ұлттық және мәдени саясатты қалыптастыру мәселелері сананың азаматтық қоғам мен нарықтық экономиканың құндылықтарына бағдар ұстануын қажет етеді. Жаңа құндылықтарға бағдар ұстану Қазақстан дамуының демократиялық жолмен өрбуіне, әлеуметтік қатынастардың қоғамды біріктіре түсетін құрылысқа айналуына негіз бола алады. Бұл этносаралық және конфессияаралық келісімнің, әлеуметтік және саяси тұрақтылықтың республикада нығая түсуіне ықпал етеді.

Ал енді ұлттық қауіпсіздіктің қайнар көзі болатын Қазақстан халқының рухани бірлігі мәселесі осы ұлттық философияның қалыптасуы мен дамуы, яғни халқымыздың руханиятының үйлесімді өрбуі құбылыстарымен тікелей астасып жатады. Халқымыздың этнофилософиясының мазмұнды тұстарын жақсы көрсете білген сайын ұлтымыздың рухани әлемі байи түседі. Ол өз кезегінде еліміздегі әрбір азаматтың жеке дүниетанымына сапалы өзгерістер әкеліп, оларды даналық әлеміне де жақындата түседі. Елбасымыз бұл бағыттағы іс-шаралардың орнықты жүзеге асуына мүдделі және ол өзінің қомақты үлесін қосуда деген баға беруге болады.

Жалпы қоғамдағы дағдарысты процестерді жеңудің тереңінде қоғамдағы рухани тіректерді, негіздерді нығайту проблемасы тұрады. Сондықтан ұлттың философияның жасампаз, руханиланған даналық әлемін көркейте түскен сайын еліміздегі өркениетті және орнықты дамудың іргетасын нығайта түсеміз, әрбір құбылыстың және нақты әрекеттің терең мағынасын анықтай аламыз. Бұл жағдай тәуелсіздіктің барлық қырларын бекітіп жатқан еліміз үшін маңызды. Қазіргі заманда қазақ философиясы ауқымында қалыптасқан идеялар мен түсініктердің дамуы маңызды және олар еліміздің рухани әлемінің ғаламдық инновациялық даму бәсекелестігіне түсе алатындай мүмкіндіктер ашады.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Nazarbaev N.A. Life in story. – Almaty: Atamura, 1999. P. – 296
- 2 Abdildin Zh.M. Great steppe and the worldview of the traditional Kazakh // Abdildin Zh. Collected works in five volumes. Volume V. Almaty: Oner, 2001, P. – 455 (P. 395-407)
- 3 Koshanov A.K. Industrial-innovation strategy and growth. Almaty: "Khazygurt baspasy" 2012. P. – 384

#### REFERENCES

- 1 Nazarbaev N.A. Life in story. – Almaty: Atamura, 1999. P. – 296
- 2 Abdildin Zh.M. Great steppe and the worldview of the traditional Kazakh // Abdildin Zh. Collected works in five volumes. Volume V. Almaty: Oner, 2001, P. – 455 (P. 395-407)
- 3 Koshanov A.K. Industrial-innovation strategy and growth. Almaty: "Khazygurt baspasy" 2012. P. – 384

#### Резюме

*Қ.Ұ. Әлжан, С.Е. Нұрмұратов*

(Институт философии, политологии и религиоведения)

#### ДУХОВНЫЕ ОСНОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНО-ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

В научной статье раскрываются духовные основания индустриально-инновационного развития Казахстана в рамках социально-экономической модернизации. Определяются место и роль феномена духовного единства в казахстанском обществе. Рассматривается онтологическое основание казахской философской мысли в историко-философском контексте.

**Ключевые слова:** человек, развитие, духовности, общество, менталитет, язык, мировоззрение, культура, философия, история, ценности, гуманизм.

### **Summary**

*Kh.U. Alzhan , S.E. Nurmuratov*

(Institute of Philosophy, Political Science and Religious Studies)

#### SPIRITUALS FOUNDATION IN INDUSTRIAL AND INNOVATION DEVELOPMENT

In a scientific article the spiritual foundation of industrial-innovation development of Kazakhstan in the context of social-economic modernization. The place and role of the phenomenon of spiritual unity in Kazakh society. The ontological foundation of the Kazakh philosophical thought in historical and philosophical context.

**Key words:** human, development, spirituality, society, mentality, language, ideology, culture, philosophy, history, values, humanism.

*Поступила 28.01.2013 г.*

УДК: 323+327.5 (575.2)

Ч.Д. ДУЙШЕНАЛИЕВ

(Институт Гуманитарных знаний КГУ им. И.Арабаева г. Бишкек Кыргызская Республика)

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### Аннотация

Анализируются различные подходы определения понятия об экологии. Рассматриваются тенденции современного формирования экологии в контексте экологической безопасности, экологической ситуации в их применении.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, государственная политика, экологическая обстановка, экологический капитал, экологическое образование.

**Кілт сөздөр:** экологиялык кауіпсіздік, мемлекеттік саясат, экологиялык ахуал, экологиялык капитал, экологиялык білім беру.

**Key words:** environmental security, public policy, environmental conditions, environmental capital, environmental education.

Устойчивое развитие, высокое качество жизни и здоровья населения, а также национальная безопасность могут быть обеспечены только при условии сохранения природных экосистем и поддержания соответствующего качества окружающей среды страны. Для этого необходимо формирование и последовательная реализация единой комплексной государственной политики в области экологического образования и охраны окружающей среды.

Проблема охраны окружающей среды была включена в повестку дня мировой политики более 30 лет назад на конференции ООН в Стокгольме, где была учреждена UN EP - программа ООН по окружающей среде. Однако в мировом сообществе не было достигнуто полной общности в понимании приоритетности решения экологических задач, а достижение экономического роста осуществлялось за счет интенсивного использования природных ресурсов. Другими словами, чем динамичнее развивалась страна, тем больше ущерба приносила ее экономика окружающей среде, и тем ярче была выражена экологическая неустойчивость мирового развития.

Экологические проблемы в Кыргызстане (да и во всей Центральной Азии) тесно перекликаются с глобальными, напрямую связаны с экономическими, и при всем их многообразии и специфике для каждой страны, имеют общие корни. При этом решаются они в соответствии с экономическими потребностями и возможностями различных стран региона. Например, Таджикистан и Кыргызстан испытывают переизбыток водных ресурсов, и перед ними стоит проблема использования их для обеспечения своей энергонезависимости. Общая экологическая обстановка в ЦЛР характеризуется существенными нарушениями природной среды, что оборачивается полной или частичной утратой естественных ресурсов, снижением продуктивности природных ландшафтов, истощением водных систем, почв, загрязнением и ухудшением качества среды обитания человека.

Складывающаяся в регионе экологическая ситуация не может не отражаться на состоянии здоровья населения и сопровождается экономическими потерями, поэтому *экологическая безопасность - одна из стратегических задач государств региона*, особенно, если экологическую безопасность понимать в полном объеме, как обеспеченность нормальных условий проживания населения и условий устойчивого благосостояния, обусловленного ресурсной базой.

Именно поэтому мы можем говорить о региональной общности как экологических проблем Центрально-Азиатского региона в целом, так и проблем экологического образования и просвещения.

Одна из причин общего ухудшения экологической обстановки - *недостаточный или низкий уровень экологических знаний населения*, в т.ч. специалистов управленческих структур, работников

производственной сферы различных отраслей хозяйства, связанных с природопользованием. Экологические проблемы должны предупреждаться на стадии принятия управленческих решений, в противном случае, общество обречено на борьбу не с причинами, а со следствиями их возникновения.

Экологическое образование и воспитание тесно связаны с общественными, производственными, межличностными и семейными отношениями и должны охватывать все формы сознания - обыденное, научное, нравственное, философское, эстетическое, коллективное.

*Эффективная система экологического образования* - один из основных инструментов обеспечения устойчивого развития экономики и общества. *Принципы устойчивого развития, как известно*, предусматривают сохранение и передачу будущим поколениям определенных запасов экологического капитала: плодородного слоя почвы, чистого воздуха, предсказуемого климата, озонового слоя, генетического биоразнообразия. Это возможно при всемерном стимулировании эффективных высокотехнологичных отраслей хозяйства, что в значительной степени определяется качеством экологической подготовки специалистов всех сфер природопользования и административного управления.

Повестка дня на 21-й век рассматривает образование не как самоцель, а скорее, как основной механизм изменения знаний, ценностей, поведения и образа жизни, что необходимо для обеспечения устойчивости. Кроме того, образование считается основополагающим правом человека.

Разработка Комиссией устойчивого развития (КУР) ООН в 1996 году специальной программы в области образования явилась определяющим фактором в выработке приоритетов образовательных мероприятий. С тех пор достигнут значительный прогресс в распространении нового взгляда на образование и информирование общественности в качестве основного механизма обеспечения устойчивого развития. Последствия нового взгляда на «образование в интересах устойчивого развития» для систем официального обучения являются серьезным испытанием и сопряжены с переосмыслением значения систем формального образования, которые больше не считаются приемлемыми для удовлетворения потребностей общества и производства.

Экологическое образование - особая образовательная область, признанная реализовать идеи становящегося ныне информационно-экологического общества, в котором высшей ценностью будут жизнь человека на Земле, предпосылки и условия ее сохранения, интересы и потребности не только здравствующих, но и будущих поколений. *Цели, задачи и социальная значимость экологического образования* определяют его особый статус. Рассмотрим некоторые основные понятия и термины, касающиеся экологического образования и воспитания, которые будут использованы в обзоре в дальнейшем.

*По экологическим образованием* понимается непрерывный процесс обучения, воспитания и развития личности, направленный на формирование системы научных и практических знаний и умений, а также ценностных ориентаций, поведения и деятельности в сфере охраны окружающей среды, устойчивого природопользования и потребления, формирование экологического образа жизни.

*Система экологического образования* - достаточная для реализации целей и задач непрерывного экологического образования совокупность необходимых и взаимодействующих организационных форм, включающая инфраструктуру экологического образования, управления, кадрового обеспечения, нормативно-правовое, научно-методическое и экономическое регулирование.

*Стратегия экологического образования* - система приоритетных целей, идей, принципов, составляющая основу государственной политики в области экологического образования и определяющая основные направления ее реализации, экологизации образа жизни человека, формирования экологической культуры, глубокого понимания необходимости изменений не только общественного сознания в сфере взаимодействия «человек - природа», «общество - природа», но и выбора путей дальнейшего технико-технологического развития страны.

*Экологическая культура* наследуемый опыт жизнедеятельности человека в его взаимодействии с окружающей природной средой, способствующий здоровому образу жизни, устойчивому социально-экономическому развитию, экологической безопасности страны и каждого человека.

*Государственной нормой* образованности, отражающей общественный идеал, становится

экологическая ответственность каждого человека. *Экологическая ответственность* означает понимание человеком своей меры свободы в отношении с окружающей средой, границы которой определяются законами устойчивости и саморегуляции природных систем.

*Содержательной основой* экологического образования являются экологические предметы, которые охватывают вопросы существования жизни на Земле и устойчивого развития человечества. Объекты их изучения - системы, носящие биоцентрический и антропоцентрический характер. Системы такого рода обеспечивают существование, самоорганизацию и развитие живой природы, человека и общества; испытывают серьезный антропогенный и техногенный пресс; требуют участия каждого жителя планеты в оптимизации экологических взаимодействий.

*Общеобразовательная область «Экология»* содержательно раскрывает сложные взаимодействия разных видов: эколого-биологическое, эколого-биосферные, социально-экологические, антропоэкологические, геоэкологические. Каждое из этих взаимодействий имеет относительную самостоятельность, составляет содержание сквозных образовательных линий, которые определяют формирующееся экологическое мировоззрение (знания, убеждения, взгляды) учащегося как органической составной части его общего миропонимания

Система экологического образования в странах ЦАР координируется и регулируется главным образом министерствами образования и министерствами охраны окружающей среды, что говорит об общности подходов и принципов. Однако в каждой стране есть и свои особенности и наработки к решению проблем экологического образования и просвещения. Результаты работы в этом направлении во многом зависят как от совершенства законодательной базы в странах, так и от уровня взаимодействия ответственных министерств и ведомств между собой, а также связей с научными, учебными, общественными, неправительственными и международными организациями, работающими в этой сфере, и скоординированности всей работы в области экологического образования на национальных уровнях.

В 1999 году завершилось десятилетие (1989-1999 гг.), объявленное ООН десятилетием всеобщего образования в области охраны окружающей среды. Действующие на территории Центральной Азии международные организации, частные и государственные донорские агентства, такие как ООН, ОБСЕ, Американское агентство по Международному развитию (USAID), Канадский фонд местных инициатив, ISAR (США), фонд Евразия, фонд охраны дикой природы WWF, IUCN -Международный союз охраны природы. ГЭФ, Международный банк реконструкции и развития и ряд других, оказали большое содействие в развитии экообразования в регионе. Активная деятельность НПО привлекает в страны дополнительные ресурсы международных организаций и благотворительных фондов. Наряду с грантами развивается горизонтальное международное сотрудничество с родственными зарубежными НПО.

Исходя из вышесказанного можно выделить целый ряд проблем. Одним из самых серьезных вопросов в развитии экологического образования остается разница в понимании сути экологического образования между представителями государственной системы образования и общественными организациями. Если государственная система образования в лице Министерства образования зачастую до сих пор отождествляет словосочетание "экологическое образование" с наукой "экология", то специалисты из НПО, получившие большой доступ к мировому опыту работ в данном направлении, расшифровывают это понятие скорее как "энвиронментальное образование" или образование для окружающей среды. Соответственно, в первом случае акцент делается на познавательную часть (закономерности и принципы), а во втором на привитие (учет и закрепление) соответствующих понятий, навыков и моделей поведения.

К сожалению, пока нельзя сказать, что в регионе разработана современная модель непрерывного экологического образования и воспитания на всех ее ступенях. Так *в сфере начального, или дошкольного образования* ощущается острый дефицит методических разработок для данной возрастной группы, недостаток научно-популярной литературы, современных средств видео- и аудио сопровождения образовательных программ, остро чувствуется отсутствие целенаправленной поддержки со стороны государства и общественности.

До сих пор не только в Кыргызстане но и ни в одной из стран региона нет сквозной программы по экологическому образованию, которая охватывала бы все возрастные группы. Эксперты указывают на отсутствие структурированной информации по вопросам биоразнообразия и экологической ситуации в республиках. Школьные курсы среднего звена - природоведение (4-5

классы), ботаника и зоология (6-8 классы), являющиеся основными образовательными курсами в странах Центральной Азии, в которых есть хотя бы элемент образования для окружающей среды, в основном посвящены знакомству школьников с животным и растительным миром. При этом они не ориентируют детей в должном направлении, а дают лишь отчужденные знания о систематических группах животных, в то время как дети в своей жизнедеятельности не сталкиваются со многими из этих групп животных. А знания о флоре и фауне своей страны, а тем более о видах, которые следует охранять и бережно к ним относиться, зачастую практически отсутствуют. Учебники и учебные пособия, сохранившиеся с советских времен, не отражают специфику животного мира и экологической ситуации Центральной Азии.

Практически повсеместно задерживается введение специальной дисциплины «Экология» в школьные программы в качестве отдельного, полноценного курса. Низок и уровень интеграции экологических знаний в другие предметы системы среднего образования. Проблемной остается ситуация с подготовкой и переподготовкой квалифицированных кадров для ведения систематической работы в плане экообразования. Другой немаловажной проблемой является подготовка соответствующих специалистов педагогического профиля. Несмотря на то, что в некоторых странах эта работа ведется, процент трудоустройства крайне невелик, например, в Кыргызстане только 8 % выпускников ВУЗов имеющих соответствующую подготовку, сумели устроиться по специальности, что в свою очередь, вызвано тем, что нет законодательным образом закрепленного обязательного предмета в государственной системе образования. Недостаточно используется опыт школьных учителей-новаторов по экологическому воспитанию и образованию. Ограничен доступ к современным формам и методам экологического образования, имеющиеся программы не достаточно интерактивны, и зачастую не учитывают экологическую, экономическую и социальную специфику тех стран, в которых они внедрены.

Важным остается и вопрос создания образовательных материалов на национальных языках стран Центральной Азии и отсутствие компьютеризации школьных экологических программ.

Проблемы	Решение проблемы	Предполагаемая деятельность —1
- слабая связь между НПО и гос. структурами;		семинар-конференция для НПО и госструктур;
отсутствие практики у НПО в формировании госполитики;		PR-кампания по ЭО;
отсутствие сквозного ЭО на гос. уровне;		поиск средств на «Закон КРоб ЭО»;
информационная изолированность	создание виртуальной сети НПО по ЭО	создание банка программ и методик.
Отсутствие учебной базы (учебников, методических пособий, лабораторного оборудования, наглядных пособий, экокарт), т.е. комплексной программы		создание комплексной программы; - издательская продукция на 2-х языках (кырг., рус.); - участие в программе «Мобильные консультанты» и др.
Отсутствие летних экологических университетов	Создание летних экологических университетов	- проведение конференции для учителей экологии Кыргызстана, (можно и в Центральной Азии)
Отсутствие сети ЭО НПО	Реализация проекта «ЭкоСеть»	письма-обращения секции ЭО ЭФ к донорским организациям и финансовому институту Кыргызстана; заключение договора с Кыргызпочтой о доступе к Internet - привлечение ЭО НПО

Хотя экологическое образование и является частью общей системы образования, однако необходима разработка специальных мер, обеспечивающих создание нормативно-правовых, организационных, научных, учебно-методических, информационных, материально-технических компонентов ее развития. Необходимо оказать всемерную поддержку неправительственным

организациям, специализирующимся в данном направлении, так как именно НПО являются инициаторами создания и внедрения инновационных и альтернативных методик и программ. К реализации экологических программ, проектов следует шире привлекать все слои общественности, включая молодежные организации, женские движения, местные сельские общины.

Все эти задачи могут быть решены только при условии тесного сотрудничества и готовности к диалогу всех вовлеченных и заинтересованных сторон, открытости, обмену информацией и методическими материалами, как на национальных уровнях - при координации министерств образования и охраны природы, так и на региональном уровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лаптьев И.Д. Экологические проблемы современности. М.: Мысль, 1982.
- 2 Назаренко В.М. Будущее экологического образования // Экология и жизнь. 1997. №2,3.
- 3 Абрамян Э.А. Экологическое образование должно быть непрерывным. // М.: Экология и жизнь. 1998. №3.
- 4 Олейников Ю.В. Экологические альтернативы. М.: Наука. 1987.

#### REFERENCES

- 1 Laptev I.D. Environmental problems of our time. M.: Mysl, 1982.
- 2 Nazarenko V.M. The future of ecological education // Ecology and life. 1997. № 2,3.
- 3 Abramian E.A. Environmental education should be continuous. // M.: Ecology and life. 1998. № 3.
- 4 Oleynikov Yu.V. Ecological alternatives. M.: Science. 1987.

#### Резюме

*Ч. Д. Дүйшеналиев*

(И.Арабаев атындағы ҚМУ Гуманитарлық білім институты, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы)

#### ҚЫРҒЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК МӘНМӘТІНІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ

Экология туралы түсінікті анықтаудың әртүрлі тәсілдері талданған. Қазіргі заманғы экологиялық қалыптасу үрдістерінің экологиялық қауіпсіздік, экологиялық ахуалдар мәнмәтінінде қолданылуы қарастырылған.

**Кілт сөздер:** экологиялық қауіпсіздік, мемлекеттік саясат, экологиялық ахуал, экологиялық капитал, экологиялық білім беру.

#### Summary

*Ch. D. Duishenaliev*

(Institute of Human Knowledge KSU them. I.Araeva Bishkek, Kyrgyz Republic)

#### ECOLOGICAL EDUCATION IN CONTEXT ECOLOGICAL SAFETY OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Different approaches to the definitions of the notion of «ecological» are analyzed. Tendencies of contemporary ecological formation in context ecological safety, ecological situation of their application are considered.

**Keywords:** environmental security, public policy, environmental conditions, environmental capital, environmental education.

*Поступила 30.01.2013 г.*

УДК 130.3(075)

С.О. ШАТМАНОВА

(Кыргызский государственный университет им.И.Арабаева, г.Бишкек)

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ И ЕЁ ТРАДИЦИИ В ЭТНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ

### Аннотация

Рассматриваются самобытные аспекты и своеобразное значение в формировании института взаимопомощи в культурной наследии этноса. Подчеркивается, что социальная ответственность у кыргызов основывается на многовековых гуманистических национальных традициях, чежире, фольклоре – эпосе «Манас».

**Ключевые слова:** эпос, социальная ответственность, гуманизм, традиции.

**Кілт сөздөр:** эпос, элеуметтік жауапкершілік, ізгілік, дәстүрлер.

**Key words:** epos, social responsibility, humanity, traditions.

Очевидно, что в нашем обществе процесс целенаправленного взаимодействия и взаимоподдержки бизнеса, гражданского общества и правового государства находится в начале своего развития. Первоначальная парадигма, принятая в качестве ориентира постсоветских реформ, во всех почти постсоветских странах Центральной Евразии придала бизнесу эгоистический характер. В процессе становления рыночных отношений от местного предпринимателя юридически не требовалось активного участия в решении социальных проблем. Теперь уже для предотвращения дальнейшей социальной поляризации и дестабилизации потребуются не только крупные финансовые средства.

В данный момент мы наблюдаем острый дефицит социального капитала. Известно, что в странах, богатых социальным капиталом, граждане рассматривают правительство как поставщика общественных благ. Они предпринимают усилия по контролю за деятельностью правительства, выражают свое мнение относительно качества его работы. Наличие сильного социального капитала, то есть традиций коллективизма, является необходимым условием успешного государственного управления и мероприятия, проводимые со слабым социальным капиталом, обречены на провал.

Не секрет, что во многих постсоветских государствах в отсутствие гражданского контроля за их деятельностью чиновники заняты обслуживанием узких интересов, предоставлением льгот, "крышеванием" и т.п. Отсутствие или слабость формальных институтов способствовали активному развитию теневых отношений, которые стали барьером для экономического развития стран региона.

Государство утрачивает способность независимо формировать внутреннюю социально-экономическую политику, уступая место транснациональным и др. видам предпринимательства. Результатом этих действий стала актуализация проблемы институционализации концепции социальной ответственности [1]. Социальная ответственность в своей сущности является сложным общественным феноменом, который направлен на смягчение социальной напряженности в обществе. Исходя из системного анализа сущности данного феномена мы считаем, что под ответственностью бизнеса перед обществом прежде всего понимается возможность бизнеса как субъекта деловой активности генерировать свою социальную активность в обеспечение социальной безопасности общества. Такая ответственность должна идентифицироваться с социальными и моральными обязательствами. Принятие на себя ответственности означает готовность бизнеса как субъекта в полной мере учитывать все последствия своих действий или бездействий перед будущим. Ответственность, кроме прочего, призвана решать проблему предсказуемости общественной жизни.

Мы на практике видим, как в условиях трансформации общества постсоветских центрально-евразийских государств требования к фактору ответственности, минимизирующему социальные проблемы, значительно повышаются. Например, «оранжевые» революции, политические катаклизмы, события, произошедшие в Кыргызстане в постсоветский период, худшим образом отразились на экономике страны, что привело к неспособности государства самостоятельно решать острые социальные вопросы, имеющие тенденции к росту. В ходе этих событий были также нарушены элементарные права человека – гражданина Кыргызской Республики: право на жилье, оплачиваемую работу, социальные субсидии и др. Развитие принципов социальной ответственности в сложившихся условиях становится наиболее актуальным, ввиду реальной возможности оказать помощь в решении социальных проблем государства совместными усилиями с бизнес-сообществом.

Поэтому изучения основных понятий, традиций, международных и постсоветских тенденций развития социальной ответственности, роли взаимодействия государства, бизнеса и неправительственных организаций в вопросах ответственности перед обществом является актуальной задачей сегодняшнего дня. Например, в философском дискурсе выделяется узкий и широкий смысл «ответственности». Шире под ответственностью понимается способность социального субъекта воздействовать, контролировать, управлять в заданной ситуации. Ответственность позволяет дифференцировать свою деятельность во внешней ситуации. Это, в свою очередь, позволяет проецировать будущее. Ответственность конституирует субъекта в социальном бытии. Ответственность как понятие практической философии изучалась Сократом, Аристотелем, Б. Спинозой, И. Кантом, А. Швейцером, М. Бубером, М. Фуко и др [2]. В глобальном мире субъект ответственности становится коллективным, расширяется сфера его действий, происходит кумулятивное накопление результатов технологического изменения мира, возрастает их масштабность и необратимость. У субъекта «застревает» мысль о тотальной ответственности перед будущим. Ответственность связана с решением проблемы предсказуемости общественной жизни.

Тем не менее в наших странах включение проблемы социальной ответственности бизнеса в число приоритетных во многом обусловлено не желанием обеспечить предсказуемость общественной жизни, а нехваткой ресурсов бюджета для проведения полноценной социальной политики. Одним словом, в нынешних условиях, как никогда обострились проблемы справедливости экономической политики, основанной на идеологии частной собственности, вопросы участия бизнеса в общественном воспроизводстве, создании социального капитала. Актуализируется понимание необходимости нового концептуального решения социальных проблем.

На наш взгляд не только государство является заинтересованной стороной в создании модели ответственности бизнеса перед населением. Такая модель и социальный капитал должны опираться на наследия духовной культуры.

Своеобразное значение в формировании института взаимопомощи имеет культурное наследие казахского и кыргызского народа. Социальная ответственность у этих народов основывается на многовековых гуманистических национальных традициях, фольклоре. В эпосах, пословицах, поговорках, сказках воплощены основные нравственные нормы и принципы, которые регулировали социальные отношения в обществе.

Например, древние кыргызы жили родовыми общинами, так как выполнение трудоемких работ было под силу только большому коллективу. Голод, необходимость быстрого перемещения в другую местность и иные экстремальные условия жизни требовали от членов рода, племени высокой организованности и мобильности. Кочевников всегда подстерегали трудности, материальные лишения, беды, болезни и случайности. Поэтому кочевники всегда старались держаться ближе друг к другу. В опасных и трудных ситуациях защиту и поддержку можно было ожидать только у своего рода.

В народном творчестве в своеобразной форме прививаются ценности и принципы, которые составляют ценностную основу социальной ответственности. Гуманизм, стремление к единству, одобрение социальной солидарности и другие принципы взаимопомощи находили свое отражение в эпосе «Манас». В «Манасе» содержится своеобразный взгляд об общественной действительности, бытии, признается наличие взаимоисключающих сторон реальной действительности [3].

Мы не ошибемся, если скажем, что в «Манасе» феномен ответственности доведен до предела. История и жизнь этого героя эпоса состоит из осознания собственной ответственности перед своим народом. Анализируя социально-философское значение эпоса, мы пришли к выводу о том, что «Манас» может сыграть неопределимую роль в укреплении ценностной основы социальной ответственности и созидании ее национальной модели с учетом диалектики кыргызского социума.

На наш взгляд, другим фундаментом формирования социальной ответственности наших граждан, предпринимателей является этнические традиции, ценности. Обратим внимание на одну из таких традиций как санжыра или чежире по-казахски. Незнание истории и культурно-духовного наследия своих предков, своего происхождения, забвение своей исконной культуры и традиций обозначается у кыргызов и казахов понятием «манкуртство». Тот, кто теряет историческую память, язык, религию, превращается в манкурта. Тот, кто забывает своих родных, близких в погоне за зелеными деньгами и богатством – также манкурт. Современный манкурт.

Как писал Ч. Айтматов, «манкурт не знал, кто он, откуда родом-племенем, не ведал своего имени, не помнил детства, отца и матери – одним словом, манкурт не осознавал себя человеческим существом» [4]. По мнению Ч. Айтматова, будущее не может быть без прошлого. Полное забвение прошлого может привести к «духовному манкуртизму». Память, по убеждению писателя – это мера человеческой личности, ее духовности. Человек, у которого нет памяти, нет истории, нет духовной биографии, запечатленной в образах искусства – древних мифов, легенд, классики, обречен на духовную нищету; он не готов к восприятию сложностей современной жизни.

Манкуртство, как потеря национального облика, национального бытия и, наконец, духовных ценностей, может отрицательно повлиять на социокультурное развитие народа и нанести ущерб традиционной системе социальных связей. Поэтому в создании самобытной модели социальной ответственности следует обращаться к своим национальным корням и мудрости предков, формировать национальное единство и предотвратить всевозможные негативные влияния глобализации и возможной утраты национальной культуры. Ориентация на культурно-историческое прошлое своих предков является одним из сильных ресурсов в решении проблем социальной ответственности, который можно использовать при решении проблем семей, в частности, детей группы риска, социального сиротства и детской безнадзорности. Социально ответственный предприниматель в практике может опираться на этно-гуманистические, национально-исторические подходы к изучению бытия семьи, рода и социального происхождения и использовать метод осмысления генеалогического развития семьи – санжыру как источник познания племенной структуры, места расселения, рода и семьи, родословной народа с древнейших времен и до сегодняшнего дня.

Ценность этнических духовных наследий, традиций день от дня возрастает в нынешний период, когда изначально не ориентируясь на совместные формы хозяйствования, присущие ментальности евразийских народов, и частную инициативу отдельной личности, освобожденную от постоянного гнета государственной власти, все попытки сконструировать модель социальной безопасности бизнеса в постсоветском евразийском пространстве терпит неудачу. Продолжение псевдолиберализации бизнеса, основанного исключительно на выгоде, частной собственности, чревато для евразийских народов еще большей активизацией внесистемных сил, разрушающих создающиеся традиции и институциональные механизмы, поскольку распространяемая через реформы идеи не вписываются в историю традиционных социальных институтов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ляховецкая Е.Р. Социальная ответственность бизнеса функция корпоративного управления. - М., 2002. С.142.
- 2 Белова В.Л. О социальной ответственности бизнеса. / В. Л. Белова // Социально-гуманитарные знания. 2004. - № 6. С. 117.
- 3 Манас. Саякбай Каралаев. – Бишкек. 1968.
- 4 Айтматов Ч.Т. Полное собрание сочинений. –Бишкек, 2007. С.130-134.

#### REFERENCES

- 1 Lyakhovetskaia E.R. Social responsibility of business function of corporate governance. - M., 2002. p.142.
- 2 Belova V.L. On the social responsibility of business. /Belova V. L. // Social and Humanitarian Knowledge. 2004. - № 6. p. 117.

---

3 Manas. Sayakbai Karalayev. - Bishkek. 1968.

4 Aitmatov CH.T. Complete Works. , Bishkek, 2007. p.130-134.

### Резюме

*С.О. Шатманова*

(И.Арабаев атындағы Кыргыз мемлекеттік университети, Бишкек қ.)

#### ЭТНИКАЛЫҚ МӘДЕНИЕТТЕГІ ӘЛЕУМЕТТІК ЖАУАПКЕРШІЛІКТЕР МЕН ОНЫҢ ДӘСТҮРЛЕРІ МӘСЕЛЕЛЕРІНІҢ ӨЗЕКТІЛІГІ

Этностың мәдени мұрасының өзара көмек институтын қалыптастырудағы өзіне тән аспектілері мен өзіндік маңызы қарастырылған. Кыргыздардың әлеуметтік жауапкершілігі көпжасырлық ұлттық ізгіліктер үрдістеріне, шежіре, фольклор, «Манас» эпосына негізделген.

**Кілт сөздер:** эпос, әлеуметтік жауапкершілік, ізгілік, дәстүрлер.

### Summary

*S.O. Shanmanova*

(The Kirgiz state university of a name I.Arabaeva, the Bishkek city of the Kyrgyz Republic)

#### URGENCY OF THE PROBLEM OF SOCIAL RESPONSIBILITY AND ITS TRADITION IN ETHNIC CULTURE

In article it is considered original aspects and a peculiar value in formation of institute of mutual aid in cultural heritage of the Kirghiz people. It is emphasized that social responsibility at кыргызов is based on centuries-old humanistic national traditions, folklore – the epos «MANAS».

**Key words:** epos, social responsibility, humanity, traditions.

*Поступила 29.01.2013 г.*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛОВ НАН РК

В журналах публикуются научные статьи и заметки, экспресс-сообщения о результатах исследований в различных областях естественно-технических и общественных наук.

Журналы публикуют сообщения академиков НАН РК, а также статьи других ученых, **представленные** действительными членами НАН РК (академиками НАН РК), несущими ответственность за достоверность и значимость научных результатов и актуальность научного содержания рекомендуемых работ.

Представленные для опубликования материалы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Содержать результаты оригинальных научных исследований по актуальным проблемам в области физики, математики, механики, информатики, биологии, медицины, геологии, химии, экологии, общественных и гуманитарных наук, ранее не опубликованные и не предназначенные к публикации в других изданиях. Статья сопровождается разрешением на опубликование от учреждения, в котором выполнено исследование и **представлением** от академика НАН РК.

2. Статья представляется в одном экземпляре. Размер статьи не должен превышать 5-7 страниц (статья обзорного характера – до 15 стр.), включая аннотацию в начале статьи перед основным текстом, которая должна отражать цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения результатов, выводы (**аннотация** не менее 1/3 стр. через 1 компьютерный интервал, 12 пт), таблицы, рисунки, список литературы (12 пт через 1 компьютерный интервал), напечатанных в редакторе Word 2003, шрифтом Times New Roman 14 пт, с пробелом между строк 1,5 компьютерных интервала, поля – верхнее и нижнее 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см. Количество рисунков – не более пяти. В начале статьи вверху слева следует указать индекс **УДК**. Далее посередине страницы прописными буквами (курсивом) – инициалы и фамилии авторов, должность, степень, затем посередине строчными буквами – название организации(ий), в которой выполнена работа и город, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи; Аннотация на языке статьи, **ключевые слова**. В конце статьи даются резюме на двух языках (русском (казахском), английском, перевод названия статьи, также на 3-х языках данные автора). Последняя страница подписывается всеми авторами. Прилагается электронный вариант на CD-диске.

3. Статьи публикуются на русском, казахском, английском языках. К статье необходимо приложить на отдельной странице Ф.И.О. авторов, название статьи, наименование организации, город, аннотации на двух языках (на казахском и английском, или русском и английском, или казахском и русском), а также сведения об авторах (уч.степень и звание, адрес, место работы, тел., факс, e-mail).

4. Ссылки на литературные источники даются цифрами в прямых скобках по мере упоминания. Список литературы оформляется следующим образом:

1 *Адамов А.А.* Процессы протаивания грунта // Доклады НАН РК. 2007. №1. С. 16-19.

2 *Чудновский А.Ф.* Теплообмен в дисперсных средах. М.: Гостехиздат, 1994. 444 с.

В случае переработки статьи по просьбе редакционной коллегии журнала датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта. Если статья отклонена, редакция сохраняет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

### ВНИМАНИЕ!!!

**С 1 июля 2011 года вводятся следующие дополнения к Правилам:**

После списка литературы приводится список литературы в романском алфавите (References) для SCOPUS и других БАЗ ДАННЫХ полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите (латиница).

В References не используются разделительные знаки («//» и «—»). Название источника и выходные данные отделяются от авторов типом шрифта, чаще всего курсивом, точкой или запятой.

**Структура библиографической ссылки:** авторы (транслитерация), название источника (транслитерация), выходные данные, указание на язык статьи в скобках.

Пример ссылки на статью из российского переводного журнала:

Gromov S.P., Fedorova O.A., Ushakov E.N., Stanislavskii O.B., Lednev I.K., Alfimov M.V. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **1991**, 317, 1134-1139 (in Russ.).

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу, используя различные системы. Программа очень простая, ее легко использовать для

---

---

готовых ссылок. К примеру, выбрав вариант системы Библиотеки Конгресса США (LC), мы получаем изображение всех буквенных соответствий. Вставляем в специальное поле весь текст библиографии на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит».

Преобразуем транслитерированную ссылку:

- 1) убираем транслитерацию заглавия статьи;
- 2) убираем специальные разделители между полями (“/”, “-”);
- 3) выделяем курсивом название источника;
- 4) выделяем год полужирным шрифтом;
- 5) указываем язык статьи (in Russ.).

Просьба к авторам статей представлять весь материал в одном документе (одном файле) и точно следовать Правилам при оформлении начала статьи: посередине страницы прописными буквами (курсивом) – фамилии и инициалы авторов, затем посередине строчными буквами – название организации (ий), в которой выполнена работа, и город, ниже также посередине заглавными буквами (полужирным шрифтом) – название статьи. Затем следует аннотация, ключевые слова на 3-х языках и далее текст статьи.

Точно в такой же последовательности следует представлять резюме на двух других языках в том же файле только на отдельной странице (Ф.И.О. авторов, название статьи с переводов на 2 других языка, наименование организации, город, резюме). Далее в том же файле на отдельной странице представляются сведения об авторах.

Тел. Редакции 272-13-19

Оплата:

ТОО Исследовательский центр НАН РК

Алматинский филиал АО БТА Банк

KZ 44319A010000460573

БИН 060540019019, РНН 600900571703

КБЕ 17, КНП 859, БИК АВКЗКЗКХ

За публикацию в журнале 1. Доклады НАН РК, Вестник НАН РК, Известия НАН РК. Серия \_\_\_\_\_ 5000 тенге

**Сайт НАН РК:**<http://akademiyanauk.kz/>

---

---

*Редакторы М.С. Ахметова, Ж.М. Нургожина  
Верстка на компьютере А.М. Кульгинбаева*

Подписано в печать 18.02.2013.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
7,3 п.л. Тираж 3000. Заказ 1

Национальная академия наук Республики Казахстан  
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28. Тел. 272-13-19, 272-13-18

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75