

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АРМЕНИИ
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF ARMENIA

ISSN 0321-1339

Չ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы
R E P O R T S

2015

Երևան

Երևան

Yerevan

Հիմնադրվել է 1944թ.: Լույս է տեսնում տարին 4 անգամ

Основана в 1944 г. Выходит 4 раза в год

Founded in 1944. Published quarterly

Գլխավոր խմբագիր՝ ակադեմիկոս Վ. Ս. ՉԱԲԱՐՅԱՆ

Խմբագրական խորհուրդ՝ ակադեմիկոս Է. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ. Ե. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Գ. Ա. ԲՐՈՒՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ակադեմիկոս Ս. Ա. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս Է. Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Լ. Ռ. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ (գլխ. խմբագրի տեղակալ), ակադեմիկոս Ռ. Ս. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, ակադեմիկոս Յու. Հ. ՇՈՒԿՈՒՐՅԱՆ, ակադեմիկոս Դ. Ս. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ, Գ.Ա.ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ (պատ. քարտուղար)

Главный редактор академик В. С. ЗАХАРЯН

Редакционная коллегия: академик С. А. АМБАРЦУМЯН, академик Э. Г. АФРИКЯН, академик Г. Е. БАГДАСАРИАН, академик Г. А. БРУТЯН, академик Э. М. КАЗАРЯН, чл.-кор. НАН РА Л. Р. МАНВЕЛЯН (зам. главного редактора), академик Р. М. МАРТИРОСЯН, академик Д. М. СЕДРАКЯН, академик А. А. ТАЛАЛЯН, академик Ю. Г. ШУКУРЯН, Г. А. АБРАМЯН (отв. секретарь)

Editor-in-chief academician V. S. ZAKARYAN

Editorial Board: academician S. A. AMBARTSUMIAN, academician E. G. AFRIKIAN, academician G. E. BAGDASARIAN, academician G. A. BRUTIAN, academician E. M. KAZARYAN, corresponding member of NAS RA L. R. MANVELYAN (associate editor), academician R. M. MARTIROSYAN, academician D. M. SEDRAKIAN, academician Yu. H. SHOUKOURIAN, academician A. A. TALALIAN, G. A. ABRAHAMYAN (executive secretary)

Խմբագրության հասցեն՝ 0019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24գ.

Адресредакции: 0019, Ереван 19, просп. Маршала Баграмяна 24г

Communication links: address – 24g Marshal Bagramian Ave., Yerevan, 0019, Armenia

Phone:(37410)56-80-67URL:<http://elib.sci.am>e-mail: rnas@sci.am

©НАН РА. Президиум. 2015

©Издательство “Гитутюн” НАН РА. 2015

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ	
<i>Ֆ. Ա. Թալալյան</i> – Հիլբերտյան տարածությունում պայմանական զուգամետ շարքերի մասին	255
<i>Բ. Վ. Հովհաննիսյան</i> – $A_\alpha (-1 < \alpha < +\infty)$ դասի ֆունկցիաների Թեյլորի գործակիցների լավագույն գնահատականի մասին	261
<i>ԳԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ</i>	
<i>Բ. Ղ. Զապալանկի</i> – Ընդհանրացված ոչ պարզորոշ կոնստրուկտիվ տրամաբանություն	266
ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ	
<i>Գ. Ա. Ճաղարյան</i> – ՖինՖԵՏ հիշող սարքերի ներդրված թեստավորման ընթացք	276
ՄԵԽԱՆԻԿԱ	
<i>Ռ. Մ. Կիրակոսյան</i> – Առաձգական ամրակցված կլոր սալի ծոման ոչ դասական մի խնդրի մասին	284
ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ	
<i>Հ. Մ. Պողոսյան, Մ. Զ. Սարգսյան, Մ. Լ. Աղալովյան, Լ. Գ. Ղուլղազարյան</i> – GPS համակարգերի և սեյսմոլոգիայի տվյալների հիման վրա Հայաստանի տարածքի լարվածային-դեֆորմացիոն վիճակների մոնիթորինգի եղանակը	290
ՖԻԶԻԿԱ	
<i>Ս. Ա. Բարսյան, Լ. Բ. Հովակիմյան, Հ. Հ. Մաթևոսյան, Հ. Բ. Ներսիսյան</i> – Այլասերված GaN-ում բացասական լիցք կրող դիսլոկացիայի էկրանավորման մասին	298
ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ	
<i>Գ. Ն. Սարգսյան</i> – Օրգանական նյութերի ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման մեխանիզմի քվանտաքիմիական հիմնավորումը և մոդելավորումը: Վինիլային եթերների ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման հաճախականության ֆակտորի որոշումը: 1	303
ԿԵՆՍԱԲԵՄԻԱ	
<i>Ս. Մ. Հովակիմյան, Հ. Մ. Ամիրխանյան, Հ. Վ. Գասպարյան, Սուր. Ս. Հովակիմյան</i> – Որոշ բուժիչ քսուկների ազդեցությունը լիպիդների գերօքսիդացման և արյան մակարդեղիության համակարգի վրա ջերմային այրվածքների ժամանակ	312
ՀՐԱԲԽԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ	
<i>ԻՎ. Բ. Մելիքսեթյան</i> – Աղակիտների հայտնաբերումը Հայաստանի պլիոցեն-չորրորդական կոլիզիոն մագմատիզմի կազմում	319
ՄԱՆԸՆԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	
<i>Պ. Ե. Թաղևոսյան, Ն. Լ. Ղազանյան, Մ. Հ. Կինոսյան, Է. Գ. Աֆրիկյան</i> – <i>Brevibacillus laterosporus</i> -ը որպես նոր կենսաինսեկտիցիդների և կենսաբանական ակտիվ նյութերի աղբյուր	329
<i>Բովանդակություն 115-րդ հատորի</i>	336

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА	
<i>Ф. А. Талалян</i> – Об условно сходящихся рядах в гильбертовом пространстве	255
<i>И. В. Оганисян</i> – О наилучшей оценке тейлоровских коэффициентов функций класса A_α ($-1 < \alpha < +\infty$)	261
ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА	
<i>И. Д. Заславский</i> – Обобщенная нечеткая конструктивная логика $\mathbf{V}^1(\mathcal{T})$.	266
ИНФОРМАТИКА	
<i>Г. А. Джагарян</i> – Последовательность встроенного тестирования для устройств памяти, основанных на технологии ФинФЕТ	276
МЕХАНИКА	
<i>Р. М. Киракосян</i> – Об одной неклассической задаче изгиба упруго защемленной круглой пластинки	284
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ	
<i>А. М. Погосян, М. З. Саргсян, М. Л. Агаловян, Л. Г. Гулгазарян</i> – Способ мониторинга напряженно-деформированных состояний территории Армении на основе данных сейсмостанций и GPS систем	290
ФИЗИКА	
<i>С. А. Бабаян, Л. Б. Овакимян, Г. Г. Матевосян, Г. Б. Нерсисян</i> – Об экранировании отрицательно заряженной дислокации в вырожденном GaN ...	298
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
<i>Г. Н. Саргсян</i> – Квантово-химическое обоснование и моделирование механизма мономолекулярного распада органического соединения при термической активации. Определение фактора частот спонтанного распада при термической активации виниловых эфиров. 1	303
БИОХИМИЯ	
<i>С. С. Овакимян, О. М. Амирханян, Г. В. Гаспарян, Сур. С. Овакимян</i> – Влияние некоторых лечебных мазей на перекисное окисление липидов и свертывающую систему крови при термических ожогах	312
ВУЛКАНОЛОГИЯ	
<i>Х. Б. Меликсетян</i> – Проявление адакитов в составе плиоцен-четвертичного коллизионного магматизма Армении	319
МИКРОБИОЛОГИЯ	
<i>П. Е. Тадевосян, Н. Л. Казанчян, М. А. Киносян, Э. К. Африкян</i> – <i>Brevibacillus laterosporus</i> как источник получения новых биоинсектицидов и биологически активных веществ	329
Содержание 115-го тома	339

CONTENTS

MATHEMATICS	
<i>F. A. Talalyan</i> – On Conditionally Convergent Series in Hilbert Space	255
<i>I. V. Hovhannisyan</i> – On the Best Estimation for Taylor Coefficients of Functions of Classes A_α ($-1 < \alpha < +\infty$)	261
APPLIED MATHEMATICS	
<i>I. D. Zaslavsky</i> – Generalized Fuzzy Constructive Logic	266
INFORMATICS	
<i>G. A. Tshagharyan</i> – Built-In Test Flow for FinFET-based Memory Devices	276
MECHANICS	
<i>R. M. Kirakosyan</i> – On One Nonclassical Problem of a Bend of an Elastically Fastened Round Plate	284
ELASTICITY THEORY	
<i>H. M. Poghosyan, M. Z. Sargsyan, M. L. Aghalovyan, L. G. Ghulghazaryan</i> – About the Method of Monitoring of Stress-Strain States of the Territory of Armenia Based on the Seismic Stations and GPS Systems Data	290
PHYSICS	
<i>S. A. Babayan, L. B. Hovakimian, H. H. Matevosyan, H. B. Nersisyan</i> – On the Screening of a Negatively Charged Dislocation Line in Degenerate GaN	298
CHEMICAL PHYSICS	
<i>G. N. Sargsyan</i> – Quantum-Chemical Explanation and Modeling of Mechanism of Unimolecular Decay of Organic Compounds under Thermal Activation. Definition of Factor of Frequency of Spontaneous Decay under Thermal Activation of Vinyl Ethers.1	303
BIOCHEMISTRY	
<i>S. S. Hovakimyan, H.M. Amirkhanyan, H. V. Gasparyan, Sur. S. Hovakimyan</i> – Influence of Some Medicinal Ointments on Lipid Peroxidation and Blood Coagulating System in Thermal Burns	312
VOLCANOLOGY	
<i>Kh. B. Meliksetian</i> – Discovery of Adakites within the Pliocene-Quaternary Collisional Magmatism in Armenia	319
MICROBIOLOGY	
<i>P. E. Tadevosyan, N. L. Ghazanchyan, M. H. Kinoyan, E.G. Afrikian</i> – <i>Brevibacillus laterosporus</i> as the Source of Novel Bioinsecticides and Biologically Active Substances	329
Contents of 115 th volume	342

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (x_k, h) = 0, \quad \sum_{k=1}^{\infty} (x_k, h)^+ = \sum_{k=1}^{\infty} (x_k, h)^- = \infty. \quad (2)$$

Доказательству теоремы предпошлим две леммы.

Лемма1. Пусть H – действительное гильбертово пространство y_k , $k=1,2,\dots$. Последовательность векторов H такая, что

$$\sum_{k=1}^{\infty} \|y_k\|^2 = \infty.$$

Тогда для любого $M > 0$ найдется конечная система векторов $\{y_{k_1}, \dots, y_{k_s}\}$ такая, что

$$\left\| \sum_{i=1}^s y_{k_i} \right\| > M.$$

Доказательство. Возьмем натуральное число N настолько большим, чтобы

$$\sum_{k=1}^N \|y_k\|^2 > 4M^2. \quad (3)$$

Далее построим последовательность чисел ϵ_k , $k=1,2,\dots,N$ следующим образом. Положим $\epsilon_1 = 1$ и для каждого $1 < k \leq N$

$$\epsilon_k = \begin{cases} 1 & \text{если } \sum_{i=1}^{k-1} (\epsilon_i y_i, y_k) \geq 0 \\ -1 & \text{если } \sum_{i=1}^{k-1} (\epsilon_i y_i, y_k) < 0. \end{cases}$$

Тогда будем иметь

$$\sum_{i=1}^{k-1} (\epsilon_i y_i, \epsilon_k y_k) \geq 0 \quad k=2,\dots,N. \quad (4)$$

Далее из (3), (4) и очевидного тождества

$$\left\| \sum_{k=1}^N \epsilon_k y_k \right\|^2 = \sum_{k=1}^N \|y_k\|^2 + 2 \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{k-1} (\epsilon_i y_i, \epsilon_k y_k)$$

легко следует неравенство

$$\left\| \sum_{k=1}^N \epsilon_k y_k \right\| > 2M. \quad (5)$$

Неравенство (5) можно переписать в виде

$$\left\| \sum' y_k - \sum'' y_k \right\| > 2M, \quad (6)$$

где под знаком суммы \sum' стоят слагаемые $\epsilon_k y_k$ с $\epsilon_k = 1$, а под знаком \sum'' – слагаемые с $\epsilon_k = -1$. Очевидно, одна из этих сумм будет искомой.

Следствие. Если ряд $\sum_{k=1}^{\infty} y_k$ векторов гильбертова пространства H расходится, то для любого $M > 0$ найдется такая конечная система $\{y_{k_1}, \dots, y_{k_s}\}$ членов ряда, что

$$\left\| \sum_{i=1}^s y_{s_i} \right\| > M.$$

Лемма 2. Пусть в гильбертовом пространстве H задан условно сходящийся ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} x_k. \quad (7)$$

Тогда существует возрастающая последовательность натуральных чисел $\{n_i\}_{i=1}^{\infty}$, удовлетворяющая условиям:

а) существует число $L > 0$ такое, что

$$\left\| \sum_{k=1}^{n_i} x_k \right\| \leq L, \quad i = 1, 2, \dots; \quad (8)$$

б) для каждого i сумму $\sum_{k=n_i+1}^{n_{i+1}} x_k$ можно разбить на две части без общих слагаемых

$$\sum_{k=n_i+1}^{n_{i+1}} x_k = \sum_{i'} x_k + \sum_{i''} x_k \quad (9)$$

так, что

$$\left\| \sum_{i'} x_k \right\|, \left\| \sum_{i''} x_k \right\| \rightarrow \infty \quad \text{при } i \rightarrow \infty. \quad (10)$$

Доказательство. По условию ряд (7) сходится.

Поэтому последовательность его частных сумм ограничена. Пусть

$$L = \sup_N \sum_{k=1}^N x_k. \quad (11)$$

Пусть σ – такая перестановка натуральных чисел, что ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} x_{\sigma(k)} \quad (12)$$

расходится.

Далее с помощью индукции будут построены три последовательности натуральных чисел $\{p_i\}, \{q_i\}, \{n_i\}$ и последовательность конечных систем натуральных чисел $M_i = \{k_j^i : p_i \leq j \leq q_i\}$ таких, что выполняются условия (13)–(16):

$$p_i < q_i < p_{i+1}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (13)$$

$$n_i = \max \{ \sigma(k_j^i) : p_i \leq j \leq q_i \}, \quad (14)$$

$$\min \{ \sigma(k_j^{i+1}) : p_{i+1} \leq j \leq q_{i+1} \} > n_i, \quad (15)$$

$$\left\| \sum_{j=p_i}^{q_i} x_{\sigma(k_j^i)} \right\| > 2(i+1)L. \quad (16)$$

Опишем процесс построения указанных последовательностей.

Так как ряд (12) расходится, то согласно следствию из леммы 1 существуют натуральные числа $p_1, q_1 > p_1$ и система векторов $\{x_{\sigma(k_j^1)} : p_1 \leq j \leq q_1\}$ такие, что

$$\left\| \sum_{j=p_1}^{q_1} x_{\sigma(k_j^1)} \right\| > 2L; \quad (17)$$

после чего положим

$$n_1 = \max \{ \sigma(k_j^1) : p_1 \leq j \leq q_1 \}. \quad (18)$$

Далее приведем следующий шаг построения.

Согласно тому же следствию из леммы 1 возьмем числа $p_2 > q_1$, $q_2 > p_2$ и систему векторов $\{x_{\sigma(k_j^2)} : p_2 \leq j \leq q_2\}$ такие, что выполняются условия

$$\min \{ \sigma(k_j^2) : p_2 \leq j \leq q_2 \} > n_1 \quad (19)$$

и

$$\left\| \sum_{j=p_2}^{q_2} x_{\sigma(k_j^2)} \right\| > 4L; \quad (20)$$

после чего положим

$$n_2 = \max \{ \sigma(k_j^2) : p_2 \leq j \leq q_2 \}. \quad (21)$$

И так далее. В результате неограниченного продолжения описанного процесса мы получим требуемые последовательности

$$\{p_i\}_{i=1}^{\infty}, \{q_i\}_{i=1}^{\infty}, \{n_i\}_{i=1}^{\infty} \text{ и } \{M_i\}_{i=1}^{\infty}.$$

Теперь докажем, что последовательность $\{n_i\}_{i=1}^{\infty}$ удовлетворяет условию б) леммы 2.

Введем обозначения

$$U_i = \sum_{k=1}^{n_{i-1}} x_k, \quad V_i = \sum_{j=p_i}^{q_i} x_{\sigma(k_j^i)}, \quad W_i = \sum_{\substack{n_{i-1} < k \leq n_i \\ k \neq \sigma(k_j^i)}} x_k. \quad (22)$$

Тогда $\sum_{k=1}^{n_i} x_k = U_i + V_i + W_i$ и выполняются неравенства

$$\|U_i + V_i + W_i\| < L, \quad \|U_i\| < L, \quad \|V_i\| > 2(i+1)L. \quad (23)$$

Из (11), (16) и (23) получаем

$$\|U_i + V_i\| \geq \|V_i\| - \|U_i\| \geq 2(i+1)L - L = (2i+1)L, \quad (24)$$

$$\|W_i\| = \|U_i + V_i - (U_i + V_i + W_i)\| \geq \quad (25)$$

$$\geq \|U_i + V_i\| - \|(U_i + V_i + W_i)\| \geq 2(i+1)L - L = (2i+1)L.$$

Остается положить

$$\sum_i' x_k = U_i + V_i, \quad \sum_i'' x_k = W_i \quad (26)$$

и применить (24) и (25). Лемма 2 доказана.

Доказательство теоремы. По теореме Алаоглу о слабой компактности единичного шара в сопряженном пространстве из последовательности $\frac{W_i}{\|W_i\|}$ можно выделить подпоследовательность $\frac{W_{i_k}}{\|W_{i_k}\|}$, которая слабо сходится к некоторому вектору h с $\|h\|=1$.

Таким образом, для каждого $x \in H$

$$\left(\frac{W_{i_k}}{\|W_{i_k}\|}, x \right) \rightarrow (h, x) \quad \text{при} \quad k \rightarrow \infty. \quad (27)$$

Полагая $x = h$, из (27) получим

$$\left(\frac{W_{i_k}}{\|W_{i_k}\|}, h \right) \rightarrow \|h\|^2 = 1. \quad (28)$$

Из (28) следует, что для достаточно больших k имеет место неравенство

$$\left(\frac{W_{i_k}}{\|W_{i_k}\|}, h \right) > \frac{1}{2},$$

откуда в силу (25) получим

$$(W_{i_k}, h) \geq \frac{1}{2} \|W_{i_k}\| \geq i_k L. \quad (29)$$

Далее из (23) в силу неравенства Шварца получаем

$$(U_i + V_i + W_i, h) = (U_i + V_i, h) + (W_i, h) < L, \quad (30)$$

откуда в силу (29)

$$(U_{i_k} + V_{i_k}, h) = L - (W_{i_k}, h) < L - i_k L = -(i_k - 1)L. \quad (31)$$

Теперь из (26), (29) и (31) имеем

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{\infty} (x_k, h)^- &\leq \sum_{i=1}^{\infty} \sum_i' (x_k, h)^- = -\infty, \\ \sum_{k=1}^{\infty} (x_k, h)^+ &\geq \sum_{i=1}^{\infty} \sum_i'' (x_k, h)^- = +\infty, \end{aligned}$$

что и требовалось. Теорема доказана.

В заключение приведем один пример, относящийся к рассмотренной выше теме.

Возьмем два числовых ряда $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ и $\sum_{k=1}^{\infty} b_k$ таких, что каждый из них имеет сходящуюся перестановку, но нет одной общей перестановки, при которой они оба переходят в сходящиеся ряды. Можно взять, например,

$$a_k = \frac{(-1)^{k+1}}{k}, \quad b_k = \frac{3(-1)^{k+1} + 1}{2k}.$$

Построим в l^2 ряд $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$ следующим образом. Положим

$$x_k = \left(a_k, b_k, \frac{a_k}{2}, \frac{b_k}{2}, \frac{a_k}{3}, \frac{b_k}{3}, \dots \right) \quad k = 1, 2, \dots$$

Пусть $\{e_i\}_{i=1}^{\infty}$ – стандартный ортонормальный базис в l^2 . Очевидно, что при каждом $i = 1, 2, \dots$ справедливы равенства

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (x_k, e_i) = 0, \quad \sum_{k=1}^{\infty} (x_k, e_i)^+ = \sum_{k=1}^{\infty} (x_k, e_i)^- = \infty,$$

откуда следует, что проекции ряда $\sum_{k=1}^{\infty} x_k$ на любую координатную ось в l^2 либо сходятся, либо являются перестановками сходящегося ряда, но сам ряд в любом порядке членов расходится в l^2 .

Институт математики НАН РА

Ф. А. Талалян

Об условно сходящихся рядах в гильбертовом пространстве

Рассматриваются ряды в действительном гильбертовом пространстве, являющиеся перестановками условно сходящихся рядов, а также проекции таких рядов на некоторые одномерные подпространства.

Ֆ.Ա. Թալալյան

Հիլբերտյան տարածությունում պայմանական զուգամետ շարքերի մասին

Ուսումնասիրվում են իրական հիլբերտյան տարածությունում պայմանական զուգամետ շարքեր և նրանց պրոյեկցիաները որոշ միաչափ ենթատարածությունների վրա:

F. A. Talalyan

On Conditionally Convergent Series in Hilbert Space

Conditionally convergent series in real Hilbert space and their projections on some one-dimensional subspaces are considered.

Литература

1. Рудин У. Основы математического анализа. Мир. М. 1976. 320 с.
2. Diestel J. Sequences and Series in Banach Spaces. Springer-Verlag. 1984.

Для функции класса A С. Н. Мергеляном получена оценка тейлоровских коэффициентов ([3], с.151)

$$|a_n| \leq \exp\{2\sqrt{cn}(1+o(1))\}, n \rightarrow \infty. \quad (1)$$

Обозначим через A_α ($-1 < \alpha < +\infty$) класс аналитических в круге $|z| < 1$ функций $f(z)$, удовлетворяющих условию ([1], с. 655)

$$\sup_{0 < r < 1} \left\{ \int_0^{2\pi} D_{(+)}^{-\alpha} \log |f(re^{i\varphi})| d\varphi \right\} < +\infty,$$

где

$$D_{(+)}^{-\alpha} \log |f(re^{i\varphi})| = \begin{cases} D^{-\alpha} \log |f(re^{i\varphi})|, & D^{-\alpha} \log |f(re^{i\varphi})| \geq 0, \\ 0, & D^{-\alpha} \log |f(re^{i\varphi})| \leq 0, \end{cases}$$

$D^{-\alpha}$ – интегродифференциальный оператор произвольного порядка в смысле Римана – Лиувилля с началом в нулевой точке, который определяется следующим образом:

$$D^{-\alpha} f(r) \equiv \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^r (r-t)^{\alpha-1} \varphi(t) dt, (0 < \alpha < +\infty),$$

$$D^{-\alpha} f(r) \equiv \frac{d}{dr} D^{-(1+\alpha)} f(r), (-1 < \alpha < 0).$$

Для специального случая $\alpha = 0$ оператор D^0 определяется как тождественный оператор, т.е.

$$D^0 f(r) \equiv f(r).$$

Напомним основную теорему М. М. Джрбашяна о факторизации классов A_α :

Класс A_α ($-1 < \alpha < +\infty$) совпадает с множеством функций $f(z)$, допускающих представление вида

$$f(z) = c z^\lambda B_\alpha(z; z_k) \exp \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} S_\alpha(e^{-i\theta} z) d\psi(\theta) \right\}, \quad (2)$$

где c – постоянная, λ – целое число, $\psi(\theta)$ – вещественная функция с конечным полным изменением на $[0, 2\pi]$

$$S_\alpha(z) = \Gamma(1+\alpha) \left\{ \frac{2}{(1-z)^{1+\alpha}} - 1 \right\}, \quad (3)$$

$B_\alpha(z; z_k)$ – сходящиеся в круге $|z| < 1$ произведения Джрбашяна

$$B_\alpha(z; z_k) = \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{z_k} \right) e^{-W_\alpha(z; z_k)}, \quad (4)$$

где

$$W_\alpha(z; \xi) = \int_{|\xi|}^1 \frac{(1-x)^\alpha}{x} dx - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\Gamma(1+\alpha+k)}{\Gamma(1+\alpha)\Gamma(1+k)}.$$

$$\left\{ \zeta^{-k} \int_0^{|\zeta|} (1-x)^\alpha x^{k-1} dx - \bar{\zeta}^k \int_{|\zeta|}^1 (1-x)^\alpha x^{-k-1} dx \right\} z^k \quad (5)$$

при условии

$$\sum_{k=1}^{\infty} (1-|z_k|)^{1+\alpha} < +\infty. \quad (6)$$

С. С. Степаняном [4] получена неулучшаемая оценка тейлоровских коэффициентов для функций классов A_α ($-1 < \alpha \leq 0$)

$$|a_n| \leq \exp \left\{ \frac{\alpha+2}{\alpha+1} \sqrt[\alpha+2]{c_\alpha (1+\alpha) n^{1+\alpha}} (1+o(1)) \right\}, \quad n \rightarrow \infty,$$

которая при значении параметра $\alpha=0$ совпадает с оценкой (1).

Обозначим через A_α^* ($-1 < \alpha < +\infty$) множество тех функций из A_α , в представлении (2) которых функция $\psi(\theta)$ невозрастающая.

Классы A_α^* ($-1 < \alpha < 0$) являются некоторыми подклассами ограниченных аналитических функций класса A_α . Для тейлоровских коэффициентов этих функций (в том числе и для произведений B_α) известна [7] более точная оценка:

если функция

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n, \quad |z| < 1$$

принадлежит классу A_α^* ($-1 < \alpha \leq 0$), то имеет место оценка

$$|a_n| = O(n^\alpha), \quad n \rightarrow \infty.$$

В работе [6] для одного фактора произведений B_α

$$b_\alpha(z; \zeta) = \left(1 - \frac{z}{\zeta}\right) \exp\{-W_\alpha(z; \zeta)\}$$

получена оценка

$$|b_\alpha(z; \zeta)| \leq \exp \left\{ \text{const} \left| \frac{1-|\zeta|^2}{1-\frac{\zeta z}{|\zeta|}} \right|^{1+\alpha} \right\}, \quad -1 < \alpha < +\infty. \quad (7)$$

При $\alpha \in (-1; 0]$, так как $|b_\alpha(z; \zeta)| \leq 1$, оценка (7) является слишком грубой.

Основные результаты. Следующая теорема распространяет указанную оценку Степаняна на все значения параметра $\alpha \in (-1; +\infty)$.

Теорема 1. Если функция

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n, \quad |z| < 1 \quad (8)$$

принадлежит классу A_α ($-1 < \alpha < +\infty$), то имеет место следующая оценка:

$$|a_n| \leq \exp \left\{ \frac{\alpha+2}{\alpha+1} \alpha^{+2} \sqrt{c_\alpha (1+\alpha) n^{1+\alpha}} (1+o(1)) \right\}, \quad n \rightarrow \infty, \quad (9)$$

где c_α – некоторая положительная константа.

Пример функции $F_\alpha(z) = \exp \left\{ \frac{c}{(1-z)^{1+\alpha}} \right\}$, $c > 0$, рассмотренный в [4],

показывает, что оценка (9) точна, т. е. справедлива следующая

Теорема 2. Оценка (9) неулучшаема, если $\alpha \in (-1; +\infty)$.

Исходя из теорем 1 и 2 можно получить интегральное представление для функций классов A_α ($-1 < \alpha < +\infty$).

Теорема 3. Если $f(z) \in A_\alpha$ ($-1 < \alpha < +\infty$), то существует функция $\varphi_\alpha(t) \in L_2$ такая, что имеет место следующее интегральное представление:

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=1} \varphi_\alpha(t) \exp \left\{ c S_\alpha(\bar{t}z) \right\} \frac{dt}{t}, \quad |z| < 1,$$

где функция $S_\alpha(z)$ определяется по формуле (3).

Отметим, что доказанное представление для значений параметра $\alpha \in (-1; 0]$ получено С.С. Степаняном [5].

Армянский национальный политехнический университет
e-mail: ishkhanh@gmail.com

И. В. Оганисян

О наилучшей оценке тейлоровских коэффициентов функций класса A_α ($-1 < \alpha < +\infty$)

Известные оценки для тейлоровских коэффициентов функций класса A_α ($-1 < \alpha \leq 0$) распространены на все значения $\alpha \in (-1; +\infty)$. Установлена их неулучшаемость и получено интегральное представление для этих функций.

Ի. Վ. Հովհաննիսյան

A_α ($-1 < \alpha < +\infty$) դասի ֆունկցիաների թեյլորի գործակիցների լավագույն գնահատականի մասին

A_α ($-1 < \alpha \leq 0$) դասերի ֆունկցիաների թեյլորյան գործակիցների համար հայտնի լավագույն գնահատականները տարածվում են պարամետրերի բոլոր արժեքների վրա՝ $\alpha \in (-1; +\infty)$, որը ևս լավագույն է: Ստացվում է նաև ինտեգրալ ներկայացումը ևնդհանուր դեպքում:

I. V. Hovhannisyan

**On the Best Estimation for Taylor Coefficients of Functions of
Classes A_α ($-1 < \alpha < +\infty$)**

We prove the best estimations for Taylor coefficients of functions of classes A_α ($-1 < \alpha < +\infty$) introduced by M. M. Djrbashyan. Also an integral representation is found for these functions.

Литература

1. *Джрбащян М. М.* Интегральные преобразования и представления в комплексной области. М. Наука. 1966. 672 с. (гл. IX).
2. *Неванлинна Р.* Однозначные аналитические функции. М. Гостиздат. 1941.
3. *Привалов И. И.* Граничные свойства аналитических функций, 2-е изд. М.-Л., 1950. 336 с.
4. *Степанян С. С.* – ДАН АрмССР. 1982. Т. 75. N 3. С. 107-113.
5. *Степанян С. С.* Канд. дис. Ереван. 1984.
6. *Багдасарян Д. Т.* – Изв. АН АрмССР. Математика. 1990. Т. 25. N 4. С. 401-408.
7. *Оганисян И. В.* – ДАН АрмССР. 1989. Т. 88. N 2. С. 55-60.

В дальнейшем изложении рассматривается математическое описание ситуаций указанного типа в рамках конструктивной математики. Автору не удалось обнаружить прямых аналогов подобных рассмотрений в имеющейся литературе (хотя некоторые детали изложения в работах [2] и [3] имеют определенное сходство с идеями, рассматриваемыми в этой статье).

2. Основные понятия. Посредством N будем обозначать множество целых неотрицательных чисел $N = \{0, 1, 2, \dots\}$. Посредством N^n , где $n \geq 1$, будем обозначать множество n -членных систем (x_1, x_2, \dots, x_n) , где $x_i \in N$ при $1 \leq i \leq n$.

Понятия частично рекурсивной функции, общерекурсивной функции, примитивно рекурсивной функции, рекурсивно перечислимого множества (а также, соответственно, предиката), рекурсивного множества (соответственно, предиката), примитивно рекурсивного множества (соответственно, предиката) определяются так же, как в [9-12]. Указанные термины будут кратко обозначаться посредством ЧРФ, ОРФ, ПРФ, РПМ, РПП, РМ, РП, ПРМ, ПРП.

Дальнейшие понятия рассматриваются в рамках конструктивного направления в математике [4-6]; логические операции $\&, \vee, \supset, \neg, \forall, \exists$ будут пониматься в соответствии с правилами конструктивной (интуиционистской) логики [4-6, 9, 14]. Принцип А. А. Маркова [4, 5, 13] не будет использоваться в применяемом ниже аппарате этой логики. Термин “множество” будет пониматься в конструктивном смысле, а именно, рассматриваются только такие множества, которые задаются формулами в тех или иных логико-математических языках [5, 6, 14]. Аналогичным образом рассматривается понятие предиката. В качестве основного логико-математического языка обычно будем использовать язык содержательно понимаемой конструктивной (интуиционистской) арифметики [9, 14]. Конструктивное (интуиционистское) исчисление предикатов [9, 14] будем обозначать посредством H^{con} .

3. Шкалы истинности. Алгоритмической шкалой истинности (сокращенно АШИ) будем называть систему объектов Ω , состоящую из следующих компонент: (1) рекурсивное множество чисел из N , именуемое в дальнейшем “универсумом” данной АШИ Ω ; его мы будем обозначать посредством \mathbf{U}_Ω ; (2) двуместный рекурсивно перечислимый предикат равенства, обозначаемый в дальнейшем посредством $\overline{=}_\Omega$, определенный для всех пар (x, y) , где $x \in \mathbf{U}_\Omega$, $y \in \mathbf{U}_\Omega$, и обладающий свойствами рефлексивности, симметричности и транзитивности; (3) двуместные операции \bigcup_Ω и \bigcap_Ω , задаваемые посредством некоторых ЧРФ, определенные для всех пар (x, y) , где $x \in \mathbf{U}_\Omega$, $y \in \mathbf{U}_\Omega$, и корректные относительно равенства $\overline{=}_\Omega$ (таким образом, если $x \overline{=}_\Omega x_1$, $y \overline{=}_\Omega y_1$, то $x \bigcup_\Omega y = x_1 \bigcup_\Omega y_1$,

$x \bigcap_{\Omega} y = x_1 \bigcap_{\Omega} y_1$); (4) константы $\mathbf{0}_{\Omega} \in \mathbf{U}_{\Omega}$ и $\mathbf{1}_{\Omega} \in \mathbf{U}_{\Omega}$; при этом предполагаем, что для любых $x \in \mathbf{U}_{\Omega}, y \in \mathbf{U}_{\Omega}, z \in \mathbf{U}_{\Omega}$ имеют место следующие соотношения (означающие фактически, что операции \bigcup_{Ω} и \bigcap_{Ω} вместе с константами $\mathbf{0}_{\Omega}$ и $\mathbf{1}_{\Omega}$ образуют дистрибутивную решетку с нулем и единицей [15, 16]) (отметим, что в этих соотношениях мы опускаем символ Ω , придаваемый символам $=, \bigcup, \bigcap, \mathbf{0}, \mathbf{1}$ в соответствии с введенными выше определениями): $x \bigcup x = x, x \bigcap x = x, x \bigcup y = y \bigcup x, x \bigcap y = y \bigcap x, x \bigcup (y \bigcup z) = (x \bigcup y) \bigcup z, x \bigcap (y \bigcap z) = (x \bigcap y) \bigcap z, (x \bigcap y) \bigcup y = y, (x \bigcup y) \bigcap y = y, x \bigcap (y \bigcup z) = (x \bigcap y) \bigcup (x \bigcap z), x \bigcup (y \bigcap z) = (x \bigcup y) \bigcap (x \bigcup z)$ $\mathbf{0} \bigcup x = x, \mathbf{0} \bigcap x = \mathbf{0}, \mathbf{1} \bigcup x = \mathbf{1}, \mathbf{1} \bigcap x = x$.

Во всякой АШИ Ω вводится предикат \leq_{Ω} следующим образом: $x \leq_{\Omega} y$ имеет место в том и только в том случае, когда $x \bigcup_{\Omega} y = y$ (или же $x \bigcap_{\Omega} y = x$; легко видеть, что оба указанных равенства эквивалентны). Предикат $\neg(x = y)$ будем обозначать посредством $x \neq_{\Omega} y$; предикат $(x \leq_{\Omega} y) \& (x \neq_{\Omega} y)$ будем обозначать посредством $x <_{\Omega} y$.

Будем говорить, что АШИ Ω является примитивно рекурсивной, если множество \mathbf{U}_{Ω} , предикат $\bar{=}$ и операции $\bigcup_{\Omega}, \bigcap_{\Omega}$ примитивно рекурсивны.

Символ Ω в обозначениях, введенных выше, будем иногда опускать. Простейшим примером АШИ является АШИ Ω_1 ; в этой АШИ \mathbf{U}_{Ω} есть двухэлементное множество, состоящее из чисел 0 и 1; предикат $=$ есть обычное равенство чисел из N ; $x \bigcup y$ и $x \bigcap y$, суть соответственно $\max(x, y)$ и $\min(x, y)$, $\mathbf{0}$ есть 0 и $\mathbf{1}$ есть 1. Другой пример, а именно, АШИ Ω_2 , получается на основе естественным образом определяемого взаимно-однозначного соответствия между множеством N и множеством всех двоично рациональных чисел вида $\frac{m}{2^n}$ (где $m \in N, n \in N$), удовлетворяющих условию $0 \leq \frac{m}{2^n} \leq 1$ (при подобном определении, например, числам 0,1,2,3,4,5,6,7 и т.п. соответствуют числа $0, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{1}{8}, \frac{3}{8}, \frac{5}{8}$ и т.п.). Если двоично-рациональное число, соответствующее числу $n \in N$, обозначить посредством $\Gamma(n)$, а обратное соответствие обозначить посредством Γ^{-1} , тогда \mathbf{U}_{Ω} есть N , $=$ есть равенство чисел из N ; $x \bigcup y$ и

$x \cap y$, суть соответственно $\Gamma^{-1}(\max(\Gamma(x), \Gamma(y)))$ и $\Gamma^{-1}(\min(\Gamma(x), \Gamma(y)))$, $\mathbf{0}$ есть 0 и $\mathbf{1}$ есть 1. Аналогичным образом строится АШИ Ω_3 , основанная на естественном взаимно-однозначном соответствии между некоторым подмножеством множества N и множеством предикатных формул [9, 10, 14]. Если формулу, соответствующую числу n , обозначить посредством $\Gamma(n)$, а обратное соответствие обозначить посредством Γ^{-1} , то тогда U_Ω есть область определения $\Gamma(n)$, $x = y$ имеет место в том и только в том случае, когда формула $(\Gamma(x) \supset \Gamma(y)) \& (\Gamma(y) \supset \Gamma(x))$ выводима в H^{con} , $x \cup y$ (соответственно, $x \cap y$) есть $\Gamma^{-1}((\Gamma(x) \vee \Gamma(y)))$ (соответственно, $\Gamma^{-1}((\Gamma(x) \& \Gamma(y)))$), $\mathbf{0}$ (соответственно, $\mathbf{1}$) есть число, соответствующее какой-либо фиксированной формуле, опровержимой (соответственно, доказуемой) в H^{con} .

Отметим, что Ω_1 и Ω_2 являются примитивно рекурсивными, однако Ω_3 таковой не является (в частности, предикат равенства в Ω_3 является рекурсивно перечислимым, но не рекурсивным).

4. **Некоторые теоретико-алгоритмические понятия.** Обобщенным нечетким рекурсивно перечислимым множеством размерности $n \geq 1$ относительно АШИ Ω (сокращенно ОРПМ $_\Omega$) будем называть рекурсивно перечислимое множество $(n+1)$ -членных систем $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon)$, где $x_i \in N$ при $1 \leq i \leq n$, $\varepsilon \in U_\Omega$.

Замечание. Понятие ОРПМ $_\Omega$ является обобщением понятия нечеткого рекурсивного перечислимого множества (НРПМ), рассматриваемого в [8]. О соотношении между понятиями ОРПМ $_\Omega$ и НРПМ будет более подробно сказано ниже.

В дальнейшем при рассмотрении ОРПМ $_\Omega$ будем считать, что зафиксирована некоторая АШИ Ω , и все ОРПМ $_\Omega$, о которых идет речь, относятся к этой АШИ. (Аналогичные соглашения предполагаются в дальнейшем при рассмотрении других объектов, связанных с АШИ). В соответствии с этим соглашением символ Ω в обозначении ОРПМ $_\Omega$ будем иногда опускать.

Говорим, что ОРПМ α размерности $n \geq 1$ относительно АШИ Ω покрывает ОРПМ β той же размерности относительно той же АШИ, если для всякой системы $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \beta$, где $\varepsilon \neq \mathbf{0}_\Omega$, можно указать $(x_1, x_2, \dots, x_n, \delta) \in \alpha$, такую, что $\delta \geq_\Omega \varepsilon$.

Говорим, что ОРПМ α и β размерности n относительно АШИ Ω эквивалентны, если α покрывает β и β покрывает α . Отношение “ОРПМ α покрывает ОРПМ $_\Omega$ β ” будем обозначать посредством

$\beta \overset{\subseteq}{\subseteq} \alpha$ или $\beta \subseteq \alpha$; отношение “ОРПМ $_{\Omega}$ α и β эквивалентны” будем обозначать посредством $\alpha \overset{=}{=} \beta$ или $\alpha = \beta$.

Говорим, что ОРПМ α размерности n является *монотонным*, если для любых систем $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon)$ и $(x_1, x_2, \dots, x_n, \delta)$, таких, что $\varepsilon \overset{\leq}{\subseteq} \delta$, оказывается: если $(x_1, x_2, \dots, x_n, \delta) \in \alpha$, то $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \alpha$.

Объединение $\alpha \bigcup_{\Omega} \beta$ (соответственно, *пересечение* $\alpha \bigcap_{\Omega} \beta$) ОРПМ α и ОРПМ β размерности n относительно АШИ Ω определяется как ОРПМ γ размерности n относительно Ω , такое, что $(x_1, x_2, \dots, x_n, \eta) \in \gamma$ в том и только том случае, когда можно указать такие $\varepsilon \in \mathbf{U}_{\Omega}$ и $\delta \in \mathbf{U}_{\Omega}$, что $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \alpha$, $(x_1, x_2, \dots, x_n, \delta) \in \beta$, $\eta \overset{\leq}{\subseteq} \varepsilon \bigcup_{\Omega} \delta$ (соответственно, $\eta \overset{\leq}{\subseteq} \varepsilon \bigcap_{\Omega} \delta$).

Декартово произведение $\alpha \overset{\times}{\times} \beta$ ОРПМ α и β размерностей соответственно n и m относительно АШИ Ω определяется как ОРПМ γ размерности $n + m$ относительно Ω , такое, что $(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}, \eta) \in \gamma$ в том и только в том случае, когда можно указать такие $\varepsilon \in \mathbf{U}_{\Omega}$ и $\delta \in \mathbf{U}_{\Omega}$, что $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \alpha$, $(x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}, \delta) \in \beta$, $\eta \overset{\leq}{\subseteq} \varepsilon \bigcap_{\Omega} \delta$.

Если α – ОРПМ размерности k относительно АШИ Ω , то его n -я декартова степень α^k определяется как ОРПМ $\alpha \times \underset{n \text{ раз}}{\alpha} \times \dots \times \alpha$ размерности $n \cdot k$ относительно Ω .

Проекция $\downarrow_i^n(\alpha)$ ОРПМ α размерности $n > 1$ по i -й координате, где $1 \leq i \leq n$, относительно АШИ Ω определяется как ОРПМ γ размерности $n - 1$ относительно Ω , такое, что $(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n, \varepsilon) \in \gamma$ в том и только том случае, когда $(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n, \varepsilon) \in \alpha$ при некотором $x_i \in N$. Операцию построения проекции ОРПМ по координате x_i мы будем называть операцией *проектирования* ОРПМ по i -й координате (или просто операцией проектирования ОРПМ).

Посредством V_{Ω}^n будем обозначать ОРПМ α размерности n относительно АШИ Ω , такое, что $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \alpha$ при любых x_1, x_2, \dots, x_n из N и любом $\varepsilon \in \mathbf{U}_{\Omega}$. Посредством Λ_{Ω}^n будем обозначать ОРПМ β

размерности n относительно АШИ Ω , такое, что при любых x_1, x_2, \dots, x_n из N соотношение $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \beta$ имеет место в том и только том случае, когда $\varepsilon = \mathbf{0}_\Omega$. В дальнейшем индекс Ω в обозначениях $\alpha \bigcup_\Omega \beta$, $\alpha \bigcap_\Omega \beta$, $\alpha \times_\Omega \beta$, V_Ω^n , Λ_Ω^n , а также в иных аналогичных обозначениях будем иногда опускать.

Говорим, что для ОРПМ α размерности n относительно АШИ Ω i -я переменная x_i (где $1 \leq i \leq n$) является *фиктивной*, если соотношение $(x_1, x_2, \dots, x_n, \varepsilon) \in \alpha$ при фиксированных $x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n, \varepsilon$ либо имеет место при любых $x_i \in N$, либо не имеет места ни при каких $x_i \in N$.

Генерализация $\uparrow_i^n(\alpha)$ ОРПМ α размерности n по i -й координате, где $1 \leq i \leq n$, относительно АШИ Ω определяется как ОРПМ γ размерности n относительно Ω , такое, что $(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n, \varepsilon) \in \gamma$ в том и только том случае, когда $(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n, \varepsilon) \in \downarrow_i^n(\alpha)$ (если $n=1$, то $\uparrow_1^1(\alpha) = V_\Omega^1$ при $\alpha \neq \Lambda_\Omega^1$ и $\uparrow_1^1(\alpha) = \Lambda_\Omega^1$ при $\alpha = \Lambda_\Omega^1$). Таким образом, генерализация α по i -й координате получается из проекции $\downarrow_i^n(\alpha)$ посредством добавления фиктивной переменной x_i .

Операция *транспозиции* T_{ij}^n i -й и j -й координат в ОРПМ α размерности n относительно АШИ Ω , где $1 \leq i, j \leq n$ (иначе говоря, *перестановки* i -й и j -й переменных), а также операция *подстановки переменных* Sub_{ij}^n в ОРПМ α размерности n относительно АШИ Ω , где $1 \leq i, j \leq n$ (иначе говоря, операция *подстановки* j -й переменной вместо i -й переменной в α) определяется естественным образом в точной аналогии с соответствующими определениями из [8] (см. [8], с. 42).

5. Идеалы. ОРПМ-идеалом размерности n относительно АШИ Ω будем называть любое непустое конструктивное множество Δ монотонных ОРПМ $_\Omega$ размерности n , обладающее следующими свойствами (ср. [8], с. 46):

- (1) если $\alpha \in \Delta$ и $\beta \subseteq \alpha$, то $\beta \in \Delta$;
- (2) если $\alpha \in \Delta$ и $\beta \in \Delta$, то $\alpha \cup \beta \in \Delta$.

ОРПМ-идеал Δ размерности n относительно АШИ Ω будем называть *главным*, если можно указать такое монотонное ОРПМ β , что $\alpha \in \Delta$ в том и только том случае, когда $\alpha \subseteq_\Omega \beta$. ОРПМ-идеал Δ указанного типа будем называть *нулевым*, если $\alpha \in \Delta$ в том и только том случае, когда $\alpha = \Lambda_\Omega^n$; этот идеал будем называть *полным*, если $V_\Omega^n \in \Delta$.

6. Предикатные формулы. Будем рассматривать предикатные формулы, построенные из элементарных формул посредством логических операций $\&, \vee, \supset, \neg, \forall, \exists$, не содержащие функциональных символов и символов предметных констант [7-10, 12]. Считаем, что в числе предикатных формул фигурируют также символ истинности T и символ ложности F . Полагаем, что в языке предикатных формул имеется бесконечное число предикатных символов каждой размерности $k \geq 1$. Предикатные формулы будем обозначать буквами A, B, C, D (быть может, с индексами).

Полагаем, что зафиксирована последовательность x_1, x_2, \dots , состоящая из всех различных предметных переменных рассматриваемого языка предикатных формул. *Индексной мажорантой* формулы A будем называть любое число $k \in N$, большее или равное максимуму индексов i всех предметных переменных (как свободных, так и связанных), входящих в A , а также¹⁾ размерностей всех предикатных символов, входящих в A .

7. Интерпретации предикатных формул. Пусть A – предикатная формула, не содержащая иных предикатных символов, кроме p_1, p_2, \dots, p_l с размерностями, соответственно, k_1, k_2, \dots, k_l . *ОНКЛ-распределением* для формулы A относительно АШИ Ω будем называть соответствие, при котором каждому предикатному символу p_i (где $1 \leq i \leq l$) размерности k_i ставится в соответствие некоторый ОРПМ-идеал относительно Ω , имеющий размерность k_i . ОНКЛ-распределение относительно Ω будем называть *главным*, если все ОРПМ-идеалы, поставленные в соответствие предикатным символам p_1, p_2, \dots, p_l , являются главными ОРПМ-идеалами.

Пусть k – индексная мажоранта формулы A . *ОНКЛ – интерпретация* формулы A относительно АШИ Ω , ОНКЛ-распределения φ и индексной мажоранты k (мы будем в дальнейшем обозначать эту интерпретацию посредством $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(A)$) определяется как некоторый ОРПМ-идеал размерности k при помощи индукции по построению подформул формулы A . Если B – элементарная подформула формулы A , имеющая вид $p_i(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)$, где $1 \leq i \leq l$, $m = k_i$, то $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(B)$ есть ОРПМ-идеал Δ'' , получаемый при помощи следующих построений: вначале исходя из ОРПМ-идеала Δ размерности m , сопоставленного предикатному символу p_i в соответствии с распределением φ , строится ОРПМ-идеал Δ' , которому принадлежат все ОРПМ β , удовлетворяющие условию $\beta \subseteq \alpha \times V_{\Omega}^{k-m}$ при каком-либо $\alpha \in \Delta$ (это соответствует добавлению $k - m$ фиктивных переменных во все ОРПМ α); после этого искомым ОРПМ-

¹⁾ В этом месте в тексте статьи [8] допущена ошибка: из указанного определения выпала последняя часть (“а также размерностей всех предикатных символов, входящих в A ”) (см. [8], с. 49-50).

идеал Δ'' строится исходя из Δ' при помощи операций T_{ij}^k и Sub_{ij}^k , применяемых ко всем $\alpha \in \Delta'$ таким образом, чтобы все предметные переменные, входящие в рассматриваемую предикатную формулу $p_i(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)$, оказались на своих местах в соответствии со структурой этой формулы (заметим, что указанные построения проводятся в точной аналогии с построениями, рассмотренными в [8] на с. 50-51). Если подформула B формулы A имеет вид T или F , то $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(B)$ есть, соответственно, полный или нулевой ОРПМ-идеал. ОРПМ-идеал $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(B \vee C)$ (соответственно, $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(B \& C)$) определяется как множество всех монотонных ОРПМ вида $\beta \cup \gamma$ (соответственно, $\beta \cap \gamma$), где $\beta \in \Pi_{\Omega, \varphi, k}(B)$, $\gamma \in \Pi_{\Omega, \varphi, k}(C)$. ОРПМ-идеал $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(B \supset C)$ определяется как множество всех монотонных ОРПМ ω , удовлетворяющих следующему условию: для любого монотонного k - мерного ОРПМ $\beta \in \Pi_{\Omega, \varphi, k}(B)$ оказывается: $\beta \cap \omega \in \Pi_{\Omega, \varphi, k}(C)$. ОРПМ-идеал $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(\exists x_i(B))$ определяется как множество всех монотонных ОРПМ ω , удовлетворяющих условию $\omega \subseteq \hat{\uparrow}_i^k(B)$ при некотором $\beta \in \Pi_{\Omega, \varphi, k}(B)$. ОРПМ-идеал $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(\forall x_i(B))$ определяется как множество всех монотонных ОРПМ ω , удовлетворяющих условию $\hat{\uparrow}_i^k(\omega) \in \Pi_{\Omega, \varphi, k}(B)$. ОРПМ-идеал $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(\neg B)$ определяется как $\Pi_{\Omega, \varphi, k}(B \supset F)$. Указанными условиями, как легко видеть, определяются ОНКЛ-интерпретации относительно Ω, φ, k для всех подформул формулы A , в том числе и для A .

8. Общезначимость предикатных формул. Будем говорить, что предикатная формула A является *сильно ОНКЛ-общезначимой* (соответственно, *слабо ОНКЛ-общезначимой*) относительно АШИ Ω , если для любого ОНКЛ-распределения φ (соответственно, для любого главного ОНКЛ-распределения φ) и для любой достаточно большой индексной мажоранты k формулы A ОРПМ-идеал $\Pi_{\Omega, \varphi, k}$ является полным ОРПМ-идеалом.

Теорема 8.1. *Какова бы ни была АШИ Ω , любая предикатная формула указанного выше вида, выводимая в H^{con} , является сильно ОНКЛ-общезначимой относительно Ω .*

Теорема 8.2. *Какова бы ни была АШИ Ω , следующие формулы*

- (а) $p(x_1) \vee \neg p(x_1)$;
- (б) $(p(x_1) \supset (q(x_1) \vee r(x_1))) \supset ((p(x_1) \supset q(x_1)) \vee (p(x_1) \supset r(x_1)))$;
- (в) $\forall x_2 (p(x_1) \vee q(x_1, x_2)) \supset (p(x_1) \vee \forall x_2 q(x_1, x_2))$,

не являются слабо ОНКЛ-общезначимыми (тем более, сильно ОНКЛ-общезначимыми) относительно Ω .

Замечание. Понятиям НКЛ* -общезначимости и ТКЛ-общезначимости предикатных формул, рассмотренным в [8], соответствуют в рамках аппарата обобщенной нечеткой конструктивной логики понятия ОНКЛ-общезначимости относительно, соответственно, АШИ Ω_2 и Ω_1 – с некоторыми техническими изменениями. Эти изменения в основном сводятся к следующему. Прямые аналоги понятий открытого НРПМ, покрываемости и эквивалентности НРПМ, рассмотренных в [8], отсутствуют в системе понятий, введенных выше. Понятия покрываемости и эквивалентности ОРПМ, определенные выше, соответствуют понятиям сильной покрываемости и сильной эквивалентности НРПМ, рассматриваемым в [8]. Понятие монотонного ОРПМ в системе определений, рассматриваемых выше, играет такую же роль, как понятие открытого НРПМ в системе определений из [8].

Институт проблем информатики и автоматизации НАН РА

Член-корреспондент НАН РА И. Д. Заславский

Обобщенная нечеткая конструктивная логика

Рассматривается система нечеткой конструктивной логики, в которой логические значения образуют частично упорядоченное множество. Вводится понятие алгоритмической шкалы истинности (сокращенно АШИ), и на его основе строится логическая система обобщенной нечеткой конструктивной логики (сокращенно ОНКЛ), в частности, вводятся понятия сильной и слабой ОНКЛ-общезначимости предикатных формул относительно данной АШИ. Устанавливается, что всякая формула определенного вида, выводимая в конструктивном (интуиционистском) исчислении предикатов, является сильно ОНКЛ-общезначимой относительно любой АШИ. С другой стороны, для некоторых предикатных формул (общезначимых в классической логике) устанавливается, что относительно любой АШИ эти формулы не являются слабо ОНКЛ-общезначимыми.

ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ի. Դ. Չասլավսկի

Ընդհանրացված ոչ պարզորոշ կոնստրուկտիվ տրամաբանություն

Դիտարկվում է ոչ պարզորոշ կոնստրուկտիվ տրամաբանության համակարգ, որտեղ տրամաբանական արժեքները կազմում են մասնակի կարգավորված բազմություն: Սահմանվում է ճշմարտության ալգորիթմական սանդղակի գաղափարը (կարճ, Ա-սանդղակ), և այդ գաղափարի հիման վրա կառուցվում է ընդհանրացված ոչ պարզորոշ կոնստրուկտիվ տրամաբանության համակարգ: Մասնավորապես սահմանվում են պրեդիկատային բանաձևերի ուժեղ և թույլ նույնաբար ճշմարտության գաղափարները տվյալ Ա-սանդղակի նկատմամբ: Ապացուցվում է, որ կոնստրուկտիվ (ինտուիցիոնիստական) պրեդիկատային հաշվում արտածվող որոշակի տիպի յուրաքանչյուր պրեդիկատային բանաձև նույնաբար ճշմարիտ է ուժեղ իմաստով ցանկացած Ա-սանդղակի նկատմամբ: Մյուս կողմից ապացուցվում է, որ որոշ պրեդիկատային բանաձևեր (որոնք նույնաբար ճշմարիտ են դասական տրամաբանության տեսակետից) նույնաբար ճշմարիտ չեն թույլ իմաստով ցանկացած Ա-սանդղակի նկատմամբ:

Corresponding member of NAS RA I. D. Zaslavsky

Generalized Fuzzy Constructive Logic

A system of fuzzy constructive logic is considered in which the truth values are partially ordered. The notion of algorithmic scale of truth values (shortly, A-scale) is introduced; and on the base of it logical system of generalized fuzzy constructive logic is developed. The classes of identically true predicate formulas in strong and weak sense concerning a given A-scale are introduced. It is proved that any predicate formula of some kind deducible in the constructive (intuitionistic) predicate calculus is identically true in the strong sense concerning any A-scale. From the other side it is proved that some predicate formulas (which are identically true from the classical point of view) are not identically true in the weak sense concerning any A-scale.

Литература

1. *Zadeh L.* – Information and Control. 1965. V. 8. P. 338-353.
2. *Yen J., Langari R.* Fuzzy Logic, Intelligence, Control, and Information. Prentice Hall, upper Saddle River. New Jersey. 1999.
3. *Novak V., Perfilieva I., Mockor J.* Mathematical Principles of Fuzzy Logic. Kluwer Academic Publishers. 1999.
4. *Марков А. А.* – Труды МИАН СССР. 1962. Т. 67. С. 8-14.
5. *Шанин Н. А.* – Труды МИАН СССР. 1962. Т. 67. С. 15-294.
6. *Кушнер Б. А.* Лекции по конструктивному математическому анализу. М. Наука. 1973. 448 с.
7. *Заславский И. Д.* – Записки научных семинаров ПОМИ РАН. 2008. Т. 358. С. 130-152.
8. *Заславский И. Д.* – Записки научных семинаров ПОМИ РАН. 2012. Т. 407. С. 35-76.
9. *Kleene S. C.* Introduction to Metamathematics. D. van Nostrand Comp., Inc., New York-Toronto. 1952.
10. *Mendelson E.* Introduction to Mathematical Logic. D. van Nostrand Comp., Inc., Princeton, New Jersey-Toronto-New York-London. 1964.
11. *Rogers H.* Theory of Recursive Functions and Effective Computability. Mc. Graw Hill Book Comp., New York-St. Louis-San Francisco-Toronto-London-Sydney. 1967.
12. *Мальцев А. И.* Алгоритмы и рекурсивные функции. 2-е изд. М. Наука. 1986.
13. *Марков А. А.* – Труды 3-го Всесоюзн. мат. съезда. 1956. Т. 2. С. 146-147.
14. *Troelstra A. S., Schwichtenberg H.* Basic Proof Theory. Cambridge Univ. Press, Cambridge-New York. 2000.
15. *Бирхгоф Г.* Теория решеток. М. Наука. 1984.
16. *Расева Е., Сикорский Р.* Математика метаматематики. М. Наука. 1972.

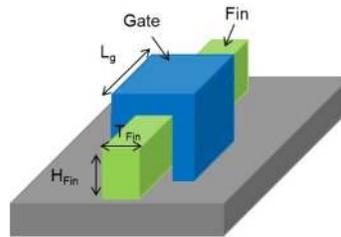


Fig. 1. FinFET structure.

For instance, in [6] and [7], several types of open and short defects in FinFET logic circuits have been investigated and showed that an open defect on the back gate causes delay and leakage problems unique to FinFETs.

In [8] stuck-open faults (SOF) for FinFET-based memory devices were examined and two new vector strategies were proposed for increasing the possibility of SOF defects detection.

Finally in [9], stuck-open, stuck-on and gate oxide short defects on different number of Fins within one FinFET transistor have been investigated. According to the results if this number is large enough, the defect can be modeled with stuck-open or delay faults.

Taking into account the novel structure of FinFET-based memory devices, the traditional test development flow [10], which is typically used for planar memory devices, cannot be applied to FinFETs in its primary form. This paper describes the way how each of the steps of the flow needs to be tuned in order to take into consideration all the specifics of FinFETs.

2. Test development flow. The requirements for different aspects of embedded memories testing change with the shrinking of transistor technology, which is used in memory devices. It is a natural process since each generation of the transistors can have structural and behavioral differences compared to the previous one. Thus, the test development flow can differ among different transistor technology generations. During the recent years this process was mainly stabilized since the usage of MOSFET transistor technology in the embedded memory devices became prevailing. The scalability of MOSFET technology allowed constantly shrinking the technology without serious impact on memory Built-in Self-Test (BIST) solution used. The typical test development flow [10] looks like pictured in Fig. 2. With each technology change the following major steps should be completed to obtain the upgraded BIST solution for embedded memories:

1. *Technology Node Selection:* Each time new technological node is available it needs to be investigated in order to construct the accurate embedded test and repair solution for it.

2. *Defect Injection:* The characteristics of the arriving technology node are analyzed and based on the results new defect types are identified specific for the technology. These defects are then injected into memory in order to investigate their behavior.

3. *Fault Extraction*: As the next step, for the set of injected defects the corresponding memory fault models need to be extracted, which reflect the behavior of the defects at functional level.

4. *Test Solution Construction*: For the set of identified fault models the optimal test solution is constructed which detects the faults in the optimal period of time.

5. *BIST Solution Upgrade*: Finally the constructed test solution is integrated into the memory BIST for providing the high fault coverage.

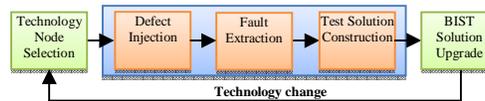


Fig. 2. Typical test development flow for embedded memories.

Using this flow a set of MOSFET technology specific defects was well investigated and corresponding fault models were developed with the shrinking of the technology. Nevertheless, for the latest generation of MOSFET transistors, especially starting from around 65nm and down to 20nm, this flow was mainly used to define the probability of the faults occurrence since no new types of faults were being identified any more.

However, the situation extremely changes with the MOSFET technology coming to its limits at 20nm. In order to cross this border new technological solutions come to the action and the established test development flow need to be accustomed to them. This especially applies to FinFETs since the spatial structure of FinFET transistors opens the doors for occurrence of new types of defects and thus leading to new fault models and possibly new test algorithms for their detection. Hence there is a need to reconsider the steps of the flow (highlighted with the blue box in Fig. 2), namely “Defect Injection”, “Fault Extraction” and “Test Solution Construction” for FinFET-based memory devices. In Section 4 the effect of the technology change from MOSFET to FinFET on each of the mentioned steps in the test development flow is demonstrated. The experimental results are presented which show the effectiveness of the proposed enhanced flow.

3. FinFET defect models. As mentioned above, the acute distinction in structures of planar MOSFET and non-planar FinFET technologies mean that the same set of defects that was considered for MOSFETs cannot be applied to FinFETs as is. Fig. 3 shows the basic set of defect types which were considered for FinFETs in the “Defect Injection” step. This list includes the defects specific to FinFETs as well as defects common for both technologies:

- (a) Fin Open – Full and resistive open defects on Fin;
- (b) Gate Open – Full and resistive open defects on Gate;
- (c) Fin Stuck-On – Full and resistive short defects between Source and Drain;
- (d) Gate-Fin Short – Full and resistive short defects between Gate and Fin;
- (e) Fin-VDD/VSS Short – Full and resistive short defects between Fin and VDD or Fin and VSS.

(f) Process Variation – Variations in FinFET parameter values.

4. Defect injection, fault modeling and test algorithm synthesis. After the set of defects going to be investigated was fixed, the next step was to inject the defects into the FinFET-based memory and model the resulting faults.

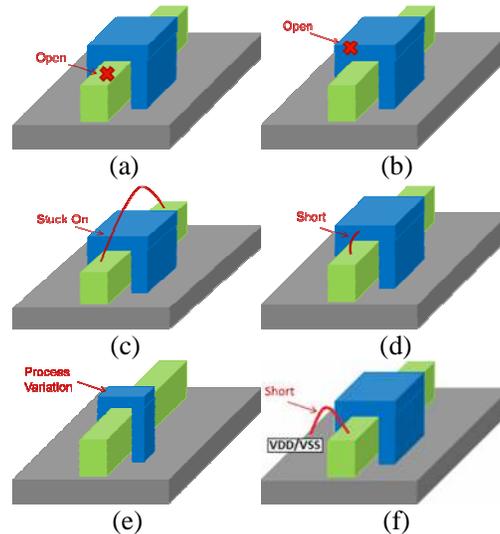


Fig. 3. Defect models considered for FinFETs.

For making this process more systematic and less time consuming an automated flow was developed (see Fig. 4). It made the investigation of FinFET defects a lot faster and more effective in terms of finding new faults specific to FinFETs. As an input, the flow receives a set of defects through Defect LIB and Simulation Setup containing a set of test sequences, with their test conditions (frequency, voltage, temperature), in case of resistive defect also the range of resistance magnitude. A defect is injected either in GDS or in SPICE Net-list depending on which one is more preferable in the particular case. Then two SPICE Simulations (defect-free and defect injected) are run with given Simulation Setup and for each simulation PASS/FAIL information and corresponding Waveforms of applied test operations are obtained. If FAIL is obtained for defective SPICE Net-list then it means that current Simulation Setup is correct and at least one of the provided test sequences detects the fault. Otherwise, if PASS is obtained then it means that the defect is not detected by the given test sequences and the simulation setup needs to be updated and the same process should be repeated with the new setup. This part is done by the user (test engineer or other relevant person) following some special rules. The process continues until the satisfactory test sequence(s) are found. Based on the received test sequences the fault models are extracted automatically.

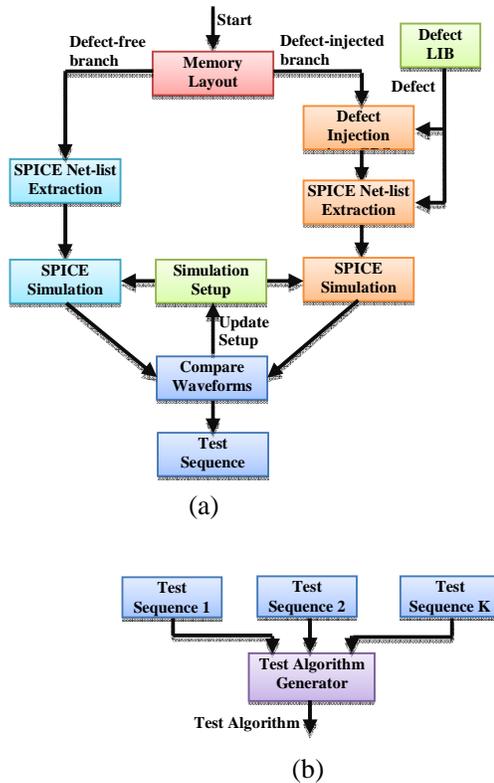


Fig. 4. (a) –Defect Injection and Fault Modeling Flow; (b) – Test Algorithm Synthesis Flow.

The next major step after the fault models and the corresponding test sequences are identified is the construction of a test algorithm for detection of a given set of faults. This step of the flow was also automated to take as an input a set of obtained Test Sequences and generate the optimal test algorithm. The advantage of this approach is that the flow becomes more generic since there is no dependency on fault types. Besides it becomes more efficient as the output test sequences of the described flow become direct inputs for the algorithm generation flow and all these happens automatically without any need for human intervention. It is also important to note that according to the experiments if the given Test Sequences have minimal lengths in terms of detecting the given defects/fault models, then Test Algorithm Generator will synthesize minimal test algorithms [11].

5. Experimental results. The proposed enhanced flow was validated on several FinFET-based memory devices obtained from different foundries. The results of the performed huge number of SPICE

simulations proved the viability of the described solution and led to some interesting results summarized in [12] and [13]. Each defect was injected into pass-gate (PG), pull-down (PD) and pull-up (PU) transistors one at a time and furthermore multiple defects were injected simultaneously in the same memory cell. The same defects were also injected into planar 28nm and 45nm memory devices in order to compare the obtained results.

Some of the most important statements derived are listed below:

- FinFET-based memory devices are more prone to dynamic faults than planar-based memories.
- FinFET-based memory devices are more stable to process variation faults.
- Static single-cell and coupling faults are typical for both FinFET- and planar-based memory devices.

Fig. 5 presents two examples of simulation waveforms, which were obtained for two different types of defects injected into the memory cell under the different test conditions.

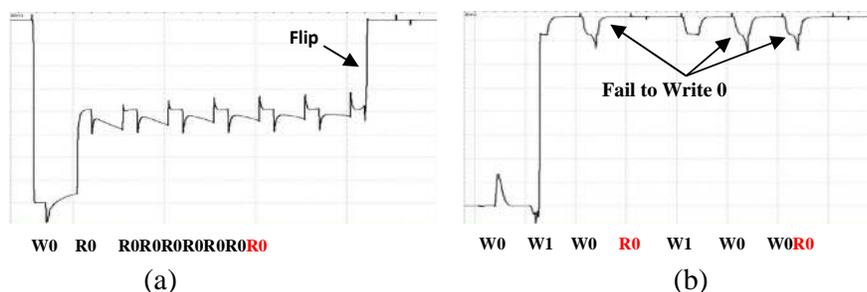


Fig. 5. (a)– Resistive Fin Open defect in PD transistor; (b) – Resistive Gate Open defect in PG transistor.

In the figure (a) the simulation output is depicted for the case when a resistive Fin Open defect is injected into a pull-down transistor of a FinFET-based memory cell. It results in seven-operation dynamic Deceptive Read Destructive Fault dDRDF0-7, where the 7th R0 operation is flipping the content of the cell without reporting a mismatch while the 8th R0 operation detects the fault. So Test Sequence = {W0, R0, R0, R0, R0, R0, R0, R0} and the corresponding fault model is dDRDF0-7 = <0R07/1/0>.

Meanwhile the figure (b) shows the result in the case when a resistive Gate Open defect is injected into a pass-gate transistor of a FinFET-based memory cell. It results in a well-known transition fault TF0 = <1W0/1/-> and the corresponding Test Sequence = {W1, W0, R0} or {W1, W0, W0, R0}.

6. Conclusions. This paper describes the way how a commonest developmentflow can be tuned for FinFET-based memory devices. Each of the steps in the flow was investigated in detail and the required enhancements were outlined which need to be applied. For this purpose a new strategy was proposed which

helps to make the flow more systematic and automated in order to reduce the time and efforts necessary for modeling FinFET-specific faults and synthesizing test algorithms for their detection.

The results of experiments done for several real-life 16nm and 14nm FinFET-based memory instances proved the usefulness of the flow and revealed some interesting characteristics of FinFET-based memory devices. In particular, the experiments showed that FinFET-based memory devices compared with planar-based devices are more prone to dynamic faults and are more stable to process variation faults.

IT Educational and Research Center (ITERC),
Yerevan State University
e-mail: grigor.tshagaryan@gmail.com

G. A. Tshagaryan

Built-In Test Flow for FinFET-based Memory Devices

Rapidly developing FinFET technology, alternative to the conventional planar technology, plays an important role in routing modern silicon industry. Due to their unique structure, the defect types and corresponding fault models for FinFET transistors are different compared to planar ones. As a result the established flow used for synthesizing the embedded test solutions for MOSFET-based memory devices does not enable a smooth transition to FinFET-based devices. Thus, there is a need to tune the existing solution to support FinFETs. In this paper the upgraded and automated test development flow is introduced for FinFET-based memory devices, which was validated on several 16nm and 14nm memory instances. Eventually new faults were identified that are specific to FinFETs and their behavior was studied in detail.

Գ. Ա. Ճաղարյան

ՖինՖԵՏ հիշող սարքերի ներդրված թեստավորման ընթացք

Արագորեն զարգացող ՖինՖԵՏ տեխնոլոգիան՝ ավանդական պլանար տեխնոլոգիայի այլընտրանքը, շատ կարևոր դեր է խաղում ժամանակակից սիլիկոնային արդյունաբերության ուղղորդման գործում: Շնորհիվ իրենց յուրահատուկ կառուցվածքի՝ ՖինՖԵՏ տրանզիստորների դեֆեկտների տիպերը և համապատասխան անսարքությունների մոդելները տարբերվում են պլանար տրանզիստորներից: Արդյունքում ներդրված հիշող սարքերի թեստավորում անլուծումների սինթեզման համար օգտագործվող ամրագրված ընթացակարգը չի կարող սահուն կիրառվել ՖինՖԵՏ հիշող սարքերի համար: Ուստի կարիք կա ձևափոխելու գոյություն ունեցող լուծումը ՖինՖԵՏ-ների համար: Այս հոդվածում ՖինՖԵՏ հիշող սարքերի համար թեստի մշակման բարելավված և ավտոմատացված ընթացակարգն է ներկայացված, որը վավերացված է մի քանի 16 և 14 նանոմետրանոց հիշող սարքերի նմուշների վրա: Արդյունքում նոր անսարքություններ են հայտնաբերվել բնորոշ միայն ՖինՖԵՏ-ներին, որոնց վարքը խորությամբ ուսումնասիրվել է:

Г. А. Джагарян

**Последовательность встроенного тестирования для устройств
памяти, основанных на технологии ФинФЕТ**

Быстро развивающаяся технология ФинФЕТ, альтернатива существующей планарной технологии, играет важную роль в развитии современной силиконовой промышленности. Благодаря их уникальной структуре типы дефектов и соответствующие модели неисправностей для ФинФЕТов отличаются по сравнению с планарными транзисторами. В результате уже существующая процедура, используемая для синтеза встроенных решений по тестированию устройств памяти, основанных на технологии МОСФЕТ, не позволяет плавно перейти к устройствам памяти, основанным на технологии ФинФЕТ. Таким образом, возникает необходимость усовершенствовать существующее решение для технологии ФинФЕТ. В этой статье представлена модернизированная и автоматизированная процедура для разработки тестовой методологии для устройств памяти, основанных на технологии ФинФЕТ, который был проверен на нескольких 16 и 14 нанометрических экземплярах устройств памяти. В результате экспериментов были обнаружены новые неисправности, которые свойственны только таким устройствам. Поведение этих неисправностей было изучено в деталях.

References

1. International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS). www.itrs.net, 2013.
2. *Bayoumi M., Dutta A.* - ICECS. 2014. P. 387-390.
3. *King T.-J.* - IEEE/ACM International Conference on CAD. 2005. P. 207-210.
4. *Jurczak M., Collaert N., Veloso A., Hoffmann T., Biesemans S.* - IEEE International SOI Conference. 2009. P. 1-4.
5. *Chi M.-h.* - Globalfoundries. 2012.
6. *Simsir M. O., Bhoj A. N., Jha N. K.* - IEEE / ACM International Symposium on Nanoscale Architectures. 2010. P. 41-46.
7. *Bhoj A. N., Simsir M. O., Jha N. K.* - IEEE Transactions on Nanotechnology. V. 11. N. 1. 2012. P. 182-193.
8. *Champac V., Hernandez J. V., Barcelo S., Gomez R., Hawkins C., Segura J.* - IEEE Design & Test of Computers. V. 29. N. 4. 2012. P. 80-91.
9. *Liu Y., Xu Q.* - IEEE International Test Conference (ITC). 2012. P. 1-9.
10. *Huang R.-F., Chou Y.-F., Wu C.-W.* - IEEE Asian Test Symposium (ATS). 2003. P. 256-261.
11. *Harutyunyan G., Shoukourian S., Vardanian V., Zorian Y.* - IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems. V. 31. N. 6. 2012. P. 941-949.
12. *Harutyunyan G., Tshagharyan G., Vardanian V., Zorian Y.* - IEEE VLSI Test Symposium (VTS). 2014. P. 49-54.
13. *Harutyunyan G., Tshagharyan G., Zorian Y.* - IEEE Transactions on Device and Materials Reliability. V. 15. N. 1. 2015. P. 3-9.

УДК 539.3

Р. М. Киракосян

**Об одной неклассической задаче изгиба
упруго защемленной круглой пластинки**

(Представлено академиком С. А. Амбарцумяном 20/VI 2015)

Ключевые слова: *круглая пластинка, сосредоточенная сила, особенность, трансверсальная изотропия, ортотропия, упруго защемленная опора, поперечный сдвиг.*

Рассматривается задача изгиба трансверсально изотропной круглой пластинки постоянной толщины при учете влияния деформации поперечного сдвига, когда пластинка упруго защемлена по контуру и в ее центре действует сосредоточенная сила. В качестве частного случая получается решение задачи шарнирно опертой по контуру пластинки. Показано, что в данном случае учет поперечного сдвига приводит к уменьшению прогибов пластинки. Показано, что в отличие от случая трансверсально изотропной пластинки в общем решении разрешающего дифференциального уравнения задачи изгиба **ортотропной** пластинки участвует **сдвиговой член**, который в центре пластинки имеет логарифмическую особенность. В результате этого прогиб и его производная в центре пластинки независимо от характера краевых условий принимают бесконечно большие значения. Этот дефект исчезает в случае **неучета влияния** деформации поперечного сдвига.

1. В правой системе цилиндрических координат r, θ, z рассмотрим трансверсально изотропную круглую пластинку радиуса R и постоянной толщины h . Плоскости изотропии материала параллельны координатной плоскости $r\theta$. На пластинку действует сосредоточенная сила P , приложенная в ее центре $r=0$.

Будем считать, что край пластинки $r=R$ некоторой малой длиной $2a$ вставлен в упругий массив, образуя упруго защемленную опору. Условия этой опоры имеют вид [1]:

$$\left. \frac{dw}{dr} \right|_{r=R} = D(aN_r + M_r), \quad w = -\left(a \frac{dw}{dr} + BN_r \right). \quad (1.1)$$

Здесь w – прогиб, N_r – поперечная сила, M_r – изгибающий момент пластинки, D и B – параметры упруго защемленной опоры, которые являются

обратными величинами ее жесткостей на вращение и вертикальное смещение соответственно.

Попытаемся решить задачу изгиба рассматриваемой пластинки в рамках уточненной теории Амбарцумяна [2].

Разрешающее дифференциальное уравнение этой осесимметричной задачи имеет вид ([2], с.74)

$$D_r \frac{d}{dr} \left(r \frac{d^2 w}{dr^2} \right) - D_r \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} - \frac{h^2}{10} a_r D_r \left[\frac{d}{dr} \left(r \frac{d\phi}{dr} \right) - \frac{\phi}{r} \right] + \frac{h^3 r}{12} \phi = 0. \quad (1.2)$$

Здесь

$$D_r = \frac{B_r h^3}{12} = \frac{Gh^3}{6(1-\nu)}, \quad a_r = \frac{1}{G'}. \quad (1.3)$$

Как обычно, ν – коэффициент Пуассона, G – модуль сдвига материала в плоскостях изотропии, а через G' обозначен модуль сдвига в поперечных сечениях пластинки.

Функция ϕ связана с перерезывающей силой формулой [2]:

$$\phi = \frac{12}{h^3} N_r. \quad (1.4)$$

Из уравнения равновесия круга пластинки произвольного радиуса r имеем

$$2\pi r N_r + P = 0 \Rightarrow N_r = -\frac{P}{2\pi r} \Rightarrow \phi = -\frac{6P}{\pi h^3} \frac{1}{r}. \quad (1.5)$$

С учетом (1.3) и (1.5) уравнение (1.2) примет вид

$$r \frac{d^3 w}{dr^3} + \frac{d^2 w}{dr^2} - \frac{1}{r} \frac{dw}{dr} = \frac{P}{2\pi D_r}. \quad (1.6)$$

Общее решение этого уравнения будет

$$w = c_1 + c_2 r^2 + \frac{P}{8\pi D_r} r^2 \ln \frac{r}{R}. \quad (1.7)$$

Здесь c_1 и c_2 – постоянные интегрирования, которые определяются из условий упруго защемленной опоры контура пластинки (1.1). Из (1.7) видно, что прогибы пластинки всюду ограничены и их производная в центре пластинки $r=0$ равна нулю.

С учетом (1.7) для изгибающих моментов получим [2]

$$M_r = -D_r \left\{ 2(1+\nu)c_2 + \frac{P}{8\pi D_r} \left[3+\nu+2(1+\nu) \ln \frac{r}{R} - \frac{4}{5} \frac{h^2}{r^2} \frac{G}{G'} \right] \right\}, \quad (1.8)$$

$$M_\theta = -D_r \left\{ 2(1+\nu)c_2 + \frac{P}{8\pi D_r} \left[1+3\nu+2(1+\nu) \ln \frac{r}{R} + \frac{4}{5} \frac{h^2}{r^2} \frac{G}{G'} \right] \right\}. \quad (1.9)$$

Из этих выражений видно, что изгибающие моменты в центре пластинки принимают бесконечно большие значения. Несмотря на то, что поперечная сила и изгибающие моменты с приближением к центру стремятся к бесконечности, полученное решение на небольшом расстоянии от центра является достаточно точным и приемлемым ([4], с.86). Используя (1.5), (1.7) и (1.8), из краевых условий (1.1) находим

$$c_2 = -\frac{P}{16\pi R D_r} \frac{R^2 + D D_r \left[4a + R \left(3 + \nu - \frac{4 h^2 G}{5 R^2 G'} \right) \right]}{R + (1 + \nu) D D_r}, \quad (1.10)$$

$$c_1 = -R(R + 2a)c_2 - \frac{P}{8\pi R D_r} (aR^2 - 4B D_r).$$

Подставляя (1.10) в (1.7), (1.8) и (1.9), получим окончательные выражения прогиба и изгибающих моментов, чего ради простоты делать не будем. В качестве частного случая рассмотрим, например, случай, когда пластинка шарнирно оперта по контуру $r = R$. Тогда

$$a = B = 0, \quad D = \infty. \quad (1.11)$$

С учетом (1.11) из (1.10) получим

$$c_2 = -\frac{P}{16\pi D_r} \frac{3 + \nu - \frac{4 h^2 G}{5 R^2 G'}}{1 + \nu}, \quad c_1 = -R^2 c_2. \quad (1.12)$$

Из (1.7) и (1.12) для прогиба находим

$$w = \frac{P \left(3 + \nu - \frac{4 h^2 G}{5 R^2 G'} \right) (R^2 - r^2)}{16\pi(1 + \nu) D_r} + \frac{P}{8\pi D_r} r^2 \ln \frac{r}{R}. \quad (1.13)$$

Из (1.13) видно, что учет поперечного сдвига в данном случае приводит к уменьшению прогиба.

Если не учитывать влияния поперечного сдвига, то

$$c_2 = -\frac{(3 + \nu)P}{16(1 + \nu)\pi D_r}, \quad c_1 = \frac{(3 + \nu)R^2 P}{16\pi D_r(1 + \nu)}. \quad (1.14)$$

Внеся (1.14) в (1.7), находим

$$w = \frac{pR^2}{16\pi D_r} \left[\frac{3 + \nu}{1 + \nu} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) + 2 \frac{r^2}{R^2} \ln \frac{r}{R} \right], \quad (1.15)$$

что, как и следовало ожидать, совпадает с соответствующим известным выражением прогиба пластинки [3, 4].

Аналогично можно в качестве частных случаев получить решения задачи и при других краевых условиях пластинки.

2. Рассмотрим случай цилиндрически **ортотропной** пластинки, главные направления анизотропии материала которой параллельны координатным линиям. Положив

$$D_\theta = n^2 D_r, \quad (0 < n \neq 1), \quad (2.1)$$

разрешающее дифференциальное уравнение задачи (1.2) приводится к виду

$$r \frac{d^3 w}{dr^3} + \frac{d^2 w}{dr^2} - \frac{n^2}{r} \frac{dw}{dr} = \frac{P}{2\pi D_r} - \frac{3(1 - n^2)P}{5\pi h G'} \frac{1}{r^2}. \quad (2.2)$$

Общее решение этого уравнения будет

$$w = c_1 + c_2 r^{1+n} + c_3 r^{1-n} + \frac{Pr^2}{4\pi(1-n^2)D_r} - \frac{3P}{5\pi hG'} \ln \frac{r}{R}. \quad (2.3)$$

Нетрудно заметить, что независимо от того, будем принимать $c_3 = 0$ или нет, при любых значениях постоянных c_1 и c_2 , т.е. при любых краевых условиях, прогиб и его производная в центре пластинки принимают бесконечно большие значения.

Таким образом, задача изгиба цилиндрически ортотропной круглой пластинки, несущей в центре сосредоточенную силу, при учете влияния поперечного сдвига не имеет ограниченного решения. Такая ситуация имеет место и в рамках уточненной теории [5], примененной к пластинкам постоянной толщины.

Если же не учитывать влияния поперечного сдвига, то логарифмический член выражения прогиба (2.3) будет отсутствовать и при $c_3 = 0$ этот дефект исчезнет полностью. Решение (2.3) тогда примет вид

$$w = c_1 + c_2 r^{1+n} + \frac{Pr^2}{4\pi(1-n^2)D_r}. \quad (2.4)$$

Изгибающие моменты определяются формулами

$$\begin{aligned} M_r &= -D_r \left[(1+n)(n+\nu_\theta) r^{n-1} c_2 + \frac{(1+\nu_0)P}{2\pi(1-n^2)D_r} \right], \\ M_\theta &= -n^2 D_r \left[(1+n)(1+n\nu_r) r^{n-1} c_2 + \frac{(1+\nu_r)P}{2\pi(1-n^2)D_r} \right]. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Здесь ν_θ и ν_r , как обычно, – коэффициенты Пуассона материала.

Из (2.4) и (2.5) видно, что в рассмотренном случае прогиб при любом значении n (2.1) принимает конечные значения и его производная в центре пластинки равна нулю. Изгибающие моменты, как и следовало ожидать, при $n < 1$ в центре пластинки принимают бесконечно большие значения, а при $n > 1$ они ограничены.

Пользуясь (1.5), (2.4) и (2.5), из краевых условий (1.1) находим

$$\begin{aligned} c_2 &= -\frac{P \left\{ R^2 + DD_r \left[(1+\nu_\theta)R + a(1-n^2) \right] \right\}}{2\pi(1+n)(1-n^2)R^n D_r \left[R + (n+\nu_\theta)DD_r \right]}, \\ c_1 &= -R^n \left[R + (1+n)a \right] c_2 - \frac{P \left[(R+2a)R^2 - 2B(1-n^2)D_r \right]}{4\pi(1-n^2)RD_r}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

В качестве частного случая рассмотрим случай, когда пластинка жестко закреплена по контуру. Тогда $B = D = 0$ и

$$c_2 = -\frac{PR^{1-n}}{2\pi(1+n)(1-n^2)D_r}, \quad c_1 = \frac{PR^2}{4\pi(1+n)^2 D_r}, \quad (2.7)$$

$$w = \frac{PR^2 \left[1 - n + (1+n) \frac{r^2}{R^2} - 2 \left(\frac{r}{R} \right)^{1+n} \right]}{4\pi(1-n^2)(1+n)D_r}. \quad (2.8)$$

(2.8) совпадает с соответствующим выражением прогиба пластинки [3, 4].

Институт механики НАН РА

Р. М. Киракосян

**Об одной неклассической задаче изгиба упруго
зашемленной круглой пластинки**

Рассматривается задача изгиба упруго зашемленной по контуру трансверсально изотропной круглой пластинки с учетом влияния поперечного сдвига, когда в центре пластинки действует сосредоточенная сила. Показано, что в данном случае учет поперечного сдвига приводит к уменьшению прогибов пластинки. Рассматривается также случай цилиндрически *ортотропной* пластинки. Показано, что при учете поперечного сдвига эта задача *не имеет ограниченного решения*.

Ռ. Մ. Կիրակոսյան

**Առաձգական ամրակցված կլոր սալի ծոման
ոչ դասական մի խնդրի մասին**

Դիտարկվում է եզրագծով առաձգական ամրակցված տրանսվերսալ իզոտրոպ կլոր սալի ծոման խնդիրը ընդլայնական սահքի հաշվառմամբ, երբ սալի կենտրոնում ազդում է կենտրոնացված ուժ: Ցույց է տրվում, որ ընդլայնական սահքի հաշվի առնելը բերում է ճկվածքների փոքրացման: Դիտարկվում է նաև գլանային *որթոտրոպ* սալի դեպքը և ցույց է տրվում, որ *ընդլայնական սահքը հաշվի առնելիս խնդիրը չունի վերջավոր լուծում*:

R. M. Kirakosyan

**On One Nonclassical Problem of a Bend of an Elastically
Fastened Round Plate**

The problem of a bend of an elastically fastened by the contour transversal isotropic round plate is considered taking into account the influence of the cross section shear, when in the centre of the plate the concentrated force acts. It is shown, that in the given case the account of the crosssection shear is brought to the decrease of the plate deflections. The case of a cylindrically *orthotropic* plate is also considered; and it is shown that *this problem does not have a limited solution* taking into account the shear.

Литература

1. *Киракосян Р. М.* В кн.: Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред. Труды VIII международной конференции. Сентябрь 22-26. 2014. Горис – Степанакерт. С. 261-265.
2. *Амбарцумян С. А.* Теория анизотропных пластин. М. Наука. 1987. 360 с.
3. *Лехницкий С. Г.* Анизотропные пластинки. М. Физматгиз. 1957. 463 с.
4. *Тимошенко С. П., С. Войновский-Кригер.* Пластинки и оболочки. М. Наука. 1966. 636с.
5. *Киракосян Р. М.* Прикладная теория ортотропных пластин переменной толщины, учитывающая влияние поперечных сдвигов. Ереван. Гитутюн. 2000. 122 с.

$$\begin{aligned}\sigma_{jz}(x, y, 0, t) &= 0, \quad j = x, y, z \\ u_j(x, y, 0, t) &= u_j^+(x, y, t),\end{aligned}\quad (1)$$

т.е. верхняя плоскость пакета свободна от напряжений, но известны перемещения ее точек как данные сейсмостанций и GPS систем, где время t входит как параметр, и условиях полного контакта между слоями при $z = h_1$, $z = h_1 + h_2$

$$z = h_1: \sigma_{jz}^{(1)} = \sigma_{jz}^{(2)}, \quad u_j^{(1)} = u_j^{(2)}, \quad j = x, y, z, \quad (2)$$

$$z = h_1 + h_2: \sigma_{jz}^{(2)} = \sigma_{jz}^{(3)}, \quad u_j^{(2)} = u_j^{(3)}, \quad j = x, y, z. \quad (3)$$

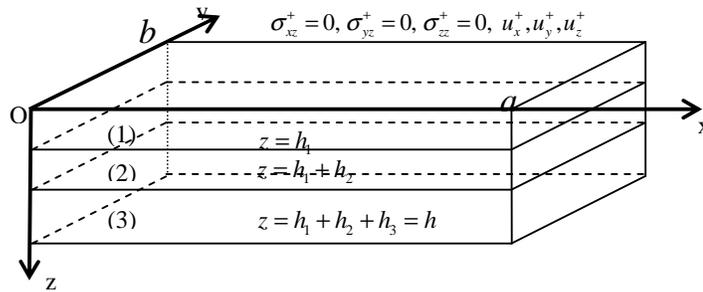


Рис.1.

Условия на боковых поверхностях $x=0, a; y=0, b$ не конкретизируются, поскольку для данного класса неклассических краевых задач ими обусловлен пограничный слой [5, 6].

3. Общее асимптотическое решение задачи. Система уравнений и соотношений трехмерной задачи теории упругости с учетом объемных сил и температурного поля по модели Дюамеля – Неймана для ортотропного тела имеет вид

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} + P_x &= 0 \quad (x, y, z), \\ \frac{\partial u_x}{\partial x} = e_1 + \alpha_{11} \theta \quad (x, y, z; 1, 2, 3), \quad \frac{\partial u_y}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial y} &= a_{44} \sigma_{yz} \quad (y, z, x; 4, 5, 6), \\ e_m &= a_{1m} \sigma_{xx} + a_{2m} \sigma_{yy} + a_{3m} \sigma_{zz}, \quad m = 1, 2.\end{aligned}\quad (4)$$

Асимптотическое решение этой системы состоит из решения внутренней задачи и решения типа пограничного слоя [6]. Общее решение внутренней задачи для слоистого пакета получено в [1]:

$$\begin{aligned}\sigma_{jz}^{(k,s)} &= \sigma_{jz0}^{(k,s)}(\xi, \eta) + \sigma_{jz*}^{(k,s)}(\xi, \eta, \zeta), \quad j = x, y, z, \\ \sigma_{xx}^{(k,s)} &= -\frac{A_{23}^{(k)}}{A_{11}^{(k)}} \sigma_{zz0}^{(k,s)} - \frac{\gamma_{11}^{(k)}}{A_{11}^{(k)}} \theta^{(k,s)} + \sigma_{xx*}^{(k,s)}(\xi, \eta, \zeta), \\ \sigma_{yy}^{(k,s)} &= -\frac{A_{13}^{(k)}}{A_{11}^{(k)}} \sigma_{zz0}^{(k,s)} - \frac{\gamma_{22}^{(k)}}{A_{11}^{(k)}} \theta^{(k,s)} + \sigma_{yy*}^{(k,s)}(\xi, \eta, \zeta).\end{aligned}\quad (5)$$

$$\begin{aligned}\sigma_{xy}^{(k,s)} &= \frac{1}{a_{66}^{(k)}} \left[\frac{\partial v^{(k,s-1)}}{\partial \xi} + \frac{\partial u^{(k,s-1)}}{\partial \eta} \right], \\ u^{(k,s)} &= a_{55}^{(k)} \zeta \sigma_{xz0}^{(k,s)} + u_0^{(k,s)}(\xi, \eta) + u_*^{(k,s)}(\xi, \eta, \zeta), \\ v^{(k,s)} &= a_{44}^{(k)} \zeta \sigma_{yz0}^{(k,s)} + v_0^{(k,s)}(\xi, \eta) + v_*^{(k,s)}(\xi, \eta, \zeta), \\ w^{(k,s)} &= \frac{A_{33}^{(k)}}{A_{11}^{(k)}} \zeta \sigma_{zz0}^{(k,s)} + w_0^{(k,s)}(\xi, \eta) + w_*^{(k,s)}(\xi, \eta, \zeta),\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}\sigma_{jz_*}^{(k,s)} &= - \int_0^{\zeta} \left[F_j^{(k,s)} + \frac{\partial \sigma_{jx}^{(k,s-1)}}{\partial \xi} + \frac{\partial \sigma_{jy}^{(k,s-1)}}{\partial \eta} \right] d\zeta, \quad j = x, y, z, \\ \sigma_{xx_*}^{(k,s)} &= \frac{1}{A_{11}^{(k)}} \left[a_{22}^{(k)} \frac{\partial u^{(k,s-1)}}{\partial \xi} - a_{12}^{(k)} \frac{\partial v^{(k,s-1)}}{\partial \eta} - A_{23}^{(k)} \sigma_{zz_*}^{(k,s)} \right], \\ \sigma_{yy_*}^{(k,s)} &= \frac{1}{A_{11}^{(k)}} \left[a_{11}^{(k)} \frac{\partial v^{(k,s-1)}}{\partial \eta} - a_{12}^{(k)} \frac{\partial u^{(k,s-1)}}{\partial \xi} - A_{13}^{(k)} \sigma_{zz_*}^{(k,s)} \right], \\ u_*^{(k,s)} &= \int_0^{\zeta} \left[a_{55}^{(k)} \sigma_{xz_*}^{(k,s)} - \frac{\partial w^{(k,s-1)}}{\partial \xi} \right] d\zeta, \quad v_*^{(k,s)} = \int_0^{\zeta} \left[a_{44}^{(k)} \sigma_{yz_*}^{(k,s)} - \frac{\partial w^{(k,s-1)}}{\partial \eta} \right] d\zeta, \\ w_*^{(k,s)} &= \int_0^{\zeta} \left[a_{13}^{(k)} \sigma_{xx_*}^{(k,s)} + a_{23}^{(k)} \sigma_{yy_*}^{(k,s)} + a_{33}^{(k)} \sigma_{zz_*}^{(k,s)} \right] d\zeta, \\ A_{11}^{(k)} &= a_{11}^{(k)} a_{22}^{(k)} - (a_{12}^{(k)})^2, \quad A_{13}^{(k)} = a_{11}^{(k)} a_{23}^{(k)} - a_{12}^{(k)} a_{13}^{(k)}, \\ A_{23}^{(k)} &= a_{22}^{(k)} a_{13}^{(k)} - a_{12}^{(k)} a_{23}^{(k)}, \quad A_{33}^{(k)} = a_{33}^{(k)} A_{11}^{(k)} - a_{13}^{(k)} A_{23}^{(k)} - a_{23}^{(k)} A_{13}^{(k)}, \\ \gamma_{11}^{(k)} &= a_{11}^{(k)} a_{22}^{(k)} - a_{12}^{(k)} a_{22}^{(k)}, \quad \gamma_{22}^{(k)} = a_{22}^{(k)} a_{11}^{(k)} - a_{12}^{(k)} a_{11}^{(k)}, \\ k &= 1, 2, \quad Q^{(k,m)} \equiv 0 \text{ при } m < 0.\end{aligned} \tag{6}$$

Известно, что когда функции u^+, v^+, w^+ являются многочленами от координат x, y , итерационный процесс обрывается на определенном приближении и соответствующее решение трехмерной задачи становится математически точным [1, 5].

Поскольку накопление деформаций в литосферных плитах – процесс медленный (длится обычно десятилетия), он практически будет квазистационарным.

Пусть в некоторый момент времени $t = t_k$ в “ n ” точках лицевой поверхности известны компоненты вектора перемещения $u_i^{(+)}(x_i, y_i, t_k)$, $v_i^{(+)}(x_i, y_i, t_k)$, $w_i^{(+)}(x_i, y_i, t_k)$ как данные сейсмостанций и GPS. Тогда перемещения лицевой поверхности можно аппроксимировать многочленами в программной среде Wolfram Mathematica. Отметим, что, имея GPS данные в разные периоды времени, можно исследовать критические напряжения и указать координаты приблизительной территории возможной потери сейсмоустойчивости.

Как исходные данные и материалы слоев выбраны [2, 7]:

$$b = 333.6 \text{ км}, \quad a = 432 \text{ км}, \quad h_1 = 5 \text{ км}, \quad h_2 = 10 \text{ км}, \quad h_3 = 20 \text{ км}, \quad h = 35 \text{ км}, \\ n = 11;$$

слой осадочных пород: $G = 23.20$ ГПа, $E = 54.99$ ГПа, $\nu = 0.184$;
 гранитный слой: $G = 30.82$ ГПа, $E = 74.83$ ГПа, $\nu = 0.21$;
 базальтовый слой: $G = 29.22$ ГПа, $E = 75.11$ ГПа, $K = 55.70$ ГПа,
 $\nu = 0.27$.

Объемные силы и температурное поле для начала не учитываются, а для u^+ , v^+ , w^+ рассмотрены данные станций, отмеченных на рис. 2 [2] (координаты GPS станций соответствуют нашей координатной системе с учетом перехода на км (табл. 1)).

Рассмотрена модель ITRF 2000 /JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. B10, 2214, doi:10.1029/2001JB000561, 2002/, проведена аппроксимация исходных данных, т.е. отклонения не учитываются и предполагается, что месячный сдвиг выбранных точек равномерен (рис. 2).

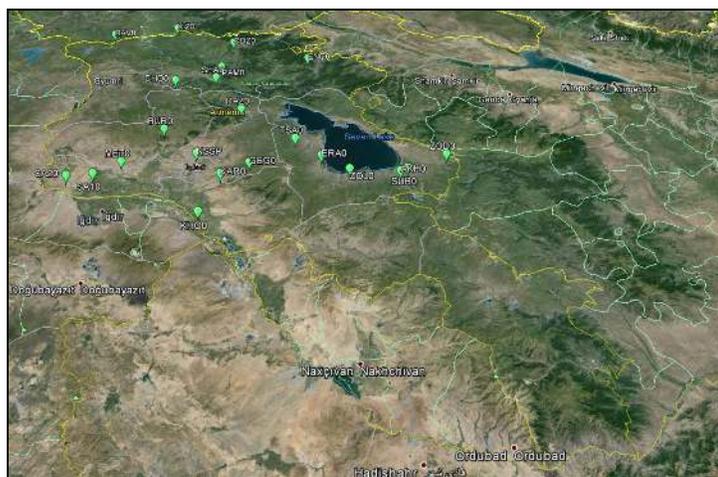


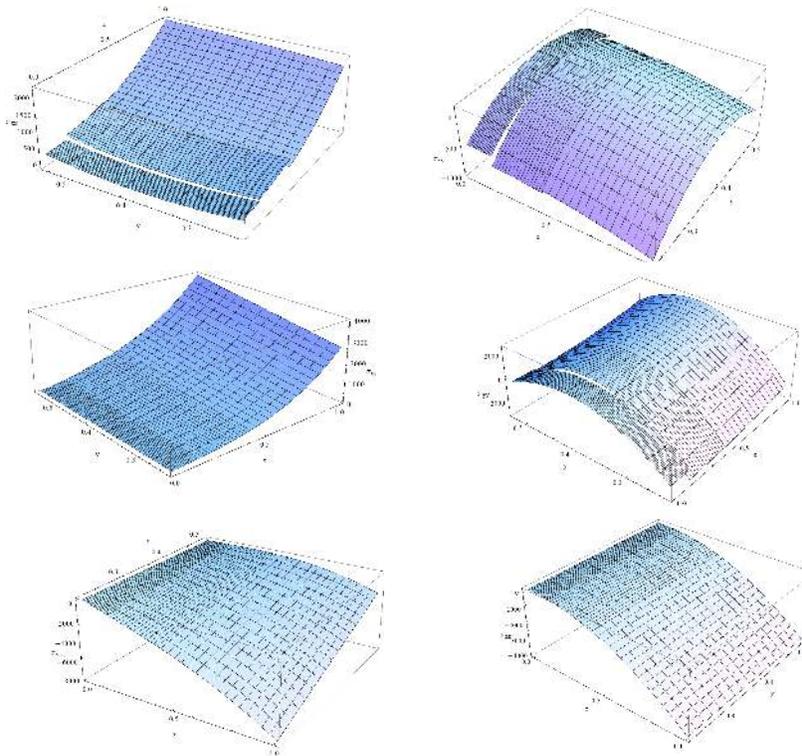
Рис. 2.

Таблица 1

	GPS станция	X, км	Y, км	Е- восток месячный средний сдвиг X, мм	Н-север месячный средний сдвиг Y, мм
1	Начальная точка (42.000, 39.000)	0	0		
2	AKH0	315	122.2	0.199167	0.669167
3	BAV0	154	235.8	0.095	0.485
4	CHO0	196.7	193.0	0.079167	0.766667
5	KAR0	229.6	122.4	0.130833	0.559167
6	KHO0	222.5	97.96	0.3375	0.815833
7	KIZO	189.2	243.0	0.1075	0.376667
8	NSSP	216.3	136.3	0.180833	0.026667

9	ODZ0	224.1	228.5	0.205	0.595
10	PAM0	220.4	204.6	0.135	0.618333
11	RAZ0	234.9	169.0	0.164167	0.425
12	SHA0	218.4	194.9	0.17	0.54

По вышеприведенным данным получены графики, характеризующие напряженно-деформированное состояние исследуемой области, в частности, графики компонентов вектора перемещения и тензора напряжений: на нижней грани третьего слоя ($h=h_1+h_2+h_3$) (рис.3).



При наличии достоверных, долгосрочных и обновляемых данных измерений и соответствующих им решений можно провести сравнительный анализ изменения напряженно-деформированных состояний пакета во времени, выделить места и момент времени возможного возникновения критического состояния на наблюдаемой территории.

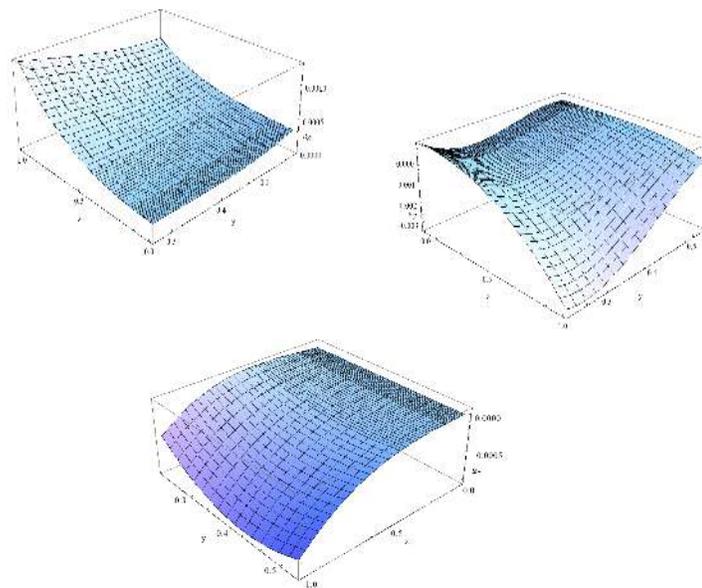


Рис. 3.

Приведены также графики скачков напряжений в зоне контакта $h=h_1$ (рис. 4) и в зоне контакта $h=h_1+h_2$ (рис. 5).

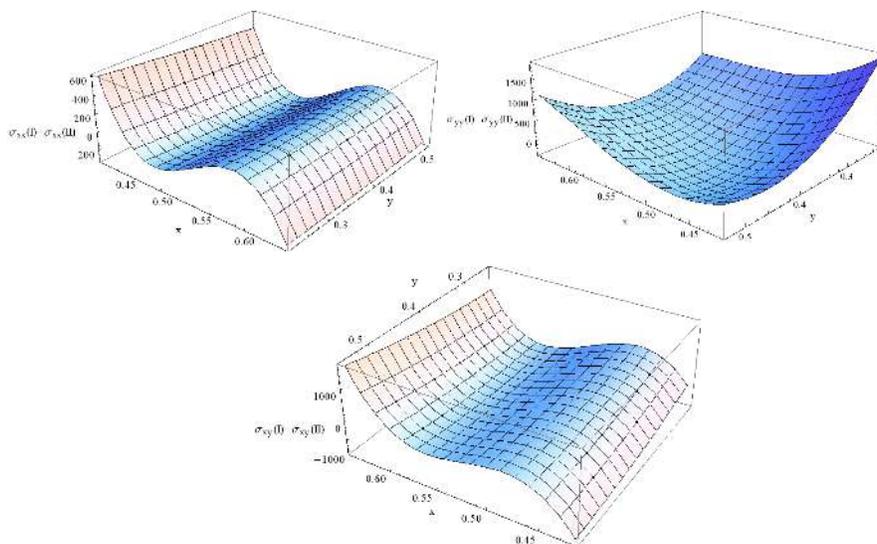


Рис. 4.

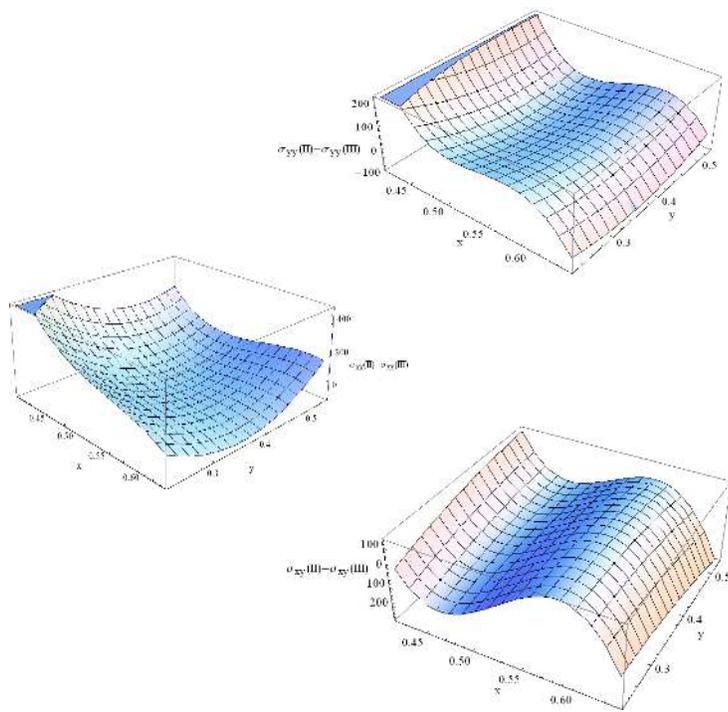


Рис. 5.

Безусловно, для более точного прогноза необходимо иметь более точную структуру исследуемой территории и более плотные данные сейсмостанций и GPS систем. Изложенный подход позволяет рассматривать пакеты из произвольного числа слоев, т.е. при более детальной толщинной структуре местности.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГКН МОН РА, грант N13-2C009 SCS.

Институт механики НАН РА

А. М. Погосян, М. З. Саргсян, М. Л. Агаловян, Л. Г. Гулгазарян

Способ мониторинга напряженно-деформированных состояний территории Армении на основе данных сейсмостанций и GPS систем

Рассмотрена задача определения напряженно-деформированного состояния территории Армении (область между 39.00-42.00 северной широты и 42.00-47.00 восточной долготы) на основе существующих данных GPS систем. Рассмотрен трехслойный пакет из осадочного, гранитного и базальтового слоев, в глобальном смысле описывающий структуру земной коры. С использованием программной среды Wolfram Mathematica и рекуррентных формул для определения компонент

тензора напряжений и вектора перемещения проведены численные расчеты напряженно-деформированных состояний и приведены их графические изображения.

**Հ. Մ. Պողոսյան, Մ. Ջ. Մարգարյան, Մ. Լ. Աղալովյան,
Լ. Գ. Դուլղազարյան**

**GPS համակարգերի և սեյսմակայանների տվյալների հիման վրա
Հայաստանի տարածքի լարվածային-դեֆորմացիոն վիճակների
մոնիթորինգի եղանակը**

Հիմք ընդունելով գոյություն ունեցող GPS համակարգերի տվյալները՝ դիտարկված է Հայաստանի տարածքի (հյուսիսային լայնության 39.00-42.00 և արևելյան երկայնության 42.00-47.00 միջև գտնվող տարածքը) լարվածադեֆորմացիոն վիճակի որոշման խնդիրը: Դիտարկված է եռաշերտ փաթեթ, որը կազմված է նստվածքային, գրանիտե և բազալտե շերտերից, որոնք նկարագրում են երկրակեղևի ընդհանուր կառուցվածքը: Կիրառելով Wolfram Mathematica ծրագրային միջավայրը և լարումների թեկնագրի և տեղափոխության վեկտորի բաղադրիչների որոշման ռեկուրենտ բանաձևերը՝ կատարված են լարվածադեֆորմացիոն վիճակների թվային հաշվարկները, և բերված են նրանց գրաֆիկական պատկերները:

**H. M. Poghosyan, M. Z. Sargsyan, M. L. Aghalovyan,
L. G. Ghulghazaryan**

**About the Method of Monitoring of Stress-Strain States of the Territory of
Armenia Based on the Seismic Stations and GPS Systems Data**

The problem of determining of the stress-strain state of the territory of Armenia (the area between the northern latitude and eastern longitude 39.00-42.00 42.00-47.00) on the basis of the existing data of GPS systems is considered. It is considered a three-layer package of sedimentary, granite and basalt layers, in a global sense describing the structure of the Earth's crust. Using Wolfram Mathematica software and recurrence formulas for determining the components of the stress tensor and displacement vector, numerical calculations of the stress-strain states and their graphics are carried out.

Литература

1. *Աղալովյան Լ. Ա., Գեորգյան Ք. Շ., Գուլգազարյան Լ. Գ.* – ДНАН РА. 2012. Т.112. N 3. С. 264-272.
2. *Davtyan V., Doerflinger E., Karakhanyan A., Philip H., Avagyan A., Champollion C., Aslanyan R.* – Izvestia NAS of RA. Nauki o Zemle. 2006. V. 59. N 2. P. 3-18.
3. *Պոգոսյան Ա. Մ., Տարգսյան Մ. Յ., Աղալովյան Մ. Լ., Գուլգազարյան Լ. Գ.* В кн.: Труды VIII междунар. конф. «Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред». Ереван. 2014. С. 349-353.
4. *Խաչիյան Յ.* Прикладная сейсмология. Ереван. Изд-во «Гитутюн» НАН РА. 2008. 491 с.
5. *Aghalovyan L. A.* – Proceedings of A. Razmadze Mathematical Institute of Georgia. 2011. V.155. P. 3-10.
6. *Aghalovyan L.A.* Asymptotic Theory of Anisotropic Plates and Shells. 2015. Singapore. World Scientific Publishing. 376 p. (русск. изд.: М. Наука-Физматлит. 1997).
7. *Farmer I. W.* Engineering Properties of Rock. E. and F. N. Spon Ltd., London (Barnes and Noble, New York). 1968. 180 p.

consistently screened electrostatic potential $\varphi_{TF}(r)$ around a uniformly charged dislocation line assumes the form [8-10]

$$\varphi_{TF}(\rho) = \varphi_0 K_0\left(\frac{\rho}{\lambda_{TF}}\right), \quad (1)$$

$$\varphi_0 = 2fe / \varepsilon c, \quad (2)$$

$$\lambda_{TF} = \left[(a_B / 4)(\pi / 3n)^{1/3} \right]^{1/2}, \quad (3)$$

and the axially-symmetric distribution of the corresponding electric field is given by [12,13]

$$E_{TF}(\rho) = -\frac{\partial \varphi_{TF}}{\partial \rho} = \frac{\varphi_0}{\lambda_{TF}} K_1\left(\frac{\rho}{\lambda_{TF}}\right) = \frac{\varphi_0}{\rho} \begin{cases} 1, & \rho / \lambda_{TF} \ll 1, \\ (\pi \rho / 2 \lambda_{TF})^{1/2} \exp(-\rho / \lambda_{TF}), & \rho / \lambda_{TF} \gg 1. \end{cases} \quad (4)$$

Above, ρ is the radial distance from the dislocation axis, λ_{TF} is the TF screening length expressed in terms of the Bohr radius $a_B = \varepsilon \hbar^2 / me^2$ and the carrier concentration n , e is the charge of the electron with effective mass m , the dielectric constant of the medium is denoted by ε , and c is the atomic-scale distance between the acceptor centres along the dislocation line; $K_0(x)$ and $K_1(x)$ are, respectively, the zero- and first-order modified Bessel functions of the second kind.

As can be noticed from the fundamental structure of Eq. (3), the quantum length scale originating in the TF screening picture has no information about the charged state of the line defect, $\partial \lambda_{TF} / \partial f = 0$. What this circumstance physically means, is that the actual screening mechanism operating around an electrically active dislocation in degenerate nitride layers can be conceptually different from the one suggested by the school of thought [8-13]. In this communication, our objective is to present physically transparent considerations for showing explicitly how a highly negatively charged dislocation line piercing through a quantum gas of electrons can be effectively screened via classical mechanism. In the course of this development, we introduce the notion of the critical carrier concentration, at which a hitherto undescribed crossover is occurring between the quantum and classical screening mechanisms.

Let us start our analysis by introducing the coulombic energy of the repulsive electron-dislocation interaction via relation

$$e\varphi_{TF}(\rho \sim \lambda_{TF}) \sim e\varphi_0 = U_0 / 3,$$

where U_0 characterizes the magnitude of the upward band bending in the vicinity of the line defect. As long as the band bending in a quasiclassical [14] electron gas with the Fermi energy $E_F = \hbar^2(3\pi^2 n)^{2/3} / 2m$ (Refs. [8-11]) remains weak,

$$U_0 \ll E_0 \ll E_F,$$

$$E_0 \sim \frac{\hbar^2}{m\lambda_{TF}^2} \sim \frac{e^2}{\varepsilon} n^{1/3},$$

or even becomes moderately strong,

$$E_0 \ll U_0 \ll E_F, \quad (5)$$

a transition to the ultra-quantum limit $\hbar \rightarrow \infty$ is always possible, and the screening length (3) can be obtained, e. g., by linearizing [15] the cylindrically-symmetric Poisson equation for the dislocation line [5,15]. The situation becomes qualitatively different, however, in the opposite extreme,

$$E_0 \ll E_F \ll U_0,$$

since now the passage to the limit $\hbar \rightarrow \infty$ is clearly prohibited. In order to obtain an asymptotically correct screening picture in this strong-coupling [16] case, one may rewrite the expression (3) in an alternative form,

$$\lambda_{TF} = \lambda_{TF}(E_F) = \left(\frac{\varepsilon E_F}{6\pi e^2 n} \right)^{1/2}, \quad (6)$$

and perform in (5) a passage to the limit $E_0 \ll U_0 \rightarrow E_F$. Under this limiting transition, the \hbar -dependent Eq. (6) reorganizes its structure in an essential way and delivers the result

$$\lambda_{TF}(E_F \rightarrow U_0) \rightarrow \left(\frac{\varepsilon U_0}{6\pi e^2 n} \right)^{1/2} = \left(\frac{\varepsilon \phi_0}{2\pi e n} \right)^{1/2} \equiv R,$$

where the f -sensitive length scale,

$$R = \left(\frac{f}{\pi c n} \right)^{1/2}, \quad (7)$$

shows no explicit dependence on \hbar .

It is apparent that R of (7) has the same physical meaning as the radius of the screening cylinder constructed by Read [5,6] around an acceptor-type dislocation line in a non-degenerate electronic semiconductor with shallow (completely ionized) donors. The reason for the appearance of R in our study is obviously connected with the fact that the mechanism of the negative line charge screening by the space charge [5,6,16] of positively charged donors is clearly insensitive to the type of the electron gas statistics. It is therefore clear that under degenerate doping conditions the screened electric field [12,13] of the dislocation line can be described not only by the TF formula (4), but also by Read's essentially different expression,

$$E_R(\rho) = -\frac{\partial \phi_R}{\partial \rho} = \frac{\phi_0}{\rho} \left[1 - \left(\frac{\rho}{R} \right)^2 \right], \quad \rho \leq R \neq \lambda_{TF}.$$

We now proceed further by noting that in accordance with Eqs. (3) and (7) the ratio of $\lambda_{TF}(n) \propto n^{-1/6}$ to $R(n) \propto n^{-1/2}$ can be represented as

$$\frac{\lambda_{TF}(n)}{R(n)} = \left(\frac{E_F}{U_0} \right)^{1/2} = \left(\frac{n}{n_0} \right)^{1/3},$$

where the critical Fermi gas concentration,

$$n_0 = \frac{8}{\pi^2} \sqrt{3} \left(\frac{f}{c a_B} \right)^{3/2} \propto \hbar^{-3},$$

establishes a crossover point between the quantum ($n/n_0 \gg 1$, $R \ll \lambda_{TF} \propto \hbar$) and classical ($n/n_0 \ll 1$, $\lambda_{TF} \ll R$) screening regimes. If the filling factor of the dislocation acceptor levels is sufficiently large ($f \gg f_0 \sim c/a_B$, $c < a_B$), then

this point of crossover automatically finds its residence in the quasiclassical [14] range of carrier densities,

$$n_0^{1/3} a_B \sim (f / f_0)^{1/2} \gg 1.$$

Furthermore, as can be seen from the scaling relation $n_0(f) \propto f^{3/2}$, the conditions for the realization of the classical mechanism of screening become more (less) favorable in heteroepitaxial systems hosting highly (weakly) charged dislocations.

In wide-gap GaN the conduction band electrons are rather “heavy”, $m \sim 0.2m_0$ (Refs. [8,10,11]), whereas the dielectric constant is not large, $\epsilon \sim 10$ (Refs. [3,8]). Using for rough calculations these numerical values together with $f \sim 1$ (Refs. [4, 8-11]) and $c \sim 5 \times 10^{-8} \text{ cm}$ [1-4], we obtain for the characteristic parameters the following estimates: $f_0 \approx 0.2$, $n_0 \approx 10^{21} \text{ cm}^{-3}$. The relevant point here is that in GaN the Mott concentration is located around $n_M \approx 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ [17]. One thus has a good reason to expect that in this material the TF regime of dislocation line charge screening [8-13] can manifest itself only at extremely high doping levels, $n_M \ll n_0 < n$.

This work was supported by the State Committee of Science MES RA, in frame of the research project N 13-1C200.

Institute of Radiophysics and Electronics of NAS RA

S. A. Babayan, L. B. Hovakimian,
corresponding member of NAS RA H. H. Matevosyan, H. B. Nersisyan

**On the Screening of a Negatively Charged Dislocation Line
in Degenerate GaN**

Theoretical studies have suggested in the past that in degenerately doped n -GaN and related III-nitride epilayers the dielectric screening of highly negatively charged dislocations is governed by the \hbar -dependent Thomas-Fermi mechanism. Here we show how in this super-wide-gap material system the screening of the dislocation line charge can occur in a \hbar -independent way. We also describe the salient features of the critical carrier concentration, at which a crossover takes place between the quantum and classical screening regimes.

Ս. Ա. Բաբայան, Լ. Բ. Հովակիմյան,
ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Հ. Հ. Մաթևոսյան, Հ. Բ. Ներսիսյան

**Այլաևերված GaN-ում բացասական լիցք կրող դիսլոկացիայի
Էկրանավորման մասին**

Տեսական հետազոտությունների ներկա փուլում ընդունված է համարել, որ n -GaN էպիտաքսիալ թաղանթներում բացասական լիցք կրող դիսլոկացիաների էկրանավորումն իրագործվում է Թոմաս-Ֆերմիի քվանտային մեխանիզմի միջոցով: Այս ուսումնասիրության նպատակն էր՝ ցույց տալ, որ լայն արգելված գոտիով օժտված նիտրիդային համակարգերում դիսլոկացիոն լիցքի էկրանավորման մեխանիզմը կա-

րող է ունենալ էականորեն այլ՝ դասական ծագում: Բնութագրված է Ֆերմի-գազի խտության այն տիրույթը, որտեղ դիսլոկացիաների էկրանավորման քվանտային մեխանիզմը փոխակերպվում է դասականի:

**Ս. Ա. Բաբայան, Լ. Բ. Օվակիմյան,
член-корреспондент НАН РА Г. Г. Матевосян, Г. Б. Нерсисян**

Об экранировании отрицательно заряженной дислокации в вырожденном GaN

На современном этапе теоретических исследований принято считать, что в вырожденном *n*-GaN экранирование отрицательно заряженных краевых дислокаций осуществляется посредством квантового механизма Томаса – Ферми. В настоящей работе показано, что в вырожденных широкозонных нитридных полупроводниках закон экранирования дислокационного заряда может иметь существенно иное – классическое происхождение. Изучены основные характеристики той критической концентрации Ферми-газа, ниже которой квантовый механизм экранирования заряженной дислокации заменяется классическим.

References

1. *Chichibu S. F., Nakamura S.* (Eds.) Nitride Semiconductor Blue Lasers and Light Emitting Diodes. 2000. New York. Taylor and Francis.
2. *Pearton S. J., Abernathy C. R., Ren F.* Gallium Nitride Processing for Electronics, Sensors and Spintronics. 2006. Berlin. Springer.
3. *Leung K., Wright A. F., Stechel E.* – Appl. Phys. Lett. 1999. V. 74. P. 2495-2497.
4. *Cherns D., Jiao C.* – Phys. Rev. Lett. 2001. V. 87. P. 205504.
5. *Read W. T.* – Phil. Mag. 1954. V. 45. P. 775-786.
6. *Фридель Ж.* Дислокации. М. Мир. 1967. 644 с.
7. *Осипьян Ю. А., Шевченко С. А.* – ЖЭТФ. 1971. Т. 61. С. 2330-2335.
8. *Look D. C., Stutz C. E., Molnar R. J., Saarinen K., Liliental-Weber Z.* – Solid State Commun. 2001. V. 117. P. 571-575; *Look D. C., Sizelove J. R.* – Phys. Rev. Lett. 1999. V. 82. P. 1237-1240.
9. *Look D. C., Lu H., Schaff W. J., Jasinski J., Liliental-Weber Z.* – Appl. Phys. Lett. 2002. V. 80. P. 258-260.
10. *Jena D., Mishra U. K.* – Phys. Rev. B. 2002. V. 66. P. 241307(R).
11. *Jena D., Heikman S., Speck J. S., Gossard A., Mishra U. K., Link A., Ambacher O.* – Phys. Rev. B. 2003. V. 67. P. 153306.
12. *Hasegawa H., Kamimura Y., Edagawa K., Yonenaga I.* – J. Appl. Phys. 2007. V. 102. P. 026103.
13. *Yonenaga I., Ohno Y., Yao T., Edagawa K.* – J. Cryst. Growth. 2014. V. 403. P. 72-76.
14. *Бонч-Бруевич В. Л., Калашиников С. Г.* Физика полупроводников. М. Наука. 1977. 672 с.
15. *Бонч-Бруевич В. Л., Гласко В. Б.* – ФТТ. 1961. Т. 3. N 1. С. 36-46.
16. *Hovakimian L. B.* – Appl. Phys. A. 2009. V. 96. P. 255-257.
17. *Look D. C., Reynolds D. C., Hemsley J. W., Sizelove J. R., Jones R. L., Molnar R. J.* – Phys. Rev. Lett. 1997. V. 79. P. 2273-2276.

геометрических параметров исследуемых систем использовались программные комплексы Gaussian.

В настоящее время можно с достаточной уверенностью сказать, что процесс внутримолекулярной перегруппировки во многих органических соединениях, приводящий к их распаду, осуществляется путем образования водородной связи [8] между атомом водорода и атомом углерода (эфиры) или кислорода (кетоны), что является следствием разности величин электроотрицательности этих атомов и малости размеров атома водорода.

Метод, который развивается в данной работе, в основном базируется на теории возмущения квантовой механики, с помощью которой рассчитывается константа скорости спонтанного распада сложной молекулы. Наряду с этим используются также классические понятия теорий Слейтера и РРKM.

Для нахождения водородной связи, формирующей циклическую конструкцию в молекуле эфира (“водородного моста”) [12] и приводящей к последующему ее распаду, используется программа MM2 [16]. Это позволяет с достаточной точностью рассчитать геометрические параметры и факторы частоты переходного состояния (ПС) распадающейся молекулы. Процесс распада виниловых эфиров представляется с помощью следующей последовательности этапов:

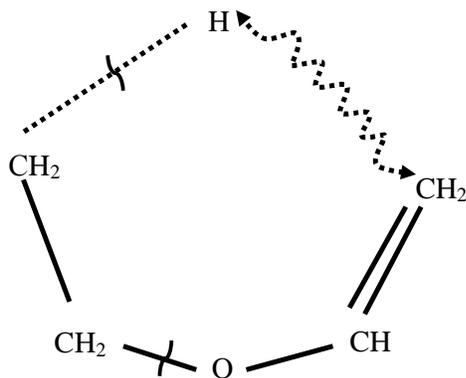
а) сильное возбуждение C – H связи в алкильной группе, приводящее к ее ослаблению и удалению атома водорода от равновесного расстояния;

б) образование водородной связи между атомом водорода алкильной группы и атомом углерода виниловой группы, что в случае колебательно-возбужденной двойной связи C == C можно представить как воздействие на атом водорода внешней осциллирующей силы;

в) отрыв атома водорода от атома углерода алкильной группы;

г) присоединение этого атома H к виниловой группе, вследствие чего начинается процесс перераспределения энергии в молекуле, приводящий к серии перегруппировок и диссоциации молекулы.

На примере ВЭЭ схематически это можно представить как



Из теории возмущения квантовой механики известно, что если на квантовую систему действует внешняя электрическая сила осциллирующего характера, то решение уравнения Шредингера допускает распад системы. Вероятность распада системы (W) описывается формулой [17]:

$$W = \frac{|F_{E,n}|^2}{h}, \quad (1)$$

где h – постоянная Планка; $F_{E,n}$ – матричный элемент перехода из дискретного спектра (связанное состояние) в непрерывный спектр.

Отсюда можно представить, что на возбужденную систему (С–Н связь этиловой группы) действует внешняя осциллирующая сила (сила осциллирующего атома углерода виниловой группы). Вследствие этого происходит уширение линии уровня (неопределенность энергии состояния), и появляется вероятность распада состояния:

$$\Gamma = |F_{E,n}|^2, \quad (2)$$

где Γ – ширина линии уровня возбужденной гипотетической “двухатомной” молекулы Н--(молекулярный остов).

Важным является также получение зависимости константы скорости мономолекулярного термического распада от давления $k_{uni}(P, T)$, определяемой соотношением между каналами возбуждения и релаксации молекулы при активации путем столкновений, если в системе ещё не достигнуто термическое равновесие.

Такую возможность предоставляет известная теория РПКМ:

$$k_{uni}(T) = \int_{E_n}^{\infty} \frac{k_n \rho(E)}{1 + \frac{k_n}{\omega}} dE, \quad (3)$$

где $k_n = \frac{\Gamma}{h}$; $\rho(E)$ – плотность состояний по энергии; ω – частота столкновений.

При условии $\rho(E) = \frac{1}{RT} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$ (распределение Больцмана, часто используемое для описания энергетического распределения молекул) для $k_{uni}(T)$ получится

$$k_{uni}(T) = \frac{k_n}{1 + \frac{k_n}{\omega}} \cdot \exp\left(-\frac{E_0}{RT}\right), \quad (4)$$

где E_0 – минимальная энергия, необходимая для совершения элементарного акта; ω – частота столкновений молекул при данном давлении.

Для получения такой зависимости в случае ВЭ приходится вычислять величину константы скорости мономолекулярного термического распада при одном значении энергии его начального состояния и при фиксированной температуре.

Часто расчет точного значения энергии активации затруднен, и поэтому для определения зависимости константы скорости мономолекуляр-

ного распада $k_{uni}(T)$ от давления и исключения величины энергии активации рассматривается соотношение k/k_{∞} , где k_{∞} – константа скорости при высоких давлениях (когда она не зависит от давления), что в рассматриваемом случае не противоречит теории РРКМ:

$$\frac{k}{k_{\infty}} = \frac{1}{1 + \frac{\nu}{\omega}}, \quad (5)$$

где ν – фактор частоты.

Таким образом, единственным неизвестным является фактор частоты. Имея эту величину, можно построить зависимость константы скорости термической мономолекулярной реакции от давления.

Метод расчета фактора частоты ν . В пределах программы MM2 образование “водородного моста” можно представить как появление новой связи, а именно, добавление нового силового поля между атомом водорода алкильной группы и крайним атомом углерода виниловой группы. После минимизации энергии подобной конструкции получается наиболее оптимальное строение. По программам Gaussian производится минимизация энергии образованного промежуточного состояния с учетом квантовых эффектов, что позволяет установить, на какие фрагменты оно распадается, и рассчитать ν .

Если состояние имеет конечное время жизни (имеет место уширение линии уровня вследствие водородной связи), то возможен распад молекулы.

Расчет фактора частоты распада ВЭЭ. Этапы развития процесса термического распада молекулы ВЭЭ представлены на рис. 1, а – в.

Одной из наиболее вероятных причин распада ВЭЭ считается водородная связь, образующаяся между β -атомом водорода этиловой группы (по отношению к атому кислорода) и крайним атомом углерода виниловой группы. Вследствие этого формируется циклическая структура (рис.1, б), приводящая к распаду молекулы на ацетальдегид и этилен [9, 13]. Картина, представленная на рис. 1, б, получается после формирования “водородного моста”. Образуются два ПС состояния в зависимости от того, какие атомы водорода вступают в водородную связь – α или β (рис. 1, а–в).

После минимизации по программе Gaussian Job: # RHF/6-31G Freq Test, в пределах программного комплекса ChemBio Ultra 11.0 получается картина (рис.1, в), свидетельствующая о том, что молекула ВЭЭ распадается на CH_3CHO и C_2H_6 . При этом для фактора частоты получается значение $\nu = 344.1315 \text{ см}^{-1}$ в случае ($\beta\text{H} \cdots \text{C}$) и $\nu = 278.1486 \text{ см}^{-1}$ в случае ($\alpha\text{H} \cdots \text{C}$).

Следует отметить, что компьютерное моделирование и расчет строения молекулы ВЭЭ по программе MM2 проведены впервые, а результаты хорошо согласуются с литературными данными [9]. Применение развитого в данной работе подхода к распаду ВЭЭ показывает, что действительно один из α - или β -атомов водорода алкильной группы может стать причиной термического распада этой молекулы.

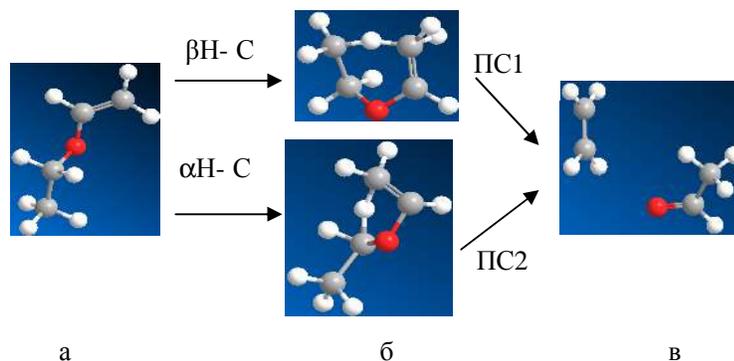


Рис. 1. Структура основного состояния молекулы ВЭЭ (а), после образования “водородного моста” и минимизации по программе MM2 (б) и после минимизации по программе Gaussian Job: # RHF/6-31G Freq Test (в), в пределах программного комплекса ChemBio Ultra 11.0.

Расчет фактора частоты распада винил-пропилового эфира (ВПЭ). Рассмотрение различных вариантов формирования внутримолекулярной водородной связи в молекуле ВПЭ по аналогии с ВЭЭ привели к следующим результатам. Этапы развития процесса термического распада молекулы ВПЭ представлены на рис. 2, а – в. Из рисунка видно, что связь одного из α -атомов водорода пропиловой группы с крайним атомом углерода виниловой группы приводит к образованию ПС.

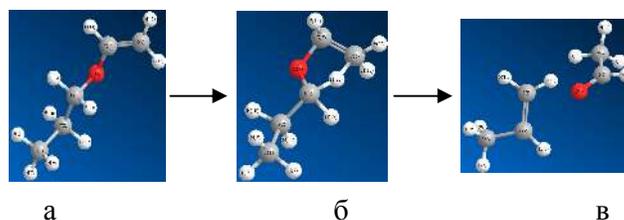


Рис. 2. Структура основного состояния молекулы ВПЭ (а), после образования “водородного моста” и минимизации по программе MM2 (б) и после минимизации по программе Gaussian Job: # RHF/6-31G Freq Test (в), в пределах программного комплекса ChemBio Ultra 11.0.

Для фактора частоты распада ВПЭ получается величина: $\nu = 192.1585\text{см}^{-1}$ - Gaussian Job: # RHF/6-31G Freq Test, в пределах программного комплекса ChemBio Ultra 11.0.

Расчет фактора частоты распада винил-бутилового эфира (ВБЭ). Этапы развития процесса термического распада молекулы ВБЭ представлены на рис. 3, а – в.

Анализ возможных вариантов образования водородной связи в возбужденной молекуле ВБЭ и применение процедуры минимизации энергии по отношению к промежуточному состоянию с водородной связью по

программе Gaussian показали, что только водородная связь между одной из α -атомов водорода бутиловой группы с крайним атомом углерода виниловой группы приводит к эффективному распаду молекулы ВБЭ на бутилен и ацетальдегид.

Согласно данным [13,14] при распаде ВБЭ преимущественно образуются ацетальдегид и изобутан.

Для фактора частоты распада ВБЭ получается величина: $\nu = 174.7585 \text{ см}^{-1}$ - Gaussian Job: # RHF/6-31G Freq Test, в пределах программного комплекса ChemBio Ultra 11.0.

Расчет зависимости отношений констант скорости распада ВЭ от давления. Полученные величины частот, приводящие к разрушению молекулы ВЭ, позволяют рассчитать зависимость константы скорости термического распада ВЭ от давления по формуле (5) при известном значении ω .

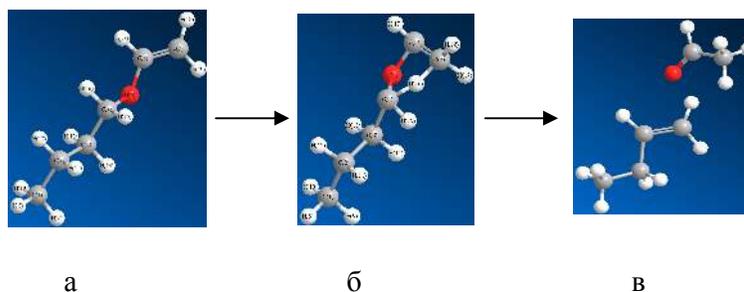


Рис. 3. Строение основного состояния молекулы ВБЭ (а), после образования “водородного моста” и минимизации по программе MM2 (б) и после минимизации по программе Gaussian Job: # RHF/6-31G Freq Test (в), в пределах программного комплекса ChemBio Ultra 11.0.

Расчет частоты столкновений между молекулами А и В в приближении жестких сфер проводится по формуле

$$\omega_0 = D_{A,B}^2 \cdot n_b \left(\frac{8\pi kT}{\mu} \right)^{\frac{1}{2}},$$

где ω_0 – частота столкновений молекулы А при 1 атм, $D_{A,B}$ – наименьшее расстояние между центрами сталкивающихся частиц А и В; n_b – концентрация молекул В; k – постоянная Больцмана; Т – температура среды, μ – приведенная масса сталкивающихся частиц.

Если учесть, что среда состоит только из молекул одного сорта (в данном случае ВЭ), то можно получить значение ω_0 . Тогда по формуле $\omega = \omega_0 \frac{P}{760}$ получается значение ω .

ВЭЭ. Для ВЭЭ $\nu = 344.1315$ и 278.1486 см^{-1} . При Т = 700К и атмосферном давлении для ω_0 из кинетической теории газов получается значение $3.3 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$. Зависимость k/k_∞ от давления из-за “водородного

моста” между β -атомом водорода и крайним атомом углерода виниловой группы дается кривой 1, а между α -атомом водорода и крайним атомом углерода виниловой группы – кривой 2 (рис. 4).

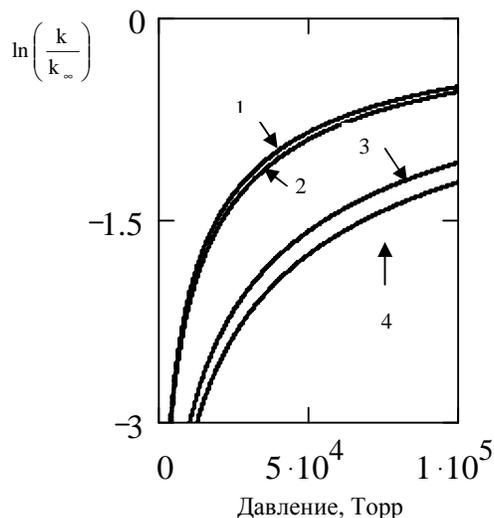


Рис. 4. Зависимость k/k_∞ от давления при мономолекулярном распаде ВЭЭ (кривые 1 и 2), ВПЭ (кривая 3), ВБЭ (кривая 4).

ВПЭ. Для ВПЭ $\nu = 192.1585 \text{ см}^{-1}$. При температуре 700К и давлении 1 атм. для ω_0 получается значение $6 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$. Зависимость k/k_∞ от давления представлена на рис. 4.

ВБЭ. Для ВБЭ $\nu = 174.7585 \text{ см}^{-1}$. В этом случае $\omega_0 = 8 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$. Зависимость константы скорости термического распада ВБЭ от давления представлена на рис. 4.

Исследование явления термического мономолекулярного распада виниловых эфиров в рамках подхода, предложенного в данной работе, позволило выявить некоторые интересные особенности. Во-первых, установлено, что к распаду указанных эфиров на насыщенные соединения приводит только водородная связь между α -атомом водорода алкильной группы и крайним атомом углерода виниловой группы. Только в случае ВЭЭ водородная связь между β -атомом водорода этиловой группы с атомом углерода виниловой группы также приводит к разрушению эфира. Во-вторых, удалось также объяснить и получить зависимость констант скоростей распада от давления.

Авторами работы [12] выдвигалось предположение, что при термическом распаде винилпропилового и винилбутилового эфиров основную роль играет сформированный замкнутый цикл вблизи эфирной группы, так как в продуктах распада обнаруживался преимущественно ацетальдегид. Полученные в настоящей работе расчетные данные подтверждают, что распад указанных эфиров действительно можно обосновать по схеме,

предполагающей образование внутримолекулярной водородной связи и формирование циклической структуры молекул через так называемый “водородный мост”. Удовлетворительное совпадение значений параметров с результатами экспериментальных исследований свидетельствует о корректности предложенного метода исследования и перспективности его применения в других сложных системах, которые трудно поддаются точному расчету.

Исходя из полученных в работе данных по распаду виниловых эфиров и расчета энергий активации процесса с помощью разработанного нами полуэмпирического метода, основанного на появлении разрыхляющих связей в молекуле эфира вследствие его внутримолекулярных вращений и использования расстояния разрыхляющей связи, определенной в рамках программы Chem.Bio Ultra 11.0, можно определить абсолютное значение константы скорости распада ВЭ.

Институт химической физики
им А. Налбандяна НАН РА

Г. Н. Саргсян

Квантово-химическое обоснование и моделирование механизма мономолекулярного распада органического соединения при термической активации. Определение фактора частот спонтанного распада при термической активации виниловых эфиров. 1

Рассмотрена задача спонтанного распада при термической активации виниловых эфиров (этил, пропил и бутил) на насыщенные продукты в рамках представлений теории возмущений квантовой механики, теорий Слейтера и RRKM. С использованием компьютерных расчетных программ MM2 и Gaussian, а также MATHCAD найдены переходные состояния этих молекул и рассчитаны факторы частот. Рассчитана также зависимость констант скорости распада от давления.

Գ. Ն. Սարգսյան

Օրգանական կյութերի ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման մեխանիզմի քվանտաքիմիական հիմնավորումը և մոդելավորումը: Վինիլային էթերների ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման հաճախականության ֆակտորի որոշումը: 1

Հետազոտված է վինիլային էթերների (էթիլ, պրոպիլ և բութիլ) հազեցած արգասիքների ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման խնդիրը քվանտային մեխանիկայի զրգռումների տեսության, Սլեյտերի և RRKM տեսությունների սահմաններում: MM2 և Gaussian, ինչպես նաև MATHCAD համակարգչային մաթեմատիկական ծրագրերի օգնությամբ գտնվել են այդ մոլեկուլների անցումային վիճակները և

հաճախականության գործոնները: Chem.Bio Ultra 11.0.հաշվողական կոմպլեքսի սահմաններում հաշվված են վերոհիշյալ ռեակցիաների արագության հաստատունների կախվածությունը ճնշումից:

G. N. Sargsyan

Quantum-Chemical Explanation and Modeling of Mechanism of Unimolecular Decay of Organic Compounds under Thermal Activation. Definition of Factor of Frequency of Spontaneous Decay under Thermal Activation of Vinyl Ethers. 1

The problem of spontaneous decay of vinyl esters (ethyl, propyl and butyl) on the saturated products within the concept of the perturbation theory of quantum mechanics, the Slater and RRKM the theory has been considered. Using computer calculation programs MM2, Gaussian, and MATHCAD these molecules and their transition states have been built. The Frequency factors and the dependence of the rate constants of mentioned processes on the pressure Chem.Bio Ultra 11.0. have been calculated.

Литература

1. *Кассель Л. С.* - Кинетика гомогенных газофазных реакций. ОНТИ. 1937.
2. *Marcus R. A.* - Unimolecular dissociation and free radical recombination reactions. *J. Chem. Phys.* 1952. V. 20. P.359 -364.
3. *Lindemann, F. A., Arrhenius, S., Langmuir I., Dhar N. R., Perrin, J., Mcc. Lewis W. C.* - Transactions of the Faraday Society. 1922. V. 17. P. 598-606.
4. *Slater N.B.* - Theory of Unimolecular Reactions. Cornell Unyversity. New York. 1959. P.
5. *Leitner D.M., Wolynes P.G.* - Chem. Phys. 2006. V. 329. P.163-167.
6. *Pritchard O.H.* - Canad. J. Chem. 1977. V. 55. P. 284-291.
7. *Peskin Ury, Reisler and Miller H. William* - J. Chem. Phys. 1994. V. 101(11). P. 9672.
8. Comprehensive Chemical Kinetics volume 3- Edited by *C. H. Bamford and C. F. H. Tipper.* THE FORMATION AND DECAY OF EXCITED SPECIES. Elsevier Publishing Company. Amsterdam-London-New York. 1969. P. 320.
9. *Shimofuji K., Saito K., Imamura A.* - J. Phys. Chem. 1991. V. 95(1). P.155-172.
10. *Pokidova T. S., Shestakov A. F.* - J. Phys. Chem. A. 2009. V. 83. №.11. P. 1860-1867.
11. *Brener D. M.* - Chem. Phys. Letters. 1978. V. 57(3). P. 357 -361.
12. *Hurd C. D., Blunk F. H.* - *J. Am. Chem. Soc.* 1938. V. 60. N. 10. P. 2419 - 2425.
13. *Blades A. T. and Murry C. W.* - *J. Am. Chem. Soc.* 1952. V. 74. P. 1039 -1041.
14. *Blades A. T.* - *J. of Chemistry.* 1953. V. 31. P. 418-421.
15. *Wang S. N., Winkler C. A.* - Canadian Journal of Research. 1943. V. 21b. N 5. P. 97-11
16. *Allinger N. L, Burkert U.* (1982). Molecular Mechanics. An American Chemical Society Publication. ISBN 0-8412-0885-9
17. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.,* Квантовая механика, Нерелятивистская теория, Гос. изд.- физ.-мат. лит. 1963. 380 с.

топлива жирных кислот триглицеридов, с одновременной активацией сосудисто-тромбоцитарного и коагуляционного звеньев гемостаза, депрессией фибринолиза.

Важность исследования системы гемостаза при ожоговой болезни обусловлена тем, что среди причин гибели больных с ожогами значительная доля принадлежит тромбоэмболическим состояниям [9].

Природа внутрисосудистого свертывания крови при термической травме многокомпонентна со сменой ведущего фактора в течение ожоговой болезни; болевой фактор, раневая поверхность как зона активации тромбоцитов и прокоагулянтов, сгущение крови и гемолиз эритроцитов, нарушения процессов перекисного окисления, ацидоз, всасывания продуктов распада пораженных тканей, нарушения микроциркуляции могут выступать и причиной, и следствием внутрисосудистого свертывания крови.

Учитывая вышепредставленные литературные данные, мы решили провести серию исследований по изменению системы гемостаза и перекисного окисления липидов (ПОЛ) при ожоговой болезни под действием некоторых лекарственных соединений. К ним относятся: дермафен (мазь и крем), фецилин, левомиколь и синтомицин.

Материалы и методы. Для выявления противоожоговой активности использована предложенная нами мазь, в состав которой входили активное вещество 6-(1-фецилциклопентил-1-карбамида)-натриевая соль пенициллина (фецилин), синтезированная в ИТОХ НАН РА, и известный в медицинской практике местноанестезирующий препарат анестезин. Для приготовления мази использовали ланолиновую основу, где кристаллы фецилина и анестезина составляли по 5% соответственно. Полученная нами мазь апробировалась под условным названием дермафен.

Для оценки противоожоговой активности мази дермафен исследования проводились на половозрелых крысах линии Вистар массой 180-200 г. Все группы животных содержались на едином пищевом рационе. Как стереотип использовали известные в медицинской практике противоожоговые мази – левомиколь и синтомицин.

Термический ожог осуществляли прибором, состоящим из сверхточного электронного терморегулятора, соединенного с металлическим стер-жнем. Ожоги наносили в течение 5-6 с при $70\pm 5^{\circ}\text{C}$.

В результате животные получали термические ожоги II-III степени.

Подопытных животных подразделяли на следующие группы:

- 1) интактная группа – здоровые животные;
- 2) контрольная группа (термический ожог без лечения);
- 3) термический ожог + ежесуточное смазывание синтомицином;
- 4) термический ожог + ежесуточное смазывание левомиколем;
- 5) термический ожог + ежесуточное смазывание мазью дермафен;
- 6) термический ожог + ежесуточное смазывание кремом дермафен;
- 7) термический ожог + ежесуточное смазывание фецилином.

В каждую группу входило по 8 белых крыс. Кровь для исследования брали на 3-й, 7-й, 15-й и 21-й день после ожога. Определяли

следующие параметры системы свертывания крови на гемокоагуляторе французской фирмы STAGO - "Start-4":

1) активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ);

2) протромбиновое время (ПВ);

3) тромбиновое время (ТВ);

4) количество фибриногена (Ф-ген).

Для изучения процессов ПОЛ изолированную печень промывали физ. раствором для удаления остатков крови и гомогенизировали в трис-НСI буфере (рН 7.4).

Количественное определение малонового диальдегида (МДА) как конечного продукта СРО липидов производилось спектрофотометрически [10, 11]. Об антиоксидантной активности (АОА) исследованных лечебных мазей судили по их способности тормозить процесс ПОЛ. Иницирование СРО липидов проводилось добавлением к 10% гомогенату печени раствора соли Мора. АОА лечебных мазей определяли в неферментативной аскорбатзависимой системе процентным изменением количества МДА в опытных пробах по сравнению с контрольными (ожоги без лечения) из расчета на 1 мг предварительно определенного количества белка [12].

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием критерия достоверности Фишера–Стьюдента.

Результаты и обсуждения. Согласно данным, представленным в табл. 1, вышеуказанные соединения проявляют существенную АОА, подавляя процесс СРО в основном на третий и седьмой день после ожога. Наибольшее подавление ПОЛ наблюдается со стороны фецилина (на 73.0 и 59.2% соответственно) по отношению к контролю. Несколько меньшее подавление СРО липидов происходит под действием дермафен крема и мази.

Таблица 1
Изменение содержания МДА (нМ/мг белка) в печеночной ткани после трех- и семидневных термических ожогов под действием различных лечебных мазей

Лечебная мазь	3-й день после ожога			7-й день после ожога	
	Контроль (ожог без лечения), n=8	Опыт, n=8	% разницы от контроля	Опыт, n=8	% разницы от контроля
Фецилин	6.25±0.36	1.68±0.12	-73.0*	2.55±0.18	-59.2*
Дермафен крем	-/-	2.13±0.14	-65.9*	3.28±0.24	-47.6*
Дермафен мазь	-/-	2.38±0.16	-61.9*	3.04±0.22	-46.7*
Синтомицин	-/-	3.50±0.26	-44.0*	4.58±0.28	-26.7**
Левомиколь	-/-	4.70±0.28	-24.8**	4.92±0.30	-21.3**

Примечание: P* < 0.001; P** < 0.01; P*** < 0.5.

Наименьшая АОА проявляется со стороны синтомицина и левомиколя.

Результаты опытов, приведенные в табл. 2, показывают, что на 15-й и 20-й день после ожога действие отмеченных мазей на процесс подавления ПОЛ постепенно замедляется. При этом фецилин, дермафен крем и мазь еще проявляют достаточно высокую АОА, особенно на 15-й день после ожогов (47.6, 41.7 и 39.2% соответственно) по отношению к контролю.

Таблица 2

Изменение содержания МДА (нМ/мг белка) в печеночной ткани после 15- и 21- дневных термических ожогов под действием различных лечебных мазей

Лечебная мазь	15-й день после ожога			21-й день после ожога	
	Контроль (ожог без лечения), n=8	Опыт, n=8	% разницы от контроля	Опыт, n=8	% разницы от контроля
Фецилин мазь	6.25±0.36	3.28±0.23	-47.6*	4.58±0.26	-26.8**
Дермафен крем	-//-	3.64±0.24	-41.7*	4,85±0.28	-22.4**
Дермафен мазь	-//-	3.80±0.26	-39.2*	5.00±0.30	-20.0**
Синтомицин	-//-	4.58±0.28	-26.7**	5.79±0.32	-7.3***
Левомиколь	-//-	5.60±0.30	-10.4***	6.05±0.34	-3.2***

Незначительное замедление процесса СРО наблюдается со стороны синтомицина и левомиколя, действие которых к 21-му дню ожога практически прекращается.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что при термических ожогах в печеночной ткани процесс липидной пероксидации под действием вышеперечисленных лечебных мазей значительно замедляется. Среди них самыми эффективными являются фецилиндермафен, некоторая АОА которых к 21-му дню термического ожога еще сохраняется.

В табл. 3 приведены данные, согласно которым термическая травма сопровождается значительными изменениями в системе свертывания крови.

В первые часы после ожога наблюдается увеличение тромбинового времени и снижение концентрации фибриногена. Употребление синтомицина и левомиколя незначительно улучшает состояние свертывающей системы. Только на 15-й день лечения количество фибриногена и показатели тромбинового времени доходят до нормы после лечения синтомицином и на 21-й день после левомиколя. Протромбиновое время уменьшается при ожогах начиная с 3-го дня, что говорит о гиперфункции свертывающей системы. Левомиколь и синтомицин незначительно нормализуют протромбиновый индекс начиная с 15-го дня лечения, а фецилин и дермафен – с 3-го дня лечения.

Активированное частичное тромбопластиновое время – это тест, который позволяет оценить состояние внутреннего пути свертывания крови, процесса образования тромба при отсутствии повреждения тканей. Исходя из литературных данных термическая травма сопровождается изменением функционального состояния стенки сосудов. Особого внимания заслу-

живает тот факт, что антитромботические свойства сосудистой стенки значительно снижаются.

Синтомицин и левомиколь почти не меняют АЧТВ. Дермафен приводит к нормализации АЧТВ начиная с 7-го, а фецилин – с 3-го дня.

Таблица 3

Изменение некоторых параметров системы свертывания крови при ожогах под действием различных лечебных мазей

	Конт- роль	Ожоги без леч.	Синто- мицин	Левоми- коль	Дерма- фен мазь	Дерма- фен крем	Феци- лин
3-й день							
ПВ	16,7"	15,1	15,3	15,2	15,8	16,0	16,8
ТВ	14,7"	13,1	13,2	13,5	14,8	14,5	14,8
АЧТВ	30"	26,0	26,5	26,0	26,6	28,5	30,0
Ф-ген	325мг	291,0	282,0	278,0	378,0	360,0	325,0
7-й день							
ПВ	16,7"	14,7	14,8	14,8	16,2	16,0	16,5
ТВ	14,7"	13,7	13,8	13,8	14,8	14,5	14,6
АЧТВ	30"	26,5	27,5	26,0	29,0	29,0	31,5
Ф-ген	325мг	285	300,0	275,0	360,0	370,0	328
15-й день							
ПВ	16,7"	14,3	16,4	16,2		16,8	16,8
ТВ	14,7"	13,3	14,6	14,0	14,8	14,5	14,6
АЧТВ	30"	25,8	27,5	27,0	29,0	29,0	30,5
Ф-ген	325мг	280,0	320,0	280,0	330,0	328,0	327,0
21-й день							
ПВ	16,7"	14,5	16,5	16,6	16,8	16,7	16,75
ТВ	14,7"	13,2	14,5	14,3	14,7	14,5	14,9
АЧТВ	30"	26,0	28,0	28,0	29,0	29,03	30,5
Ф-ген	325мг	290,0	330,0	330,0	325,0	328,0	322,0

Исходя из результатов наших исследований можно прийти к выводу, что ожоговая травма индуцирует диссеминированное внутрисосудистое свертывание крови и спонтанную агрегацию тромбоцитов, которые влияют на тяжесть ожоговой болезни.

Левомиколь и синтомицин оказывают незначительное воздействие на систему свертывания крови начиная с 15-го дня лечения. Все виды дермафена имеют высокое лечебное свойство. Эффективнее и быстрее на все параметры действует фецилин уже с 3-го дня лечения.

Таким образом, в результате термической травмы развивается синдром хронического диссеминирования внутри сосудистого свертывания крови, который является компонентом патогенеза ожоговой болезни и вносит значительный вклад в ее проявления.

Резюмируя, следует отметить, что фецилин и дермафен являются эффективными препаратами для коррегирования процессов СРО и свертывающей системы крови при термических ожогах и их применение создает оптимальные условия для процесса регенерации ткани.

Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии НАН РА
Институт тонкой органической химии им. А. Л. Мнджояна

**С. С. Овакимян, О. М. Амирханян, Г. В. Гаспарян,
Сур. С. Овакимян**

Влияние некоторых лечебных мазей на перекисное окисление липидов и свертывающую систему крови при термических ожогах

Изучены некоторые параметры системы свертывания крови и перекисного окисления липидов в печеночной ткани при ожоговой болезни под действием лечебных мазей, синтезированных в ИТОХ НАН РА. Установлено, что дермафен мазь и крем и особенно фецилин проявляют высокую антиоксидантную активность, вследствие чего процессы липидной пероксидации значительно замедляются. При изучении некоторых параметров процесса свертывания крови мы пришли к выводу, что фецилин лучше всех исследуемых мазей нормализирует систему свертывания крови начиная с 3-го дня лечения.

**Ս. Ս. Հովակիմյան, Ն. Մ. Ամիրխանյան, Հ. Վ. Գասպարյան,
Սուր. Ս. Հովակիմյան**

Որոշ բուժիչ քսուկների ազդեցությունը լիպիդների գերօքսիդացման և արյան մակարդելիության համակարգի վրա ջերմային այրվածքների ժամանակ

Ուսումնասիրվել է արյան մակարդելիության մի քանի գործոնների և լյարդում ընթացող օքսիդացման գործընթացների վրա ՀՀ ԳԱԱ ՆՕՔ-ի ինստիտուտում սինթեզված բուժիչ քսուկների ազդեցությունը ջերմային այրվածքների ժամանակ: Հետազոտությունների արդյունքները պարզեցին, որ ֆեցիլինը և դերմաֆենը (հատկապես ֆեցիլինը) ցուցաբերում են բարձր հակաօքսիդանտային ակտիվություն, ինչի հետևանքով լիպիդների գերօքսիդացման գործընթացները ճնշվում են: Արյան մակարդելիության որոշ գործոնների հետազոտությունները հանգեցնում են այն եզրակացության, որ բոլորից առավել ֆեցիլինն է կարգավորում արյան մակարդելիության համակարգը, սկսած արդեն բուժման 3-րդ օրվանից:

**S.S. Hovakimyan, H.M. Amirkhanyan, H. V. Gasparyan,
Sur. S. Hovakimyan**

Influence of Some Medicinal Ointments on Lipid Peroxidation and Blood Coagulating System in Thermal Burns

During burn disease we have studied some parameters of blood coagulation and lipid peroxidation in liver tissue, under the influence of medicinal ointments synthesized in IFOC NAS RA. Our results led us to the conclusion that dermafen ointment and cream, and especially feacylin exhibit high antioxidant activity, owing to what lipid

peroxidation processes are considerably slowed down. When studying some parameters of the process of blood coagulation, we concluded that the ficylinis best of all the studied ointments normalizes blood coagulation system, starting from the 3-rd day of treatment.

Литература

1. *Бабская Ю. Е., Лавров В. А., Олюнина Н. А. и др.* – Хирургия. 1985. № 11. С. 95-97.
2. *Conner E. M., Grisham M. B.* – Nutrition. 1996. V. 12. № 4. P. 274-277.
3. *Агаева Р. К.* Роль лимфатической системы в нарушении процессов перекисного окисления липидов и системы антиоксидантной защиты в патогенезе ожогового шока. Автореф. канд. дис. 14. 00. 16. Агаева Рашида Камилевна. Саратов. 2003. 23 с.
4. *Перетягин С. П.* Индивидуальный выбор антиоксиданта при проведении комплексной терапии ожоговых больных: метод, рекомендации. Н. Новгород. 2001. 16. с.
5. *Быстрова Н. А., Мельников А. А., Прокопенко Л. Г.* – Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1995. № 4. С. 24-27.
6. *Мавмотов Т. Г.* - Детская хирургия. 2002. № 5. С. 22-25.
7. *Кузник Б. И., Витковский Ю. А., Сизоненко В. А. и др.* – Гематология и трансфузиология. 2002. Т. 47. № 1. С. 17-21.
8. *Обыденко В. И.* Влияние вилона на иммунитет, гемостаз и регенерацию кожи после термической травмы на фоне иммобилизационного стресса. Автореф. канд. дис. 14. 00. 16. Обыденко Валентина Игоревна. Чита. 2003. с.22.
9. *Oremus M., Hanson M.D., Whitlock R. et al.* – J. Bum Care Res. 2007. V. 28. № 6. P. 794-804.
10. *Владимиров Ю. А., Арчаков А. И.* Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М. Наука. 1972. 252 с.
11. *Владимиров Ю. А., Азизова О. А., Деев А. И., Козлов А. В.* В кн.: Свободные радикалы в живых системах. ВИНТИ. 1991. Т. 29. С.126-130.
12. *Lowery D. H., Razenbough N. J., Farr A.L., Rohdall R. J.* – J. Biol.Chem. 1951. V. 193. P.265-269.

Изучение адакитового вулканизма важно и с точки зрения вулканической опасности, поскольку адакитовые расплавы обогащены летучими компонентами и могут вызывать наиболее опасные, сильно взрывные извержения [2]. Также имеются модели, демонстрирующие, что смешение магм может явиться триггером сильных взрывных извержений [17].

В работе рассмотрены геохимия и изотопия плиоценовых адакитовых риолитов Цахкуняцкого хребта в центральной Армении и адакитовых гранитных ксенолитов из четвертичных лав вулкана Гарусар, на Сюникском нагорье в южной Армении.

Образцы и аналитические методики. В рамках данной работы проанализированы три образца обсидиана, отобранных автором в ходе полевых работ в пределах Цахкуняцкого хребта, и один образец гранитного ксенолита из продуктов извержения вулкана Гарусар. Анализ образцов на главные элементы произведен волновым рентгено-флюоресцентным методом (WDXRF) в университете Утрехта, Нидерланды (обр. А-237 и А-238) и в университете Лейчестера, Великобритания (обр. 135 и 1-4В-08).

Редкие и редкоземельные элементы обр. 135 и 1-4В-08 проанализированы методом ICP-MS в университете Лидса, а обр. А-237 и А-238 – методом LA-ICP-MS в университете Утрехта. Качество аналитических определений контролировалось параллельными анализами сертифицированных стандартов и многочисленными повторными анализами дубликатов образцов.

Изотопы стронция (обр. 135 и А-238) измерены при помощи мультиколлекторного масс-спектрометра Thermo-Scientific ICP-MS с использованием стандарта NBS987 в университете Лидса. Составы изученных адакитов Армении представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составы исследованных образцов адакитов Армении (оксиды главных элементов даны в весовых процентах, редкие элементы в ppm)

	Риолиты Цахкуняцкого хр.			Ксенолит, вулкан Гарусар
	А-237	А-238	А-135	1-4В-08
SiO ₂	73.38	72.34	75.83	76.29
TiO ₂	0.13	0.11	0.14	0.07
Al ₂ O ₃	13.65	13.08	13.23	13.24
FeO _{общ.}	1.28	3.62	1.12	0.72
MnO	0.05	0.12	0.05	0.01
MgO	0.18	0.35	0.17	0.09
CaO	0.87	1.21	0.92	0.89
Na ₂ O	4.46	4.30	4.35	3.62
K ₂ O	4.27	4.10	4.42	5.23
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.02	0.01
п.п.п (LOI)	0.87	0.57	0.17	0.11

Сумма	99.15	99.80	100.42	100.28
V	6.6	5.9	7.1	6.9
Cr	0.9	0.6	0.6	0.0
Ni	1.3	0.8	0.6	0.3
Ti	773.4	674.4	827.1	440.9
Rb	130.9	75.9	66.6	72.0
Sr	224.1	191.1	227.8	591.2
Cs	3.9	2.4	2.9	0.8
Ba	1001.6	904.4	1038.0	809.0
Y	10.5	6.6	9.3	4.1
Zr	119.6	113.5	139.6	49.0
Hf	3.6	2.9	3.9	1.9
Nb	29.7	16.2	14.0	6.9
Ta	2.3	1.2	1.6	1.2
La	53.4	45.0	50.7	21.7
Ce	82.4	67.6	73.2	29.8
Pr	6.9	5.5	6.7	3.0
Nd	20.2	16.2	20.4	9.2
Sm	2.9	2.0	2.6	1.2
Eu	0.4	0.4	0.6	0.5
Gd	1.9	1.3	2.3	1.0
Dy	1.7	1.1	1.3	0.8
Er	1.0	0.7	0.9	0.6
Yb	1.2	0.8	1.1	0.5
Lu	0.2	0.1	0.2	0.1
Pb	36.3	22.0	29.8	19.9
Th	37.8	23.9	32.0	43.1
U	12.9	6.9	8.0	5.9
Sr/Y	21.4	28.8	24.4	142.7
La/Yb	44.7	54.2	45.4	40.4
K ₂ O/Na ₂ O	0.96	0.96	1.02	1.44
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr		0.70519	0.704669	

Адакитовый магматизм Армении и сопредельных территорий. На Армянском нагорье проявления адакитов установлены в восточной Турции, в пределах восточной части Понтийского хребта, причем как в позднем палеоцене – раннем эоцене [18, 19], так и в позднем миоцене [20]. В СЗ Иране адакиты отмечены в олигоцене и миоцене [9,5]. В Армении до появления термина «адакит» термин «петрогенезис», идентичный адакитовому в зонах коллизии (плавление метабазитовой нижней коры), был предложен также и для некоторых интрузий Мегринского плутона на юге Малого Кавказа [21]. В работе [9] об адакитовых характеристиках некоторых интрузивных формаций Мегринского плутона на юге Армении.

В последние годы наши вулканологические и изотопно-геохимические исследования позволили интерпретировать образование больших объемов четвертичных трахиандезитов и трахидацитов Армении как результат смешения базальтовых мантийных и кислых адакитовых магм [6, 22, 23]. Данный вывод был основан как на геохимических трендах, так и изучении геохимии расплавных включений в минералах.

Однако до последнего времени “чистые” адакитовые лавы не были отмечены как продукты плиоцен-четверичного вулканизма Армении. Не были обнаружены также и признаки пространственной связи ареалов плиоцен-четвертичного и адакитового магматизма.

В настоящей работе впервые показано, что плиоценовые риолиты Цахкуняцкого хребта имеют геохимические характеристики, позволяющие отнести их к адакитам. В связи с обсуждаемой проблемой наличия “адакитового” компонента в формировании плиоцен-четвертичного вулканизма Армении [6] большой интерес представляет также идентификация адакитовых геохимических характеристик гранитных ксенолитов, содержащихся в продуктах извержения вулкана Гарусар Сюникского вулканического нагорья, что указывает на тесную пространственную связь очагов плиоцен-четвертичного и адакитового магматизма Армении.

Риолиты водораздельной части Цахкуняцкого хребта отнесены к 2-й фазе позднеколизийного кислого вулканизма Армении и нижнему плиоцену [24], с возрастными датировками в интервале 5.5 Ма по К/Аг [25] и 3.9-4.6 Ма по трэкам деления [26]. Риолиты представлены как обсидианами, так и порфиrowыми разновидностями. Риолиты Цахкуняцкого хребта, занимающие около 85 км², приурочены к его склонам и водораздельной части, а также к куполовидным телам – Тгвакар, Нахарар, Дамлик и др., центры извержений риолитов обычно размыты или перекрыты более молодыми лавами андезитового и базальт-андезитового состава [24].

Гранитные ксенолиты, содержащиеся в пирокластических выбросах и лавовых потоках трахибазальтового шлакового конуса Гарусар, расположенного к 3-ЮЗ от вулкана Ишханасар в пределах Сюникского вулканического нагорья, были описаны как «хадалиты», образовавшиеся при попадании гранитных пород в очаг вулкана [27].

Геохимия адакитов Армении. Диаграмма Sr/Y vs. Y, по [1], (рис 1, А) показывает положение исследуемых пород в поле адакитов, в сравнении с другими адакитовыми магмами региона (Армения, восточные Понтиды, СЗ Иран), и широкие вариации Sr/Y отношений. Цахкуняцкие адакиты демонстрируют высокие, но минимальные для адакитов Sr/Y отношения (21-29), а адакитовый ксенолит вулкана Гарусар – высокие (143). Содержание иттрия в риолитах варьирует в пределах 6-11 ppm, а в ксенолитах Гарусара – 4 ppm, что значительно ниже в сравнении с островодужными и коллизионными магмами [6, 28].

Другим важным геохимическим индикатором адакитовых магм является резкое их обогащение легкими РЗЭ относительно тяжелых, при пониженных содержаниях тяжелых РЗЭ [1, 3 и др.]. Отношение La/Yb в исследуемых адакитах Армении колеблется в пределах от 40 до 54, при пониженных содержаниях Yb от 0.5 до 1.2 ppm (рис. 1, Б). Обычно высокие

Sr/Y и La/Yb отношения при пониженных концентрациях Yb и Y в адакитах связывают с особенностями парциального плавления метабазальтового субстрата при высоких давлениях и наличием в них гранатовых, амфиболовых и клинопироксеновых фаз.

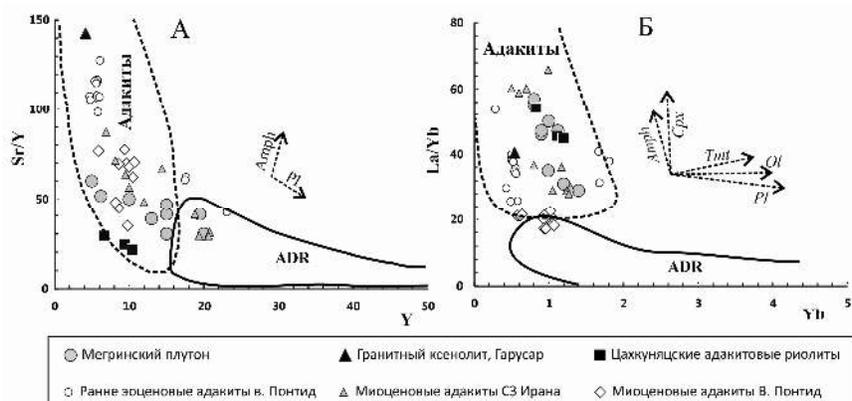


Рис. 1. Классификационные диаграммы для адакитов по [1], показывающие положение адакитов Армении и сопредельных территорий восточной Турции и северо-западного Ирана по [5, 18-20]. А – Sr/Y vs. Y; Б – La/Yb vs. Yb. ADR – композиционное поле “нормальных” андезитов, дацитов и риолитов.

По содержанию MgO и SiO₂ риолиты Цахкуняцкого хребта и гранитные ксенолиты вулкана Гарусар могут быть отнесены к низкомагнезиальным, высококремнеземистым адакитам [10,19]. По высоким отношениям K₂O/Na₂O (0.96-1.44) исследуемые адакиты могут быть условно отнесены к нижнекоровым «континентальным» адакитам, поскольку адакиты, выплавленные из базальтовой (N-MORB типа) части океанического слэба, показывают низкие K₂O/Na₂O [8, 20]. «Континентальные» адакиты образованы при компрессионном плавлении нижнекорового базальтового субстрата, геохимически отличного от MORB типа, характерного для адакитов зон субдукции [4].

Однако не существует единого мнения о составе и возрасте нижней коры в зонах коллизии. Сравнение изотопного состава коллизионных адакитов Тибета [8] и Армении свидетельствует об относительно молодом возрасте плавившегося базальтового субстрата нижней коры, в противном случае адакиты имели бы более радиогенный изотопный состав стронция.

Хотя для адакитов Тибета показано, что они образованы не из океанической коры [8], в то же время нет экспериментальных или иных данных, которые охарактеризовали бы адакиты как выплавки из базальтовой порции океанической коры при мелкомасштабной деляминации и наличии поглощенных фрагментов “протолитов” океанической коры (slices of oceanic crust) гетерогенного состава. Таким гетерогенным составом, в частности, характеризуется океаническая кора Тетиса исходя из состава офи-

олитов Армении и региона [29-33]. В указанных исследованиях показано наличие в океанической коре Тетиса базальтов MORB, E-MORB, OIB, BABB типов, в том числе с повышенными K_2O и отношениями K_2O/Na_2O . Поэтому, с нашей точки зрения, вопрос субстрата образования адакитов зон коллизии с повышенными K_2O/Na_2O отношениями (≥ 0.8) является дискуссионным.

Обсуждение результатов. Изложенные новые данные по адакитовому магматизму Армении и обобщенные литературные данные позволяют сделать вывод о наличии адакитового магматизма в регионе в промежутке от верхнего палеоцена – ижнего эоцена (в восточных Понтидах [18]), до плиоцена включительно (Цахкуняцкий хребет, Армения).

Касаясь высказанной ранее точки зрения о наличии адакитового компонента в коллизионных магмах Армении [6, 22, 23], важно отметить, что диаграмма Sr/Y vs $(Yb/La)_N$ (рис. 2), показывающая поле составов адакитов региона и изучаемых адакитов Армении, чётко демонстрирует расположение кислых и средних по составу лав Арагаца на линии смешения магм между долеритовыми платобазальтами и полем региональных адакитов. Это в свою очередь свидетельствует об участии адакитового компонента при формировании коллизионных магм среднего и кислого состава.

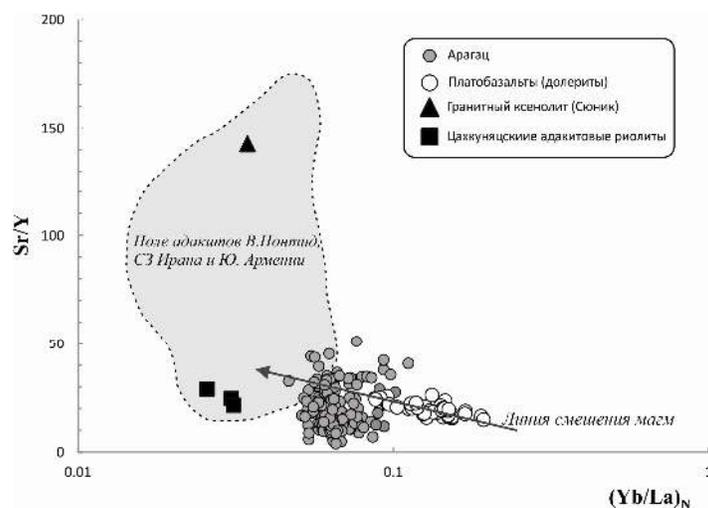


Рис. 2. Диаграмма Sr/Y vs. $(Yb/La)_N$, показывающая изучаемые адакиты Армении в поле региональных адакитов по данным [5,18-21] и расположение Арагацских кислых и средних эффузивов по [6], на линии смешения магм между долеритовыми платобазальтами по [34] и адакитами.

Долеритовые платобазальты выбраны как один из возможных конечных компонентов исходя из их мантийного происхождения [34] и наиболее низких La/Yb отношений и концентраций LIL элементов.

Аналогичный вывод можно сделать по спайдер-диаграмме (рис. 3), где поле составов лав Арагаца полностью расположено между двумя конечными компонентами – долеритами, с плавным распределением несов-

местимых элементов, и адакитами Цахкуняца, с резким обогащением легкоплавкими элементами относительно тугоплавких в ряду несовместимости.

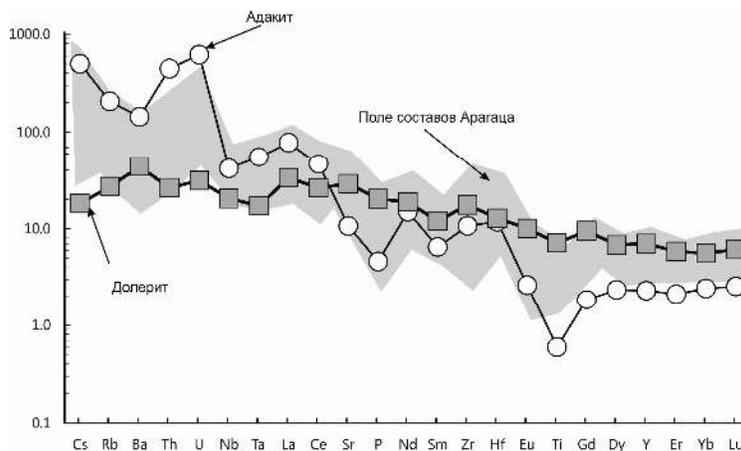


Рис. 3. Спайдер-диаграмма нормированных к составу примитивной мантии [36] составов конечных компонентов (end members) смешения магм: Цахкуняцкого адакита и платобазальта (долерита) центральной Армении по [34], в сравнении с полем составов коллизионных магм Арагаца по [6].

Касательно геодинамической интерпретации коллизионных адакитов следует отметить, что наличие адакитов может быть геодинамическим индикатором утолщения коры, орогенного коллапса или литосферной деляминации [7]. Для адакитов региона имеются следующие геодинамические модели: утолщение и деляминация нижней континентальной коры в раннем эоцене для Понтид [18]; образование окна в слэбе (slab window process) в раннем эоцене для Понтид [19]; утолщение коры дуги типа АКО Урмия-Дохгар [9]; орогенного коллапса (tectonic collapse) в пределах южного Тибета (террейн Лхаса) [8]; отрыв слэба и образование расплавов адакитового типа при плавлении верхней мантии, метасоматизированной флюидами слэба в пределах Тибета [35]; плавление утолщенной мафической нижней коры для миоценовых адакитов Восточно-Понтийского хребта [20]. Касательно применимости моделей для изучаемых адакитов Армении представляется, что для гранитов, обнаруженных в виде ксенолитов в продуктах извержения вулкана Гарусар, по всей видимости, применимы модель, предложенная для адакитовых гранитоидов Мегринского плутона нижнекорового происхождения [21], и близкая интерпретация, предложенная для генезиса адакитовых гранитоидов СЗ Ирана и южной Армении [9].

В случае с адакитами Цахкуняца модель плавления метабазитовых пород в нижней коре вследствие орогенного утолщения континентальной коры представляется наиболее реалистичной, аналогично модели, предложенной для миоценовых адакитов восточных Понтид [20].

При этом отсутствие изотопных данных Nd и Pb не позволяет идентифицировать метабазитовый субстрат как островодужный, океанический или континентально-нижнекорový. Тем не менее, имеющиеся данные по изотопам стронция адакитов Цахкуняцкого хребта позволяют исключить древнюю нижнюю континентальные кору Южно-Армянского блока (предположительно древнюю и радиогенную), поскольку изотопный состав стронция в адакитах в этом случае был бы более радиогенным.

Выводы. В истории эволюции магматизма Анатолийско-Армяно-Иранского орогенного плато имеется адакитовый магматизм как на стадии АКО в эоцене и олигоцен–миоцене, так и на постколлизийной стадии в позднем миоцене – плиоцене.

Изучаемые адакиты Армении могут быть условно охарактеризованы как «континентальные» низкомагнезиальные и высококремнеземистые адакиты, образованные при плавлении относительно молодого метабазитового субстрата в нижней коре. При этом состав и геодинамическое родство фрагментов базитовой нижней коры, подвергшейся плавлению, остаются неясными и могут иметь как дуговую, так и океаническую природу, а гипотетическая древняя нижняя кора Южно-Армянского блока может быть исключена из списка возможных нижнекорových субстратов исходя из имеющихся изотопно-стронциевых характеристик.

Изучаемые адакиты Армении находятся в тесной пространственной (Гарусар) и пространственно-временной (Цахкуняцкий хребет) ассоциации с плиоцен-четвертичными постколлизийными магмами Армении и исходя из анализа геохимических данных могут являться конечными членами при смешении мантийных основных и кислых адакитовых магм, с которым связан большой объем продуктов кислого и среднего вулканизма зоны Аравийской коллизии.

Институт геологических наук НАН РА
e-mail: km@geology.am

Х. Б. Меликсетян

Проявление адакитов в составе плиоцен-четвертичного коллизийного магматизма Армении

Рассмотрены геохимия и изотопия плиоценовых адакитовых риолитов Цахкуняцкого хребта в центральной Армении и адакитовых гранитных ксенолитов из продуктов извержения четвертичного вулкана Гарусар, на Сюникском нагорье в южной Армении. Показано, что изучаемые адакиты, имеющие тесную пространственно-временную связь с коллизийными магмами, могли быть конечными компонентами в системе смешения мантийных и корových расплавов при образовании большого объема кислого и среднего состава вулканизма Арагаца и других вулканических областей Армении.

Խ. Բ. Մելիքսեթյան

Ադակիտների հայտնաբերումը Հայաստանի պլիոցեն-չորրորդական կոլիզիոն մագմատիզմի կազմում

Քննարկվում են Կենտրոնական Հայաստանի Ծաղկունյաց լեռնաշղթայի պլիոցենի հասակի ադակիտային ռիոլիտների և Հարավային Հայաստանի Սյունիքի բարձրավանդակի չորրորդական հասակի Գարուսար հրաբխի ժայթքման արգասիքներում հայտնաբերված ադակիտային գրանիտային քսենոլիտների երկրաքիմիական և իզոտոպային առանձնահատկությունները: Ցույց է տրված, որ ուսումնասիրված ադակիտները, որոնք տարածաժամանակային սերտ կապ ունեն կոլիզիոն մագմատիզմի հետ, կարող են լինել մանթիական և կեղևային հալոցքների խառնման համակարգի եզրային բաղադրիչները Արագածի և Հայաստանի այլ հրաբխային մարզերի մեծ ծավալի թթու և միջին կազմի հրաբխականության ձևավորման ժամանակ:

Kh. B. Meliksetian

Discovery of Adakites within the Pliocene-Quaternary Collisional Magmatism in Armenia

Geochemistry and isotopy of adakitic rhyolites of Tsakhkunyats ridge and adakitic granitic xenoliths found in eruption products of Garusar volcano within Syunik volcanic upland in south Armenia is discussed. It is demonstrated, that the studied adakites exhibit close spatial-temporal links with collisional magmas and may represent end members in mixing of crustal and mantle derived melts in origin of voluminous intermediate to acid volcanism of Aragats volcano and other volcanic provinces of Armenia.

Литература

1. Defant M.J., Drummond M.S. - Nature. 1990. V. 347. P. 662–665.
2. Samaniego P., Martin H., Robin C., Monzier M. - Geology. 2002. V. 30. P. 967–970.
3. Castillo P.R. - Chinese Science Bulletin. 2006. V. 51. P. 257–268.
4. Ma Q., J-P. Zheng, Y-G. Xu, W.L. Griffin, R-S. Zhang. - Earth and Planetary Science Letters. 2015. V. 419. P.125-133.
5. Azizi H., Asahara Y., Tsuboi M., Takemura K., Razyani S. - Chemie der Erde – Geochemistry. 2014. V. 74. N 1. P. 87-97.
6. Меликсетян, Х.Б. - Изв. НАН РА, Науки о Земле. 2012. Т. 65 N 3. С. 34-59.
7. Chung S.L., Liu D.Y., Ji J.Q., Chu M.F., Lee H.Y., Wen D.J., Lo C.H., Lee T.Y., Qian Q., Zhang Q. - Geology. 2003. V. 31. P. 1021–1024.
8. Guo Z., Wilson M., Jiaqi Liu J. - Lithos., 2007. V. 96, P. 205–224.
9. Chiu H-Y., Chung S-L., Zarrinkoub M. H., Mohammadi S.S., Khatib, M.M., Iizuka Y. - Lithos, 2013. V.162–163. P. 70-87.
10. Martin H., Smithies R.H., Rapp R., Moyen J.F., Champion D. - Lithos. 2005. V. 79. P.1–24.
11. Defant M.J., Kepezhinskas - P. EOS, Transactions of the American Geophysical Union. 2001. V. 82. P. 62–70.
12. Mungall J.E. - Geology. 2002. V. 30. P. 915–918.

13. *Oyarzún R., Márquez A., Lillo J., López I., Rivera S.* - Mineralium Deposita. 2001. V. 36, P. 794–798.
14. *Sajona F.G., Maury R.C.* - Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Paris. 1998. V. 326. P. 27–34.
15. *Thiéblemont D., Stein G., Lescuyer J.L.* - Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris. 1997. V. 325. P. 103–109.
16. *Dreher S.T., Macpherson C.G., Pearson D.G., Davidson J.P.* - Geology, 2005. V. 33, P. 957-960.
17. *Woods A.W., Cowan A.,* - Earth and Planetary Science Letters. 2009. V. 288. P. 132–137.
18. *Karsli O., Dokuz A., Uysal I., Aydin F., Kandemir R., Wijbrans J.* - Lithos. 2010. V. 114. P. 109–120.
19. *Eyuboglu Y., Santosh M., Chung S.L.* - Lithos. 2011. V. 121, P.151–166.
20. *Eyuboglu Y., Santosh M., Yi K., Bektaş O., Kwon S.* - Lithos. 2012. V.146–147, P.218-232.
21. *Меликсетян Б. М.* – Петрология, геохимия и рудоносность палеоген-неогеновых вулcano-интрузивных формаций Малого Кавказа. Автореф. докт. дис. 1989. Тбилиси. 54 с.
22. *Nikogosian I., Meliksetian Kh, van Bergen M., Mason P., Navasardyan G.,* - Mineralogical Magazine. 2013. V. 77. N 5. P. 1850.
23. *Nikoghosyan I., Meliksetian Kh, van Bergen M., Mason P., Jrbashyan R., Navasardyan G., Ghukasyan Y., Melkonyan R., Karapetyan S.* - Geophysical Research Abstracts. 2014. V. 16. EGU-2014-2262.
24. *Karapetian S. G., Jrbashian R. T., Mnatsakanian A. Kh.* - Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2001. V. 112. P.189-220.
25. *Багдасарян Г. П.* -Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1975. Т. 28. N 6. С. 70-83.
26. *Badalyan R., Bigazzi G., Cauvin, M.-C. Chataigner C., Jrbashyan R., Karapetyan S. G., Oddone M., Poidevin J.-L.* Radiation Measurements. 2001.V. 34. P. 373–378.
27. Каталог верхнеплиоцен-четвертичных вулканов Армянской ССР. // *Гужасян Ю. Г., Карапетян К. И., Карапетян С. Г., Нагапетян Л. Б., Харазян Э. Х., Ширинян К. Г.* // Фонды ИГН АН Арм. ССР. Ереван. 1978. Т. 3. 283 с.
28. *Castillo P. R.* - Lithos. 2012. V. 134–135. P. 304–316.
29. *Rolland Y., Galoyan G., Bosch D., Sosson M., Corsini M., Fornari M., Verati C.* - Lithos. 2009. V. 112. P. 163–187.
30. *Parlak O., Çolakoglu A., Dönmez C., Sayak H., Yildirim N., Türkel A., Odabasi I.* - Geological Society, London, Special Publications. 2013. V. 372. P. 75-105.
31. *Çelik Ö. F., Chiaradia M., Marzoli A., Billor Z., Marschik R.* - Lithos. V. 172–173. P. 31-46.
32. *Hassanipak A. A., Ghazi A.M* - Journal of Asian Earth Sciences. 2000. V. 18. P. 109-121.
33. *Khalatbari-Jafari M., Juteau T., Cotton J.* - Journal of Asian Earth Sciences. 2006. V. 27. P. 465–502.
34. *Neill I., Meliksetian Kh., Allen M.B., Navasardyan G., Kuiper K.* - Chemical Geology. 2015. V. 403. P. 24-41.
35. *Gao S., Rudnick R.L., Yuan H.L., Liu X. M., Liu Y.S., Xu W.L., Lin W.L., Ayerss J., Wang X.C., Wang Q.H.* – Nature. 2007. V. 432. P. 892–897.
36. *Sun S.-S., McDonough W.F.* - Geological Society of London Special Publication. 1989. V. 42. P. 313-345.

культур, тем более канцеролитическая активность белковых включений не были изучены.

В Армении традиционно поддерживалось развитие микробиологии, что видно из описания основных этапов ее развития в республике. Для более детального представления потенциала Армении в этой области мы должны знать, что в тот период более 100 научных и конструкторских учреждений, многие отделения и лаборатории центральных институтов СССР были вовлечены в работы по фундаментальным и прикладным наукам.

Вехи развития микробиологии в Армении

- 1943. Создание сектора микробиологии, АН Арм. ССР.
- 1961. Организация Института микробиологии, АН Арм. ССР.
- 1972. - Ввод в эксплуатацию комплекса Института микробиологии, г. Абовян.
 - Ввод в эксплуатацию Завода лизина в Чаренцаване и
 - Завода биохимпрепаратов в Абовяне (*Главмикробиопрома СССР*).
 - Ввод в эксплуатацию Дрожжевого завода в г.Абовяне.
 - Организация производства витамина С на Витаминном заводе, Ереван/
- 1983. Создание Технологического института аминокислот, Ереван (*Главмикробиопрома СССР, в последующем – Институт биотехнологии*).
- 1988-1989. Спитакское землетрясение, распад СССР, экономический кризис.
- 1991. Завод по производству хлебопекарных дрожжей, Егвард.
- 1993. Организация Центра депонирования микробов НАН Армении.
- 2006. Организация Центра микробиологии и депонирования микробов НАН Армении (*на базе Института микробиологии и НАН Армении*).
- 2010. Организация н/п Центра “Армбиотехнология” НАН Армении (*на базе Института биотехнологии, Института микробиологии, Центра депонирования микробов*).
- 1976-1990. Космическая микробиология, Биодеградация полимеров.
- 1993-2011. Зарубежные гранты, контракты (Европа, США, Япония).
- 2002-2005. Проекты по космической микробиологии (НАСА, США и Европейское космическое агентство, ЕКА).

В данной работе использованы штаммы спорообразующих бактерий энтомогенного происхождения. В 2015 г. в различных районах Армении было обнаружено массовое поражение лиственных деревьев листоедом. В результате микробиологических анализов из разных образцов насекомых отрядов *Lepidoptera*, *Hemiptera*, *Mantodea*, *Dermaptera* были выделены и подробно охарактеризованы с молекулярным генотипированием 30 штаммов *B.laterosporus* (табл. 1).

Нами отобраны и испытаны на инсектицидную активность к листоеду 5 штаммов. Происхождение этих штаммов приведено в табл. 2. Все испытанные штаммы обладали выраженной активностью к листоеду и активно продуцировали кристаллоподобные белковые включения.

Таблица 1

Штаммы разных *Brevibacillus laterosporus*, систематизированные методом молекулярного генотипирования

Виды и подвиды по Euzеby *
<i>Bacillus foraminis</i> Tiago <i>et al.</i> 2006, sp. nov.
<i>Brevibacillus invocatus</i> Logan <i>et al.</i> 2002, sp. nov.
<i>Brevibacillus levickii</i> Allan <i>et al.</i> 2005, sp. nov.

* <http://www.bacterio.cict.fr> (J.P. Euzеby, *List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature*, 2010)

Морфологические особенности. Вегетативные клетки *B.laterosporus* имеют палочковидную форму с закругленными концами, грамположительные. При споруляции раздувают спорангий (рис. 1). Параспоральные канозвидные включения прикреплены к одной стороне споры [12]. На агаризованной среде штаммы образуют плоские, гладкие колонии белого, бежевого цвета с ризоидными краями. Физиолого-биохимические особенности представлены в табл. 2, где подытожены данные ауксанографии по усвоению источников углеродного питания. Инсектицидная активность *B.laterosporus* была изучена на представителе отряда *Coleoptera*, семейство *Chrysomelidae*. У штамма 199-3 через 60 ч гибель была 100% (рис. 2).

При оценке антимикробной активности штаммов *B.laterosporus* у них был выявлен широкий спектр антимикробного действия, распространяющийся на другие виды *Bacillus* как грам(+), так и грам (-) бактерий [12-14].

Определение потребностей в источниках углерода проводили ауксанографическим методом. Испытаны 26 источников углерода. Опыт проводили на больших чашках Петри, на трех средах [15]. Суспензия культур бактерий из односуточного косяка с конечным титром около 100 тысяч клеток в 1 мл. Перед опытом среда растапливается и остужается до 40-45⁰. Затем добавляется готовая суспензия, тщательно перемешивается и разливается в чашки Петри. После остывания агара на поверхность его накладываются бумажные диски, пропитанные испытуемыми растворами. Учет результатов проводился спустя 24-48 ч при инкубации 28-30⁰ по наличию роста испытуемого штамма вокруг наложенных бумажных дисков, пропитанных растворами испытуемых источников углерода. По результатам опыта все 5 штаммов усваивают фруктозу, трегалозу, мальтозу (табл.2). Из них 4 штамма усваивают рибозу, глюкозу, маннозу. Из 26 источников углерода по результатам опыта испытуемыми штаммами *B.laterosporus* не усваиваются 11 источников углеродного питания. Концентрация вещества около 5 мг/мл.

Таблица 2.
Усвоение источников углеродного питания штаммами
Brevibacillus laterosporus

Источники углерода															
	L-,D-арабиноза, L-, D-ликоза, D-фукоза, L-рамноза, L-сорбоза	D-рибоза	D-глюкоза	D-фруктоза	D-манноза	Сахароза	D-целлобиоза	D-мелибиоза	D-трегалоза	D-мальтоза	D-раффиноза	D-меллезигоза, Инулин, D-сорбит	D-галактоза, L-лактоза, D-маннит, D-ксилит	Дульцит	DL-аргинин
Номера штаммов по ЦДМ и источник выделения															
194-1 <i>Lepidoptera</i> <i>Mimas tiliae</i> L. Липовый бражник, Польша	0	+15	+12	+25	+15	0	0	0	+12	+15	0	0	0	0	+8
199-3 <i>Heteroptera-Hemiptera</i> , Клоч, Бюракан, Армения	0	+5	+8	+5	+4	0	+4	0	+12	+10	0	0	0	0	0
105-1 <i>Mantodea</i> , Богомол, Армения	0	+20	0	+20	+20	0	0	0	+12	+25	0	0	0	0	0
209-3 <i>Dermaptera</i> <i>Forficula auricularia</i> L., Уховертка, Армения	0	+25	+15	+25	+20	0	+10	0	+12	+15	0	0	0	+9	0
186-1 <i>Lepidoptera</i> <i>Deilephila hippophaeis</i> Esp., Облепиховый бражник, Чехия	0	0	+15	+20	0	+5	+20	+10	+10	+15	+10	+5	0	0	0

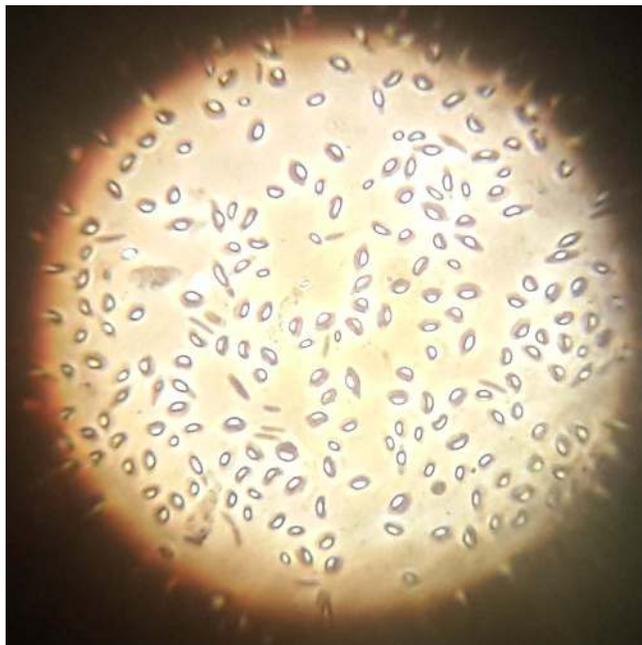


Рис. 1. 2-суточная культура *B.laterosporus* в оптическом микроскопе x 1000.



Рис. 2. Погибшие листоеды, сем. *Chrysomelidae*, натуральная величина

В результате проводимых работ выделено 30 штаммов, которые по морфо-физиологическим особенностям идентифицированы как *Brevibacillus laterosporus*. Спектр энтомопатогенного действия этих штаммов откры-

вает возможности для получения новых инсектицидных препаратов для борьбы с вредоносными насекомыми.

Центр депонирования микробов н/п центра “Армбиотехнология” НАН РА
e-mail: microbio@sci.am

**П. Е. Тадевосян, Н. Л. Казанчян, М. А. Киносян,
академик Э. К. Африкян**

***Brevibacillus laterosporus* как источник получения новых
биоинсектицидов и биологически активных веществ**

Обобщено развитие взглядов на таксономию и приведены основные особенности культур вида *Brevibacillus laterosporus* для практического применения в качестве биоинсектицидов, а также получения канцеролитических препаратов.

**Պ. Ե. Թադևոսյան, Ն. Լ. Ղազանչյան, Մ. Հ. Կինոսյան,
ակադեմիկոս Է. Գ. Աֆրիկյան**

***Brevibacillus laterosporus* -ը որպես նոր կենսաինսեկտիցիդների և
կենսաբանական ակտիվ նյութերի աղբյուր**

Ամփոփված են *Brevibacillus laterosporus* տեսակի կուլտուրաների դասակարգման և հիմնական առանձնահատկությունների զարգացման տվյալները՝ ինչպես նաև հակաքաղցկեղային պատրաստուկների ստացման համար:

**P. E. Tadevosyan, N. L. Ghazanchyan, M. H. Kinosyan,
academician E. G. Afrikian**

***Brevibacillus laterosporus* as the Source of Novel Bioinsecticides and
Biologically Active Substances**

The data concerning the study and use of *Brevibacillus laterosporus* bacilli as bioinsecticides for pest control and obtaining of cancerolytic substances are summarized.

Литература

1. Ohba M., Mizuki E., Uemori A. – Anticancer Research. 2009. V. 29. P. 427-434.
2. Ekino K., Okumura S., Ishikawa T., Kitada S., Saitoh H., Akao T., Oka T., Nomura Y., Ohba M., Shin T., Mizuki E. – Toxins. 2014. N 6. P. 1882-1895.
3. Okumura S., Koga H., Inouye K., Mizuki E. – Toxins. 2014. N 6. P. 2115-2126.
4. Xu Ch., Wang B-Ch., Yu Z., Sun M. – Toxins. 2014. N 6. P. 2732-2770.
5. White G. F. – United States Bur.Entomol.,Circ. 1912. N 157.
6. McCray A. H. – J. Agric. Research. 1917. 8. 399.
7. White G. F. – United States Dept. Agric., Bull. 1920. N 810.
8. Laubach C. A. – J. Bact. 1916. 1. P. 511.

9. *Shida O., Takagi H., Kadowaki K., Komagaya K.* – Int. J. Syst. Bacteriol. 1996. V. 46. P. 939-946.
10. *Яловицын М. В.* Энтомопатогенные микроорганизмы и применение их в борьбе с вредителями. Саранск. 1977. 160 с.
11. *Африкян Э.Г.* Энтомопатогенные бактерии и их значение. Ереван. 1973. 420 с.
12. *Зубашева М. В.* Характеристика штаммов *Brevibacillus laterosporus* и продуцируемых ими биологически активных соединений. Автореф. канд. дис. Москва, 2012.
13. *Орлова М. В., Смирнова Т.А., Шамшина Т. Н., Коваленко Н.А., Азизбекян Р. Р.* – Биотехнология. 1995. N 12. С. 22-26.
14. *Orlova M. V., Smirnova T. A., Ganyshkina L. A., Yacubovich V. Y., Azizbekyan R. R.* – Appl. Environ. Microbiol. 1998. T. 64. С. 2723-2725.
15. *Pridham T. G., Gottlieb D.* – J. Bacteriol. 1948.V. 56. N 1. P. 107.

ՔՈՎԱՆՂԱԿՈՒԹՅՈՒՆ 115-րդ ՀԱՏՈՐԻ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Կ. Վ. Հարությունյան, Ա. Հ. Քամայան, Բ. Մ. Սպիտկովսկի – Եռանկյունի մատրից-ֆունկցիաների մասնավոր ինդեքսների հնարավոր հավաքածուների մասին 7

Ս. Լ. Գոգյան – Ըստ Հաարի ընդհանրացված համակարգի թույլ ազահ ալգորիթմի մի հատկության մասին 15

Ռ. Վ. Դալլաքյան, Բ. Վ. Հովհաննիսյան – Բյաշկեի և Ջրբաշյանի արտադրյալների Թեյլորի գործակիցների և այդ արտադրյալները կապող ֆունկցիաների մասին 20

Կ. Վ. Հարությունյան, Ա. Հ. Քամայան, Բ. Մ. Սպիտկովսկի – Եռանկյունի մատրից-ֆունկցիաների մասնավոր ինդեքսների որոշ էքստրեմալ հատկությունների մասին 87

Ֆ. Ա. Թալալյան – Հավասարաչափ բաշխված հաջորդականությունների տեսության մի թեորեմի մասին 93

Ս. Լ. Գոգյան – $L_1(0,1)^d$ –ում դեմոկրատիկ համակարգերի մասին 98

Տ. Ա. Ջաքարյան – Ուռուցիկ բազմությունների վերջավոր միավորման տեսքով ներկայացվող չերիշկյան բազմությունների մասին 171

Կ. Ա. Քեոյան – Ֆրանկլինի ընդհանուր պարբերական համակարգի $\mathbf{B}^1(T)$ –ում բազիսության մասին 178

Ս. Վ. Կուկուշկին – Ընդհանրացված եզրային խնդիրը երկրորդ կարգի կոտորակային ածանցյալով հավասարման համար 185

Ֆ. Ա. Թալալյան – Հիլբերտյան տարածությունում պայմանական գուգամետ շարքերի մասին 255

Բ. Վ. Հովհաննիսյան – $A_\alpha(-1 < \alpha < +\infty)$ դասի ֆունկցիաների Թեյլորի գործակիցների լավագույն գնահատականի մասին 261

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ի. Դ. Ջալալվսկի – Ընդհանրացված ոչ պարզորոշ կոնստրուկտիվ տրամաբանություն 266

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Ս. Ս. Չիրենյան, Ա. Հ. Ջիվանյան, Գ. Հ. Խաչատրյան, Հ. Գ. Խասիկյան – Ձեռքի ափի երակների վրա հիմնված «ոչ հստակ» պահոցների սխեմա 27

Գ. Ա. Ճաղարյան – ՖինՖեՏ հիշող սարքերի ներդրված թեստավորման ընթացք 276

ԾԱԾԿԱԳՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ք. Մ. Կյուրեղյան – SAFER+ համակարգի որոշ ձևափոխություններ 33

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Վ. Մ. Բելուբեկյան, Ս. Վ. Բելուբեկյան – Ռեզոնանսային և տեղայնացված սահքի տատանումները ուղղանկյուն կտրվածքով շերտում 40

Ջ. Ն. Դանոյան, Լ. Հ. Աթոյան, Ս. Լ. Սահակյան – Էլեկտրաառաձգական մակերևութային ալիքները շերտավոր պիեզոակտիվ կառուցվածքում էլեկտրական (մագնիսական) էկրանի առկայությամբ 102

<i>Յու. Լ. Սարգսյան</i> – Պինդ մարմնի տված դիրքերի իրարահաջորդ բազմություններում համակենտրոն գնդեր մոտարկող կետերի մասին	110
<i>Ս. Ս. Ավետիսյան</i> - Ֆիզիկամեխանիկական կապակցված դաշտերով հոծ միջավայրերի անհարթություններով եզրերի ամրացման եզրային խնդրի մոդելավորումը	119
<i>Գ. Ս. Հայրապետյան, Ս. Հ. Սարգսյան</i> – Պտույտների և տեղափոխությունների անկախ դաշտերով միկրոպոլյար կլոր սալերի ծռումը	194
<i>Ս. Ս. Համբարձումյան, Ս. Վ. Բելուբեկյան</i> – Ուղղահայաց բեռի ազդեցության տակ գտնվող տարամոդով սալի լարվածադեֆորմացվող վիճակը	203
<i>Գ. Ե. Բաղդասարյան, Ս. Լ. Սահակյան</i> – Համառանցք գլանային թաղանթների տատանման հարցեր, երբ նրանցով սահմանափակված տիրույթը մասնակիորեն լցված է հեղուկով	209
<i>Ռ. Ս. Կիրակոսյան</i> – Առաձգական ամրակցված կլոր սալի ծռման ոչ դասական մի խնդրի մասին	284

ԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

<i>Հ. Ս. Պողոսյան, Ս. Զ. Սարգսյան, Ս. Լ. Աղալովյան, Լ. Գ. Ղուլիզարյան</i> – GPS համակարգերի և սելսմակայանների տվյալների հիման վրա Հայաստանի տարածքի լարվածային-դեֆորմացիոն վիճակների մոնիթորինգի եղանակը	290
--	-----

ՄԱԳՆԻՍՏԱՌԱՋԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

<i>Գ. Ե. Բաղդասարյան, Բ. Հ. Դանոյան</i> – Մագնիսատրիկցիոն ուղղանկյուն սալերի կայունությունը երկայնական մագնիսական դաշտում	218
---	-----

ՖԻԶԻԿԱ

<i>Դ. Բ. Դավիդյան, Բ. Յու. Դանիլով, Ռ. Վ. Թումանյան, Վ. Գ. Դավթյան</i> – Սառը միջուկային սինթեզի ռեակտորի ստեղծման տեսական նախադրյալներ	132
<i>Լ. Բ. Հովակիմյան, Հ. Հ. Մաթևոսյան, Հ. Բ. Ներսիսյան, Կ. Ա. Սարգսյան</i> – Լիցքավորված դիսկոկազիայի համար Ֆրիդելի գումարման կանոնի մասին	227
<i>Ս. Ա. Բաբայան, Լ. Բ. Հովակիմյան, Հ. Հ. Մաթևոսյան, Հ. Բ. Ներսիսյան</i> – Այլասերված GaN-ում բացասական լիցք կրող դիսկոկազիայի էկրանավորման մասին .	298

ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱ

<i>Ի. Ա. Վարդանյան</i> OH ռադիկալների ռեակցիաները NaCl-ի պինդ մակ-երևույթի վրա	44
<i>Ա. Ս. Մարտիրոսյան</i> – Թթվածնի դերը օրգանական միացության հետ CH ₃ O ₂ ադսորբված ռադիկալների փոխազդեցության ընթացքում	232
<i>Գ. Ն. Սարգսյան</i> – Օրգանական նյութերի ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման մեխանիզմի քվանտաքիմիական հիմնավորումը և մոդելավորումը: Վինիլային եթերների ջերմային ակտիվացմամբ ինքնաքայքայման հաճախականության ֆակտորի որոշումը: 1	303

ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱ

<i>Ս. Վ. Գրիգորյան, Ռ. Ա. Փաշայան, Լ. Վ. Հարությունյան</i> – Հայաստանի տարածքի երկրաշարժերի հիդրոերկրադինամիկական և հիդրոքիմիական նախանշանները	50
--	----

ԿԵՆՍԱՔԻՄԻԱ

<i>Ս. Ս. Հովակիմյան, Հ. Ս. Ամիրխանյան, Հ. Վ. Գասպարյան, Սուր. Ս. Հովակիմյան</i> - Որոշ բուժիչ քուկների ազդեցությունը լիպիդների գերօքսիդացման և արյան մակարդեղիության համակարգի վրա ջերմային այրվածքների ժամանակ	312
---	-----

ՀՐԱԲԽԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

<i>Խ. Բ. Մելիքսեթյան</i> - Աղակիտների հայտնաբերումը Հայաստանի պլիոցեն-չորրորդական կուլիզոն մագմատիզմի կազմում	319
---	-----

ՄԱՆԲԷԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ. Ս. Շահինյան, Հ. Հ. Փանոսյան, Ա. Հ. Թռչունյան – Հայաստանի երկրաջերմային աղբյուրներից անջատված լիպազ արտադրիչ ջերմասեր բացիլների շտամների ուսումնասիրությունը 59

Ա. Մ. Բալայան, Լ. Ս. Մանուկյան, Է. Կ. Աֆրիկյան, Վ. Ա. Աբելյան – *Thermotremptomyces sp.* շտամից մաքրված ցիկլոմալտոդեքստրին գլյուկանոտրան-սֆերազի ակտիվ կենտրոնի ուսումնասիրումը ֆոտոօքսիդացման և դիէթիլալիբոկարբոնատի միջոցով մոդիֆիկացման եղանակներով 135

Պ. Ե. Թաղևոսյան, Ն. Լ. Ղազանյան, Մ. Հ. Կինոսյան, Է. Գ. Աֆրիկյան – *Brevibacillus laterosporus*-ը որպես նոր կենսաինսեկտիցիդների և կենսաբանական ակտիվ նյութերի աղբյուր 329

ԿԵՆՍԱՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

Կ. Ա. Թռչունյան – *Escherichia coli*-ի կողմից մոլեկուլային ջրածնի արտադրության վրա ածխածնի խառն աղբյուրների ազդեցությունը խառը խմորման ընթացքում 148

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ք. Վ. Ղազարյան, Ն. Գ. Հունանյան, Թ. Ա. Փիլիպոսյան – Օքսիտոցինի ազդեցության յուրահատկությունները առնետի միոմետրիումի օվարիաշրջանի ինքնաբուխ էլեկտրական ակտիվության վրա 237

ԲՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ժ. Հ. Վարդանյան – Հայաստանում ծառաբույսերի դենդրոլոգիական առանձնահատկությունները տարածման վերին և ստորին սահմաններում 69

Ա. Մ. Հայրապետյան, Ա. Գ. Ղուկասյան – Հայաստանի բույսերի Կարմիր գրքում ընդգրկված *Rhaponticoides* Vaill. (*Asteraceae* ընտ.) ցեղի էնդեմիկ տեսակների պալինոլոգիական կարիոլոգիական ուսումնասիրություն 156

СОДЕРЖАНИЕ 115-го ТОМА

МАТЕМАТИКА

<i>К. В. Арутюнян, А. Г. Камалян, И. М. Спитковский</i> – О возможных наборах частных индексов треугольных матриц-функций	7
<i>С. Л. Гогян</i> – Об одном свойстве слабого жадного алгоритма по общей системе Хаара	15
<i>Р. В. Даллакян, И. В. Оганисян</i> – О коэффициентах Тейлора произведений Бляшке и Джрбашяна, а также связующих их функций	20
<i>К. В. Арутюнян, А. Г. Камалян, И. М. Спитковский</i> – О некоторых экстремальных свойствах частных индексов треугольных матриц-функций ..	87
<i>Ф. А. Талалян</i> – Об одной теореме из теории равномерного распределения последовательностей	93
<i>С. Л. Гогян</i> – О демократических системах в $L_1(0,1)^d$	98
<i>Т. А. Закарян</i> – О чебышевских множествах, допускающих представление в виде объединения конечного множества выпуклых множеств	171
<i>К. А. Керян</i> – Общая периодическая система Франклина как базис в пространстве $\mathbf{V}^1(T)$	178
<i>М. В. Кукушкин</i> – Обобщенная краевая задача для уравнения второго порядка с дробной производной	185
<i>Ф. А. Талалян</i> – Об условно сходящихся рядах в гильбертовом пространстве	255
<i>И. В. Оганисян</i> – О наилучшей оценке тейлоровских коэффициентов функций класса $A_\alpha(-1 < \alpha < +\infty)$	261

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

<i>И. Д. Заславский</i> – Обобщенная нечеткая конструктивная логика $\mathbf{V}^1(T)$	276
---	-----

ИНФОРМАТИКА

<i>С. С. Чидемян, А. А. Дживанян, Г. А. Хачатрян, О. Г. Хасикян</i> – Схема “нечетких хранилищ”, основанная на венах ладони	27
<i>Г. А. Джагарян</i> – Последовательность встроенного тестирования для устройств памяти, основанных на технологии ФинФЕТ	271

КРИПТОГРАФИЯ

<i>К. М. Кюрегян</i> – Некоторые модификации SAFER+	33
---	----

МЕХАНИКА

<i>В. М. Белубекян, М. В. Белубекян</i> – Резонансные и локализованные сдвиговые колебания в слое с прямоугольным поперечным сечением	40
<i>З. Н. Даноян, Л. А. Атоян, С. Л. Саакян</i> – Электромагнитоупругие поверхностные волны в слоистых пьезоактивных структурах при наличии электрического (магнитного) экрана	102
<i>Ю. Л. Саркисян</i> – Точки твёрдого тела, аппроксимирующие концентрические сферы в чередующихся множествах его заданных положений ...	110
<i>А. С. Аветисян</i> – Моделирование граничной задачи контакта шероховатых поверхностей сплошных сред со связанными физико-механическими полями	119

<i>Г. С. Айрапетян, С. О. Саркисян</i> – Изгиб микрополярных круглых пластин с независимыми полями перемещений и вращений	194
<i>С. А. Амбарцумян, М. В. Белубекян</i> – Напряженно-деформированное состояние разномодульной пластинки под действием поперечной нагрузки	203
<i>Г. Е. Багдасарян, С. Л. Саакян</i> – Вопросы колебания коаксиальных цилиндрических оболочек, частично заполненных жидкостью	209
<i>Р. М. Киракосян</i> – Об одной неклассической задаче изгиба упруго защемленной круглой пластинки	284
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ	
<i>А. М. Погосян, М. З. Саргсян, М. Л. Агаловян, Л. Г. Гулгазарян</i> – Способ мониторинга напряженно-деформированных состояний территории Армении на основе данных сейсмостанций и GPS систем	290
ТЕОРИЯ МАГНИТОУПРУГОСТИ	
<i>Г. Е. Багдасарян, Э. А. Даноян</i> – Устойчивость магнитострикционных прямоугольных пластин в продольном магнитном поле	218
ФИЗИКА	
<i>Д. Б. Давидян, И. Ю. Данилов, Р. В. Туманян, В. Г. Давтян</i> – Теоретические предпосылки для создания реактора холодного ядерного синтеза	132
<i>Л. Б. Овакимян, Г. Г. Матевосян, Г. Б. Нерсисян, К. А. Саргсян</i> – О правиле сумм Фриделя для заряженной дислокации	227
<i>С. А. Бабаян, Л. Б. Овакимян, Г. Г. Матевосян, Г. Б. Нерсисян</i> – Об экранировании отрицательно заряженной дислокации в вырожденном GaN	298
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	
<i>И. А. Варданян</i> – Реакции радикалов ОН на твердой поверхности NaCl	44
<i>А. С. Мартиросян</i> – Роль кислорода при взаимодействии адсорбированных радикалов CH_3O_2 с органическим соединением	232
<i>Г. Н. Саргсян</i> – Квантово-химическое обоснование и моделирование механизма мономолекулярного распада органического соединения при термической активации. Определение фактора частот спонтанного распада при термической активации виниловых эфиров. I	303
ГЕОХИМИЯ	
<i>С. В. Григорян, Р. А. Пашаян, Л. В. Арутюнян</i> – Гидрогеодинамические и геохимические предвестники землетрясений на территории Армении	50
БИОХИМИЯ	
<i>С. С. Овакимян, О. М. Амирханян, Г. В. Гаспарян, Сур. С. Овакимян</i> – Влияние некоторых лечебных мазей на перекисное окисление липидов и свертывающую систему крови при термических ожогах	312
ВУЛКАНОЛОГИЯ	
<i>Х. Б. Меликсетян</i> – Проявление адакитов в составе плиоцен-четвертичного коллизионного магматизма Армении	319
МИКРОБИОЛОГИЯ	
<i>Г. С. Шагинян, О. А. Паносян, А. А. Трчунян</i> – Изучение липаз-продуцирующих термофильных штаммов бацилл, изолированных из геотермальных источников Армении	59

<p><i>А. М. Балаян, Л. С. Манукян, Э. К. Африкян, В. А. Абелян</i> – Изучение активного центра цикломальтодекстрин глюканотрансферазы штамма <i>Thermotremptomyces sp.</i> методами фотоокисления и модификации диэтилпирокарбонатом</p> <p><i>П. Е. Тадевосян, Н. Л. Казанчян, М. А. Киносян, академик Э. К. Африкян</i> – <i>Brevibacillus laterosporus</i> как источник получения новых биоинсектицидов и биологически активных веществ</p>	<p>135</p> <p>329</p>
<p>БИОТЕХНОЛОГИЯ</p>	
<p><i>К. А. Трчунян</i> – Влияние смеси источников углерода на производство водорода бактериями <i>Escherichia coli</i> при смешанном брожении</p>	<p>148</p>
<p>ФИЗИОЛОГИЯ</p>	
<p><i>К. В. Казарян, Н. Г. Унанян, Т. А. Пилипосян</i> – Особенности влияния окситоцина на спонтанную электрическую активность овариальной зоны миометрия крысы</p>	<p>237</p>
<p>БОТАНИКА</p>	
<p><i>Ж. А. Варданян</i> – Дендрологические особенности верхнего и нижнего пределов распространения древесных растений Армении</p> <p><i>А. М. Айрапетян, А. Г. Гукасян</i> – Палинологическое и кариологическое исследование эндемичных видов рода <i>Rhaponticoides</i> Vaill. (сем. <i>Asteraceae</i>), включенных в Красную книгу растений Армении</p>	<p>69</p> <p>156</p>

CONTENTS of 115th VOLUME

MATHEMATICS

<i>K. V. Harutyunyan, A. G. Kamalyan, I. M. Spitkovsky</i> – On Possible Tuples of Partial Indices of Triangular Matrix-Functions	7
<i>S. L. Gogyan</i> – On a Property of Weak Greedy Algorithm with Respect to the General Haar System	15
<i>R. V. Dallakyan, I. V. Hovhannisyanyan</i> – About the Taylor Coefficients of Blaschke and M. Džrbashyan Products and Functions Connecting these Products ...	20
<i>K. V. Harutyunyan, A. G. Kamalyan, I. M. Spitkovsky</i> – On Some Extremal Properties of the Partial Indices of Triangular Matrix-Functions	87
<i>F. A. Talalyan</i> – On a Theorem of the Theory of Uniform Distribution of Sequences	93
<i>S. L. Gogyan</i> – On Democratic Systems in $L_1(0,1)^d$	98
<i>T. A. Zakaryan</i> – Chebyshev Set Which Can be Represented as a Finite Union of Convex Sets	171
<i>K. A. Keryan</i> – General Periodic Franklin Systems as Basis in $\mathbf{B}^1(T)$	178
<i>M. V. Kukushkin</i> – Generalized Boundary Value Problem for the Second Order Equation with Fractional Derivative	185
<i>F. A. Talalyan</i> – On Conditionally Convergent Series in Hilbert Space	255
<i>I. V. Hovhannisyanyan</i> – On the Best Estimation for Taylor Coefficients of Functions of Classes $A_\alpha(-1 < \alpha < +\infty)$	261

APPLIED MATHEMATICS

<i>I. D. Zaslavsky</i> – Generalized Fuzzy Constructive Logic	266
---	-----

INFORMATICS

<i>S. S. Chidemyan, A. H. Jivanyan, G. H. Khachatryan, H. G. Khasikyan</i> – Palm-Vein Based Fuzzy Vault Scheme	27
<i>G. A. Tshagharyan</i> – Built-In Test Flow for FinFET-based Memory Devices	276

CRYPTOGRAPHY

<i>K. M. Kyuregyan</i> - Some Modifications of SAFER+	33
---	----

MECHANICS

<i>V. M. Belubekyan, M. V. Belubekyan</i> – Resonance and Localized Shear Vibration in the Layer with Rectangular Cross Section	40
<i>Z. N. Danoyan, L. H. Atoyan, S. L. Sahakyan</i> – Electro-Magneto-Elastic Surface Waves Existence and Propagation in Piezoelectric Layered Medium in the Presence of an Electric Screen	102
<i>Y. L. Sarkissyan</i> - Rigid Body Points Approximating Concentric Spheres in Alternating Sets of its Given Positions	110
<i>A. S. Avetisyan</i> - The Boundary Problem Modelling of Rough Surfaces Continuous Media with Coupled Physicomechanical Fields.....	119
<i>G. S. Hayrapetyan, S. H. Sargsyan</i> – Bending of Micropolar Circular Plates with Free Fields of Displacements and Rotations	194
<i>S. A. Ambartsumian, M.V.Belubekyan</i> – The Stress-Strain State of the Different Modules Plate under the Normal Load Action	203
<i>G. Ye. Baghdasaryan, S. L. Sahakyan</i> – The Problems of Vibration of Coaxial Cylindrical Shells, with a Gap Partially Filled with Fluid	209
<i>R. M. Kirakosyan</i> – On One Nonclassical Problem of a Bend of an Elastically Fastened Round Plate	284

ELASTICITY THEORY	
<i>H. M. Poghosyan, M. Z. Sargsyan, M. L. Aghalovyan, L. G. Ghulghazaryan</i> – About the Method of Monitoring of Stress-Strain States of the Territory of Armenia Based on the Seismic Stations and GPS Systems Data	290
MAGNETOELASTICITY THEORY	
<i>G. Y. Baghdasaryan, E. H. Danoyan</i> – Stability of Magnetostrictive Rectangular Plates in Longitudinal Magnetic Field	218
PHYSICS	
<i>D.B.Davidyan, I. Yu. Danilov, R.V.Tumanyan, V.G.Davtyan</i> – Theoretical Prerequisites for Creating Cold Fusion Reactor	132
<i>L. B. Hovakimian, H. H. Matevosyan, H. B. Nersisyan, K. A. Sargsyan</i> – On the Friedel Phase Shift Sum Rule for a Charged Dislocation	227
<i>S. A. Babayan, L. B. Hovakimian, H. H. Matevosyan, H. B. Nersisyan</i> – On the Screening of a Negatively Charged Dislocation Line in Degenerate GaN	298
CHEMICAL PHYSICS	
<i>I. A. Vardanyan</i> - Reactions of OH Radicals on a Solid NaCl-Surface	44
<i>A. S. Martirosyan</i> – Role of Oxygen in the Interaction Between Adsorbed CH ₃ O ₂ Radicals and Organic Compound	232
<i>G. N. Sargsyan</i> – Quantum-Chemical Explanation and Modeling of Mechanism of Unimolecular Decay of Organic Compounds under Thermal Activation. Definition of Factor of Frequency of Spontaneous Decay under Thermal Activation of Vinyl Ethers. 1	303
GEOCHEMISTRY	
<i>S. V. Grigoryan, R. A. Pashayan, L. V. Harutyunyan</i> – Hydrogeodynamic and Geochemical Earthquake Precursors of the Territory of Armenia	50
BIOCHEMISTRY	
<i>S. S. Hovakimyan, H.M. Amirkhanyan, H. V. Gasparyan, Sur. S. Hovakimyan</i> – Influence of Some Medicinal Ointments on Lipid Peroxidation and Blood Coagulating System in Thermal Burns	312
VOLCANOLOGY	
<i>Kh. B. Meliksetian</i> – Discovery of Adakites within the Pliocene-Quaternary Collisional Magmatism in Armenia	319
MICROBIOLOGY	
<i>G. S. Shahinyan, H. H. Panosyan, A. H. Trchounian</i> – Characterization of Lipase Producing Thermophilic Bacilli Isolated from Armenian Geothermal Springs	59
<i>A. M. Balayan, L. S. Manukyan, E. K. Afrikian, V. A. Abelyan</i> – Study of the Active Site of <i>Thermotryptomyces sp.</i> Cyclomalto-dextrin Glucanotransferase by Photooxidation and Modification by Diethylpyrocarbonate	135
<i>P. E. Tadevosyan, N. L. Ghazanchyan, M. H. Kinosyan, E.G. Afrikian</i> – <i>Brevibacillus laterosporus</i> as the Source of Novel Bioinsecticides and Biologically Active Substances	329
BIOTECHNOLOGY	
<i>K. A. Trchounian</i> – Effects of Carbon Sources Mixtures on Hydrogen Production by <i>Escherichia coli</i> during Mixed-Acid Fermentation	148

PHYSIOLOGY

K. V. Kazaryan, N. G. Hunanyan, T. A. Piliposyan – Effect of Oxytocin on Spontaneous Electrical Activity of the Ovarian Horn Area in Rat Myometrium 237

BOTANY

Zh. H. Vardanyan – The Features of the Upper and Lower Limits of Distribution of Woody Plants in Armenia 69

A. M. Hayrapetyan, A. G. Ghukasyan – Palynological and Caryological Investigation of Endemic Species of the Genus *Rhaponticoides* Vaill. (fam. *Asteraceae*) Included in the Red Data Book of Plants of Armenia 156