

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

LXXXIII, № 3

1986

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Գ. Ա. ԱՐՁՈՒՄԱՆՅԱՆ, ակադ. գիտ. բեկեա-
ծու (պատ. բարձրագույն), Է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ,
ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ք. ԲԱՐԱՏՅԱՆ,
ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Հ. ԳԱՐՐԻՆՅԱՆ,
ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ՔԱՆԱՆՅԱՆ,
ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԱՐՁՈՒՄ-
ՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ
ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղա-
կալ), Վ. Գ. ՄԻՔԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.
անդամ, Գ. Ս. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակա-
դեմիկոս, Մ. Մ. ՍՍՊՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.
անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՆԵՆՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ
ակադեմիկոս, Վ. Բ. ՅԱՆՈՐՁՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ
ակադեմիկոս:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Г. А.
АРЗУМАНЯН, канд. техн. наук (отв.
секретарь), Э. Г. АФРИКЯН, академик
АН АрмССР, А. Т. БАБАЯН, академик
АН АрмССР, А. А. ГАБРИЕЛЯН, ака-
дмик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН,
академик АН АрмССР (зам. отв. редак-
тора), В. Г. МХИТАРЯН, чл.-корр. АН
АрмССР, Г. С. СААКЯН, академик АН
АрмССР, О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корр.
АН АрмССР, А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр.
АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКАЕЛЯН,
академик АН АрмССР, В. В. ФАНАР-
ДЖЯН, академик АН АрмССР.



Ի Ո Վ Ա Ն Ի Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ս. Խ. Դաբբիեյան—Մեծ կիսասատիճաններով կողմնորոշված գրաֆիկների պանցիկլի- կոսթյան մասին	99
Ս. Մ. Նաբիմանյան—Սինգուլյար մարկովյան շղթաների մեկ դասի մասին	102

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Վ. Վ. Վանդիյան—էկզիզիական պրոցեսների ղեկավարման մաթեմատիկական մե- թոդներ	106
---	-----

ԿԻՐԵՌՆԵՏԻԿԱ

Շ. Ե. Իոզայան, Ա. Ա. Սարգսյան—Դիսկրետ սխեմայի՝ տրված սահմանափակում- ներին բավարարող մասերի տրոհման մասին	111
---	-----

ՖԻԶԻԿԱ

Գ. Ս. Մկրտչյան, Գ. Մ. Անդրակյան—Բևեռային նրկասումյա մոլեկուլներից բաղկա- ցած գազի դիէլեկտրիկական ընկալունակության մասին	115
Ա. Ի. Գևորգյան, Կ. Յու. Կրյուչիով—Պարամետրիկական ֆլուորեսցենցիայի պար- զացումը սպոնտան պրոցեսներից	118

ԻՆՈՏԻՉԻԿԱ

Կ. Ս. Խաչատրյան—Ջրավազանների, գետերի և ջրանցքների տեղային բնական էլեկտրական դաշտի բնույթի մասին	122
--	-----

ՍՐԿԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Է. Ս. Ալվանեսյան, Վ. Կ. Պիմով, Վ. Ն. Զապյիշևի, Գ. Մ. Պոզոսյան—Սիմ-տրիպին պարունակող բլորան-իզրիզի և մի բանի բիս-ֆենոլների բարձրըմաստիճանային պոլի- կոնդենսացման կինետիկան	127
---	-----

ԻՆՈՔԻՄԻԱ

Կ. Ս. Զրբուշյան—Փուլային վերափոխումները Վալոցրային ներփակումներում և նրանց մեկնարանման կիրառումը մազմտտիկ մակրոհամակարգերում	131
---	-----

ՍՏՐԱՏԻԳՐԱՖԻԱ

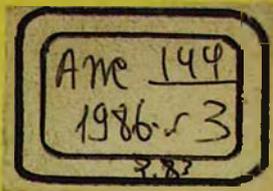
Գ. Հ. Մելիք-Աղամյան—Նոր տվյալներ Հայաստանի պլուտոնի բրածո ողնաչարա- վորների մասին	135
--	-----

ՄՈԼԵԿՈՒԼՅԱՐ ԿԵՄԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ե. Ս. Համբարձումյան, Վ. Գ. Չիչյան, Կ. Օ. Չիլիցզորյան, Վ. Շ. Մելիքսրյան, Փ. Ի. Հակոբյան, Է. Կ. Աբրիկյան—Bacillus thuringiensis H-14 սերոտիպի կուլտուրայի էրսարարըմոմայ ԴենՔ սպեկտրի փոփոխությունները՝ կախված զարգացման փուլից	140
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
МАТЕМАТИКА	
<i>С. Х. Дарбинян</i> —О панцикличности оргграфов с большими полустепенями	99
<i>С. М. Нариманян</i> —Об одном классе сингулярных цепей Маркова	102
ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА	
<i>В. В. Гандилян</i> —Математические методы управления экологическими процессами	106
КИБЕРНЕТИКА	
<i>Ш. Е. Бозоян, А. А. Саркисян</i> —Разбиение дискретной схемы на части, удовлетворяющие заданным ограничениям	111
ФИЗИКА	
<i>Г. С. Мкртчян, Д. М. Седракян</i> —О восприимчивости газа двухатомных полярных молекул	115
<i>С. Т. Геворкян, Г. Ю. Крючков</i> —Развитие параметрической флуоресценции из спонтанных процессов	118
ГЕОФИЗИКА	
<i>Д. А. Хачатрян</i> —О характере локальных естественных электрических полей водосмов, капалов и рек	122
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	
<i>Э. С. Аванесян, В. К. Пыжов, В. Н. Заплишный, Г. М. Погосян</i> —Кинетика высокотемпературной поликонденсации <i>симм</i> -триазинсодержащего хлорангидрида и некоторых <i>бис</i> -фенолов	127
ГЕОХИМИЯ	
<i>Д. С. Джербашиян</i> —Фазовые превращения в расплавах включений и их интерпретация в приложении к магматической макросистеме	131
СТРАТИГРАФИЯ	
<i>Г. У. Мелик-Адамян</i> —Новые данные о плоченовых наземных позвоночных Армянской ССР	135
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ	
<i>Н. С. Амбарцумян, В. Г. Чичян, К. О. Чилингарян, В. Ш. Меликсетян, Ж. И. Акопян, Э. Г. Африкян</i> —Изменения спектра экстрахромосомальных ДНК культур <i>Bacillus thuringiensis</i> серотипа Н-14 в зависимости от стадии развития	140



CONTENTS

MATHEMATICS

- S. Kh. Darbinian*—On pancyclic digraphs with large indegree and out-degree 99
S. M. Nartmantan—On a class of singular Markov chains 102

APPLIED MATHEMATICS

- V. V. Gandlian*—Mathematical methods of control of ecological processes 106

CYBERNETICS

- S. E. Bozoyan, A. A. Sarkissian*—About the breaking of discrete circuits into parts satisfying the given limitations 111

PHYSICS

- G. S. Mkrtchian, D. M. Sedrakian*—The susceptibility of gas of biatomic polar molecules 115
S. T. Gevorgian, G. Yu. Kryuchkov—Development of parametric fluorescence from spontaneous processes 118

GEOPHYSICS

- D. A. Khachatryan*—About the character of local natural electric field pools, channels and rivers 122

ORGANIC CHEMISTRY

- E. S. Avanesian, V. K. Pyzhov, V. N. Zaplshny, G. M. Poghosian*—Kinetics of high temperature polycondensation of chloro-anhydride containing s-triazin ring and some bis-phenols 127

GEOCHEMISTRY

- D. S. Jerbashian*—Phase conversions in melt inclusions and their interpretation with supplement to magmatic macrosystem 131

STRATIGRAPHY

- H. U. Melik-Adamian*—New data about Pliocene ground vertebral fauna of Armenian SSR 135

MOLECULAR BIOLOGY

- N. S. Hambartsumian, V. G. Chichian, K. H. Chilingarian, V. Sh. Meliksetian, Zh. I. Hakobian, E. G. Afrikan*—Extrachromosomal DNA spectrum changes during the development of the serotype H-14 of *Bacillus thuringiensis* cultures 140

Техн. редактор АЗИЗБЕКЯН Л. А.

Сдано в набор 29.09. 1986 г. Подписано к печати 26.11. 1986 г. ВФ 06371.

Бумага № 2,70×108¹/₁₆. Высокая печать. Печ. лист 3,0. Усл. печ. л. 4.2.

Учетно-изд. л. 3,03. Тираж 455. Заказ 672. Издат. 6886.

Адр. ред.: 375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24-г., II эт., к. 1, т. 27-97-238.

Издательство Академии наук Армянской ССР, 375019, Ереван,
 пр. Маршала Баграмяна, 24-г.

Типография Издательства Академии наук АрмССР, 378310, г. Эчмиадзин.

УДК 519.1

МАТЕМАТИКА

С. Х. Дарбинян

О панцикличности орграфов с большими полустепенями

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. Р. Варшамовым 30/IV 1985)

Рассматриваются конечные орграфы без петель и кратных дуг. Все понятия и обозначения, не определяемые здесь, можно найти в (1).

Пусть G — оргграф. Через $V(G)$ обозначается множество вершин G , а через $E(G)$ — множество его дуг. Для $A, B \subseteq V(G)$ и $x \in V(G)$ введем обозначения: $O(x) = \{y \in V(G) / xy \in E(G)\}$; $I(x) = \{y \in V(G) / yx \in E(G)\}$; $E(A \rightarrow B) = \{xy \in E(G) / x \in A, y \in B\}$.

Число $d(x) = id(x) + od(x)$, где $id(x)$ — полустепень захода, а $od(x)$ — полустепень исхода вершины x , называется степенью вершины x . Запись $A \rightarrow B$ означает, что если $y \in A$ и $z \in B$, то $yz \in E(G)$. Контур длины k обозначается через \bar{C}_k , а подграф, порожденный множеством A , — через $\langle A \rangle$. Оргграф с p вершинами называется панциклическим, если он содержит контур любой длины k , $3 \leq k \leq p$. Обозначение $G_1 \subseteq G$ означает, что G_1 является подграфом G . Если H — неориентированный граф с множеством вершин $V(H)$, то через H^* обозначается оргграф с множеством вершин $V(H)$ и $yz \in E(H^*)$ тогда и только тогда, когда вершины y и z в H смежны.

В работе (2) доказана следующая

Теорема А (Р. Хагвист, Р. Фаудри, Р. Шелл (2)). Пусть H неориентированный граф с $2n + 1$ вершинами, $n \geq 3$, в котором любая вершина имеет степень не меньше n . Тогда H — панциклический, или $H \cong (K_n \cup K_n) + K_1$, или $K_{n,n+1} \subseteq H \subseteq K_n + \bar{K}_{n+1}$.

Аналогичный результат для орграфов получен в (3).

Теорема В (3). Пусть G является $(2n + 1)$ -вершинным оргграфом с минимальными полустепенями исхода и захода не меньше n . Тогда G является либо панциклическим, либо $O \in \{C_n^*, D_n, D_1, [(K_n \cup K_n) + K_1]^*\}$ (где оргграфы D_n и D_1 определены в (5)), либо

$$K_{n,n+1}^* \subseteq G \subseteq [K_n + \bar{K}_{n+1}]^*.$$

Для формулировки следующих теорем определим класс орграфов $H(n, n)$, $H(n, n - 1, 1)$ и оргграфы $H(2n)$ и $H'(2n)$.

$H(n, n)$ — множество $2n$ -вершинных орграфов G , для которых $V(G) = A_1 \cup A_2$, $\langle A_1 \rangle \cong \langle A_2 \rangle \cong K_n^*$, $E(A_2 \rightarrow A_1) = \emptyset$, и для любой вершины $x \in A_1$ (соответственно $y \in A_2$) существует такая вершина $x_1 \in A_2$ (соответственно $y_1 \in A_1$), что $xx_1 \in E(G)$ (соответственно $y_1y \in E(G)$).

$H(n, n-1, 1)$ — множество $2n$ -вершинных орграфов G с $V(G) = B_1 \cup B_2 \cup \{x\}$, где $|B_1| = n$ и $|B_2| = n-1$, для которых выполняются следующие условия:

- 1) $E(\langle B_1 \rangle) = \emptyset$ и для любых $z_1 \in B_1$ и $z_2 \in B_2$, $z_1 z_2$, $z_1 z_1 \in E(G)$;
- 2) либо $I(x) = B_2$ и $\{x\} \rightarrow B_1$ либо $O(x) = B_2$ и $B_1 \rightarrow \{x\}$.

$H(2n)$ — $2n$ -вершинный орграф с множеством вершин $D_1 \cup D_2 \cup \{x_1, x_2\}$, для которого $\langle D_1 \rangle \cong \langle D_2 \rangle \cong K_{n-1}^*$, $O(x_1) = \{x_2\} \cup D_1$, $I(x_1) = D_1 \cup D_2$, $O(x_2) = D_1 \cup D_2$ и $I(x_2) = \{x_1\} \cup D_2$.

$H'(2n)$ — орграф полученный из $H(2n)$, после добавления дуги $x_2 x_1$.

Теорема С ⁽⁴⁾. Пусть G — p -вершинный, $p \geq 5$, орграф с минимальной степенью не меньше $p-1$ и с минимальными полустепенями не меньшими $\lfloor (p-1)/2 \rfloor$. Тогда либо G содержит контур \bar{C}_{p-1} , либо $G \in \{H(2n), H'(2n), [(K_n \cup K_n) + K_1]^*, C_n^*\} \cup H(n, n)$, либо $G \subseteq K_{n,n}^*$, где $n = \lfloor p/2 \rfloor$.

Теорема D ⁽⁴⁾ и **К. Томассен** ⁽⁵⁾)*. Пусть G — p -вершинный, $p \geq 5$, орграф с минимальной степенью не меньше $p-1$ и с минимальными полустепенями не меньшими $\lfloor (p-1)/2 \rfloor$. Тогда G — гамильтонов, кроме случая, когда $G \in \{H(n, n) \cup H(n, n-1, 1) \cup \{D_3, D_7, H_1, H'_1, [(K_n \cup K_n) + K_1]^*\}$ (где орграфы H_1 и H'_1 определены в ⁽⁴⁾) или $K_{n, n+1}^* \subseteq G \subseteq (K_n + \bar{K}_{n+1})^*$, где $n = \lfloor p/2 \rfloor$.

В настоящей работе теорема В распространяется на случай произвольного p -вершинного ($p \geq 10$) орграфа с минимальной степенью не меньше $p-1$ и с минимальными полустепенями не меньшими $\lfloor (p-1)/2 \rfloor$, т. е. доказывается следующая

Теорема. Пусть G является p -вершинным ($p \geq 10$) орграфом с минимальной степенью не меньше $p-1$ и с минимальными полустепенями не меньшими $\lfloor (p-1)/2 \rfloor$. Тогда либо G — панциклический, либо $G \cong [(K_n \cup K_n) + K_1]^*$, либо $K_{n, n+1}^* \subseteq G \subseteq (K_n + \bar{K}_{n+1})^*$, либо $G \in \{H(n, n) \cup H(n, n-1, 1) \cup \{H(2n), H'(2n)\}$, либо $G \subseteq K_{n,n}^*$, где $n = \lfloor p/2 \rfloor$.

Здесь приведем лишь схему доказательства теоремы.

Предположим, что утверждение теоремы не верно. Тогда для некоторого $m \in [3, p]$ G не содержит контур длины m . Кроме того, так как $G \notin H(n, n)$, то G является сильно связным. Сначала, используя теорему А, показывается, что $m \geq 6$. Из теорем С и D следует, что $m \leq p-2$ и G содержит контур \bar{C}_{p-1} . Пусть $\bar{C}_{p-1} = x_1 x_2 \dots x_{p-1} x_1$ и $x \notin V(\bar{C}_{p-1})$. Из $d(x) = p-1$ и $\bar{C}_m \not\subseteq G$ легко получается, что для всех $i \in [1, p-1]$ имеет место

$$|E(x \rightarrow x_i)| + |E(x_{i+m-2} \rightarrow x_i)| = 1,$$

(индексы вершин контура \bar{C}_{p-1} берутся по $\text{mod}(p-1)$). Далее доказательство теоремы проводится так, как доказательство теоремы В, с некоторыми отклонениями.

Вычислительный центр Академии наук

Армянской ССР и Ереванского государственного университета

* Эта теорема для четных p доказана в ⁽⁴⁾, а для нечетных p — в ⁽³⁾.

Մեծ կիսաստիճաններով կողմնորոշված գրաֆների պանցիկլիկության մասին

Ներկա աշխատանքում ապացուցվում է հետևյալ պնդումը:

Քեռրեմ. Դիցուք G -ն հանդիսանում է p -զազաթանի ($p \geq 10$) կողմնորոշված գրաֆ, որի ցանկացած զազաթի աստիճանը փոքր չէ $(p-1)$ -ից, իսկ կիսաստիճանները փոքր չեն $[(p-1)/2]$ ։ Այդ դեպքում կամ ա) G -ն հանդիսանում է պանցիկլիկ, կամ բ) $G \cong [(K_n \setminus K_n) + K_1]^*$ կամ գ) $G \in H(n, n) \cup \cup H(n, n-1, 1) \cup \{(H(2n), H'(2n))\}$ կամ $G \subseteq K_{n,n}^*$, որտեղ $n = [p/2]$:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Ф. Харари, Теория графов, Мир, М., 1973. ² R. Häggkvist, R. J. Faudree, R. H. Schelp, Ars Combin., v. 11, p. 37—49 (1981). ³ С. Х. Дарбинян, ДАН АрмССР, т. 75, № 4 (1982). ⁴ С. Х. Дарбинян, ДАН АрмССР, т. 82, № 1 (1986). С. Thomassen, Proc. London Math. Soc., (3), 42, 231—251 (1981).

УДК 519.21

МАТЕМАТИКА

С. М. Нариманян

Об одном классе сингулярных цепей Маркова

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. В. Амбарцумяном 21/VI 1985)

Некоторые вопросы статистической физики требуют изучения предельного распределения аддитивных функционалов от сингулярных марковских цепей, т. е. цепей, не удовлетворяющих условию равномерно сильного перемешивания. Простейшей такой цепью является цепь X_n на окружности S^1 , которая задается переходными вероятностями $p(x, x \pm \alpha) = \frac{1}{2}$. Здесь $x \in S^1$, α — иррациональное число, сложение по mod 1. Эта цепь изучалась в заметке (1) для чисел α общего положения, т. е. плохо аппроксимируемых рациональными числами. Другой метод изучения подобных цепей был предложен в (2). Цель настоящей заметки — исследовать предельное поведение аддитивного функционала $S_n = \sum_{k=1}^n f(X_k)$ для гладких функций f и чисел α , быстро аппроксимируемых рациональными числами. Выясняется, что в этом случае, вообще говоря, в отличие от (1) и (2) центральная предельная теорема в стандартной форме уже не имеет места.

Основные предположения. Пусть существует достаточно большое $\beta > 0$ таксе, что

$$\left| \alpha - \frac{p_N}{q_N} \right| < \frac{1}{q_N^\beta}, \tag{1}$$

где p_N/q_N — N -ная подходящая дробь числа α (3), и пусть f — гладкая функция, которая разлагается в абсолютно сходящийся ряд Фурье вместе с первой производной. Будем для этого считать, что существуют $k_1 \geq k_2 > 4$ и постоянные A_1 и A_2 такие, что

$$\frac{A_1}{r^{k_1}} \leq |f_r|^2 \leq \frac{A_2}{r^{k_2}}, \tag{2}$$

где f_r — коэффициенты Фурье функции f . Значение числа β уточним далее. Предположим также (не сграницивая общности), что $f_0 = \int_0^1 f(x) dx = 0$. Здесь интегрирование совершается по мере Лебега на S^1 , которая является единственной инвариантной мерой для цепи X_n .

Согласно (1), (2) при изучении цепей такого типа важную роль играет ряд $\sum_{m=1}^{\infty} \frac{|f_m|^2}{1 - \cos 2\pi m \alpha}$, содержащий «малые знаменатели». Че-

рез сумму этого ряда выражалась предельная дисперсия $\sigma^2 = -\lim_{n \rightarrow \infty} D(S_n/\sqrt{n})$. В нашем случае в силу наложенных условий (1) и (2) этот ряд расходится, так как

$$\begin{aligned} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{|f_m|^2}{1 - \cos 2\pi m \alpha} &\geq \sum_{N=1}^{\infty} \frac{|f_{q_N}|^2}{1 - \cos 2\pi q_N \alpha} = \\ &= \sum_{N=1}^{\infty} \frac{|f_{q_N}|^2}{2 \sin^2 \pi (q_N \alpha - p_N)} \geq c \sum_{N=1}^{\infty} q_N^{2(\beta-1) - k_1} = \infty. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь, конечно, $\beta \geq \frac{k_1}{2} + 1$. Тем самым мартингалный метод (1) неприменим. Однако метод (1), основанный на аппроксимации цепи X_n конечными цепями $X_n^{(N)}$, по-прежнему работает.

Пусть цепь X_n начинает свое движение из точки $x_0 \in S^1$. Рассмотрим последовательность цепей $X_n^{(N)}$, выходящих из точки x_0 с переходными вероятностями $p(x, x \pm \frac{p_N}{q_N}) = \frac{1}{2}$. Состояния цепи $X_n^{(N)}$ это точки вида $\varepsilon_k = x_0 + \frac{k}{q_N}$, $k=0, 1, \dots, q_N-1$. Единственным стационарным распределением для цепи $X_n^{(N)}$ является равномерное распределение на вершинах правильного q_N -угольника. Через $P^{(N)}$, $M^{(N)}$, $D^{(N)}$ обозначим соответствующие характеристики для цепи $X_n^{(N)}$ в стационарном режиме. Как и в (1), нетрудно убедиться, что достаточно изучить цепь $X_n^{(N)}$ при инвариантном начальном распределении.

Обозначим через $S_n^{(N)} = \sum_{k=1}^n f(X_k^{(N)})$. Легко видеть, что

$$M^{(N)} S_n^{(N)} = n \cdot \frac{1}{q_N} \sum_{k=0}^{q_N-1} f(\varepsilon_k) = n \cdot m(N).$$

Но, так как

$$\begin{aligned} m(N) &= \frac{1}{q_N} \sum_{r=0}^{q_N-1} \sum_k e^{2\pi i k (x_0 + \frac{r}{q_N})} = \\ &= \sum_k f_k e^{2\pi i k x_0} \frac{1}{q_N} \sum_{r=0}^{q_N-1} e^{\frac{2\pi i k r}{q_N}} = \sum_m f_m q_N e^{2\pi i m q_N x_0}, \end{aligned}$$

то

$$|M^{(N)} S_n^{(N)}| \leq 2n \sum_{m=1}^{\infty} |f_m q_N| \leq \frac{cn}{q_N^{k_2}}. \quad (4)$$

Далее, при каждом N $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} D^{(N)} S_n^{(N)} = \sigma_N^2$, где $\sigma_N^2 =$

$$= \sum_{r=1}^{q_N-1} \frac{1 + \cos \frac{2\pi r p_N}{q_N}}{1 - \cos \frac{2\pi r p_N}{q_N}} \left| \frac{1}{q_N} \sum_{j=0}^{q_N-1} f(\varepsilon_j) e^{-2\pi i r \varepsilon_j} \right|^2. \quad (5)$$

Это можно получить либо непосредственным вычислением, либо применив результат (2) к цепи $X_n^{(N)}$. Преобразуя соотношение (5), получим

$$\sigma_N^2 = \sum_{r=1}^{q_N-1} \frac{1 + \cos \frac{2\pi r p_N}{q_N}}{1 - \cos \frac{2\pi r p_N}{q_N}} \left| \sum_m f_m q_{N+r} e^{2\pi i m q_N x} \right|^2,$$

откуда при $N \rightarrow \infty$

$$\sigma_N^2 \sim \sum_{r=1}^{q_N-1} \frac{1 + \cos \frac{2\pi r p_N}{q_N}}{1 - \cos \frac{2\pi r p_N}{q_N}} |f_r|^2 \sim \sum_{r=1}^{q_N-1} |f_r|^2 + 2 \sum_{r=1}^{q_N-1} \frac{|f_r|^2}{1 - \cos 2\pi r \alpha} = \hat{\sigma}_N^2. \quad (6)$$

Поэтому в силу (3)

$$\sigma_N^2 \rightarrow \infty, \quad N \rightarrow \infty. \quad (7)$$

Теперь заметим, что для каждого N сумма $S_n^{(N)}$ при стандартной нормировке нормально распределена, причем в силу (4) имеет место следующая равномерная оценка: при любом начальном распределении μ

$$\left| P_\mu \left(\frac{S_n^{(N)} - nm(N)}{\sqrt{n \hat{\sigma}_N}} < x \right) - \Phi(x) \right| \leq \frac{c_1 q_N}{\sqrt{n}} + c_2 q_N^{\lambda} \left(1 - \frac{2}{q_N^2} \right)^n. \quad (8)$$

Поэтому при $n \geq q_N^{2+\varepsilon}$, $\varepsilon > 0$ уже имеет место центральная предельная теорема с хорошим остатком. Для дальнейшего нам нужна еще следующая простая оценка:

$$\left| S_n - S_n^{(N)} \right| \leq \sum_{k=1}^n |f(X_k) - f(X_k^{(N)})| \leq c \sum_{k=1}^n |X_k - X_k^{(N)}| \leq c_1 n^{\alpha} \left| \alpha - \frac{p_N}{q_N} \right| \leq \frac{c_2 n^{\alpha}}{q_N^{\beta}}. \quad (9)$$

Теперь представим

$$\frac{S_n}{\sqrt{n \hat{\sigma}_N}} = \frac{S_n - S_n^{(N)}}{\sqrt{n \hat{\sigma}_N}} + \frac{S_n^{(N)} - nm(N)}{\sqrt{n \hat{\sigma}_N}} + \frac{nm(N)}{\sqrt{n \hat{\sigma}_N}} \quad (10)$$

и исследуем асимптотическое поведение суммы S_n по подпоследовательности $n_N = q_N^{2+\varepsilon}$, $\varepsilon \leq \frac{2}{3}$. Из соотношений (6) и (9) имеем, что

$$\left| \frac{S_{n_N} - S_{n_N}^{(N)}}{\sqrt{n_N \hat{\sigma}_N}} \right| \leq \frac{c_1 q_N^{2+\frac{3}{2}\varepsilon}}{q_N^{\beta}} \rightarrow 0, \quad N \rightarrow \infty, \quad (11)$$

если, конечно, $\beta > 2 + \frac{3}{2}\varepsilon$. А из (4) получим, что

$$\left| \frac{n_N m(N)}{\sqrt{n_N \hat{\sigma}_N}} \right| \leq \frac{c q_N^{1+\frac{\alpha}{2}}}{q_N^{1+\frac{k_2}{2}}} \rightarrow 0, \quad N \rightarrow \infty. \quad (12)$$

Совмещая соотношения (8), (10)–(12), приходим к следующему результату.

Теорема. Пусть f гладкая функция на S^1 такая, что коэффициенты Фурье f_r функции f удовлетворяют условию

$$\frac{A_1}{r^{k_1}} \leq |f_r|^2 \leq \frac{A_2}{r^{k_2}}, \quad k_1 \geq k_2 > 4,$$

α — иррациональное число такое, что $\left| \alpha - \frac{P_N}{q_N} \right| < \frac{1}{q_N^2}$.

Тогда если $\beta \geq 1 + \frac{k_1}{2}$, то при любом начальном распределении μ

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P_\mu \left(\frac{\sum_{k=1}^{n_N-1} f(X_k)}{\sqrt{n_N \sigma_N}} < x \right) = \Phi(x), \quad (13)$$

где $n_N = q_N^{2+\beta}$, $0 < \varepsilon \leq \frac{2}{3}$,

$$\sigma_N^2 = - \sum_{r=1}^{q_N-1} |f_r|^2 + \sum_{r=1}^{q_N-1} \frac{|f_r|^2}{1 - \cos 2\pi r \alpha} \rightarrow \infty, \quad N \rightarrow \infty.$$

Замечание 1. Легко видеть, что условия на функцию f , на подпоследовательность n_N и число α могут быть существенно ослаблены. Однако по произвольным подпоследовательностям n_N соотношение (13) уже места не имеет.

Замечание 2. Если $\beta = \beta_N \rightarrow \infty$, $N \rightarrow \infty$, то, вообще говоря, даже при нестандартной нормировке асимптотической нормальности нет, а возникают взвешенные нормальные распределения (см. (5)).

Действительно, по подпоследовательности $n_N = q_N^{\frac{\beta_N}{2}}$ величины $nm(N)$ и σ_N^2 стремятся к ∞ и кроме того они зависят от начальной точки x_0 . Если начальную точку x_0 взять равномерно распределенной на окружности S^1 , то в силу соотношений (8), (10) — (11) возникнет взвешенное нормальное распределение.

Ереванский государственный университет

Ս. Մ. ԱՆՐԻՄԱՆՅԱՆ

Միջուկայալ մաթեմատիկայի շրջանների մեկ դասի մասին

Դիցուք S^1 միավոր երկարության շրջանագծի վրա տրված է X_n մարկովյան շղթան $p(x, x \pm \alpha) = \frac{1}{2}$ անցման հավանականություններով: Այստեղ $x \in S^1$, α -ն իռացիոնալ թիվ է, գումարումը ըստ mod 1:

Ուսումնասիրվում է $S_n = \sum_{k=1}^n f(X_k)$ ֆունկցիոնալի սահմանային վարքը f ողորկ ֆունկցիաների և ուղիղ թվերով արագ մոտարկվող α թվերի համար: Ցույց է տրվում, որ այս դեպքում, ընդհանրապես ասած, ի տարբերություն (1)-ի և (2)-ի կենտրոնական սահմանային թեորեմը ստանդարտ տեսքով տեղի չունի:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ С. М. Нариманян, ДАН АрмССР, т. 64, № 3, 129—136 (1977). ² М. И. Гордин, Б. А. Лифшиц, ДАН СССР, т. 239, № 4, 766—777 (1978). ³ А. Я. Хинчин, Цепные дроби, М., Наука, 1978. ⁴ Г. Ю. Алешквичюс, Литовский мат. сб., т. 6, № 3, 297—311 (1966). ⁵ М. Л. Лозе, Теория вероятностей, М., МЛ, 1962.

УДК 518.9

В. В. Гандилян

Математические методы управления
экологическими процессами

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. В. Касьяном 18/IV 1985)

Современные математические модели, описывающие экосистему, можно разделить на две группы: имитационные и аналитические. Одни модели описывают конкретные экосистемы (водные, лесные и т. д.), другие являются более универсальными, т. е. могут использоваться для разных экосистем. К последним моделям относятся модели Вольтерра—Лотки (¹).

Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов привели к быстрому развитию математических методов управления экосистемами. Эти проблемы подробно исследуются, например, в работах (²⁻⁴). В большинстве работ основным критерием управления является максимально эффективное использование природных ресурсов. Однако при этом может нарушиться гармоничность развития экосистемы, которая в дальнейшем не восстановима или восстановима, но при больших дополнительных затратах. Ниже мы, вводя новые условия экологического равновесия, предлагаем математическую модель и рассматриваем классы управлений, сохраняющие экологическое равновесие.

Пусть в данном регионе обитают n популяций разных видов. Численность популяций i -того вида в момент времени t обозначим $X_i(t)$, $i = \overline{1, n}$. Обычно популяции двух различных видов или питаются одной и той же пищей, или же один вид (назовем его «хищники») живет за счет другого («жертв»). В модели Вольтерра—Лотки (¹) типа хищник-жертва одно из предположений таково, что встреча хищника и жертвы создает возможность мгновенного (или с некоторым запаздыванием) увеличения популяции хищника. Мы же предполагаем изменить гипотезу следующим образом: при встрече «хищника» и «жертвы» возникает возможность сохранения популяции «хищника».

Рассмотрим виды i, j , число встреч которых за время dt равно $m_{ij}X_i(t)X_j(t)dt$. За это время истребляется $P_{ij}m_{ij}X_i(t)X_j(t)dt$ индивидуумов типа i , где P_{ij} —вероятность истребления одного индивидуума вида i при встрече с одним индивидуумом вида j . Среднюю биомассу индивидуума вида j обозначим β_j . Пусть δ_i —количество пищи, необходимое для существования индивидуума популяции i -того вида в единицу времени. Количество пищи, которое добывает вся популяция i -того вида за время dt , равно $\sum_{j=1}^n \beta_j a_{ji} X_j(t) X_i(t) dt$ (где

$a_{ji} = m_{ji} P_{ji}$). А объем пищи, необходимый для сохранения всей популяции i -того вида за время dt , равен $\delta_i x_i(t) dt$. Если $\sum_{j=1}^n \beta_j a_{ji} X_j(t) \times X_i(t) dt < \delta_i X_i(t) dt$ (это означает, что добываемая пища меньше необходимой пищи), тогда количество индивидуумов популяции i -того вида, которые погибают от нехватки пищи в момент времени t , равно $(\delta_i X_i(t) - \sum_{j=1}^n \beta_j a_{ji} X_j(t) X_i(t)) / \delta_i$. Предположим далее, что существует m вторичных ресурсов (это могут быть лесные, водные и т. д.), необходимых для существования популяций. Скорость поступления этих ресурсов задается постоянным вектором $\rho = (\rho_1, \dots, \rho_m)$. Обозначим через γ_{is} количество ресурса s -го типа, которое необходимо в единицу времени для существования индивидуума i -того вида. Если $\sum_{i=1}^n \gamma_{is} X_i(t) > \rho_s$ (это означает нехватку s -го вида ресурса), то некоторое количество индивидуумов из разных популяций вымирает. Пусть l_{is} — относительная активность одного индивидуума популяции i -того вида по сравнению с индивидуумами остальных видов по добыче s -го вида ресурса, где $l_{is} \geq 0$, $\sum_{i=1}^n l_{is} = 1$, $i = \overline{1, n}$. Тогда относительная активность всей популяции i -того вида, по сравнению с остальными видами популяций, равна $l_{is} X_i / (\sum_{j=1}^n l_{js} X_j)$. Часть популяции i -того вида, которая вымирает от нехватки s -го вида ресурса, равна $(\gamma_{is} X_i - l_{is} \rho_s / (\sum_{j=1}^n l_{js} X_j)) / \gamma_{is}$.

Определение. Мы будем говорить, что система находится в состоянии экологического равновесия, если в каждый момент времени выполняются условия

$$\sum_{j=1}^n \beta_j a_{ji} X_j X_i \geq \delta_i X_i(t), \quad i = \overline{1, n}; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \gamma_{is} X_i \leq \rho_s, \quad s = \overline{1, m}; \quad (2)$$

$$X_i \geq \bar{X}_i > 0, \quad (3)$$

где \bar{X}_i — минимальная численность популяции i -того вида.

Через $\epsilon_i dt$ обозначим средний прирост биомассы одного индивидуума популяции i -того вида за время dt (т. е. разность между рождаемостью и смертностью). Если система находится в состоянии экологического равновесия, то динамика описывается уравнением

$$dX_i = X_i \epsilon_i dt - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_i(t) X_j(t) dt, \quad i = \overline{1, n}$$

или

$$\dot{X}_i = \left(\epsilon_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j(t) \right) X_i(t), \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Допустим, что из системы неравенств (1) неравенство не выполняется, в то же время (2) и (3) выполняются. Тогда динамика изменения численности популяции i -того вида выглядит так:

$$\begin{aligned} \dot{X}_i &= \left(\varepsilon_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j - \left(\delta_i - \sum_{j=1}^n (\beta_j a_{ji} X_j) \right) / \delta_i \right) X_i = \\ &= \left(\varepsilon_i - 1 - \left(\left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \delta_i - \beta_j a_{ji} \right) X_j \right) / \delta_i \right) X_i. \end{aligned} \quad (5)$$

Если имеет место (1) и (3) и s -ое неравенство из (2) не выполняется, то (4) принимает следующий вид:

$$\dot{X}_i = \left(\varepsilon_i - 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + L_{is} \rho_s \left(\gamma_{is} \sum_{j=1}^n L_{js} X_j \right) \right) X_i. \quad (6)$$

И, наконец, если имеет место (3) и не выполняется i -тое и s -ое неравенство из (1) и (2) соответственно, то динамика развития экологической системы имеет вид (6), кроме i -того вида, динамика которого будет

$$\dot{X}_i = \left(\varepsilon_i - 2 - \left(\sum_{j=1}^n (a_{ij} \delta_i - \beta_j a_{ji}) X_j \right) / \delta_i + L_{is} \rho_s \left(\gamma_{is} \sum_{j=1}^n L_{js} X_j \right) \right) X_i. \quad (7)$$

Аналогичные неравенства типа (1) и (2) были впервые предложены Л. А. Петросяном (2). Нарушение одного из условий (1), (2) и (3) качественно меняет динамику развития экосистемы и, следовательно, важное значение имеет исследование условий, при которых система не выходит из состояния экологического равновесия.

Утверждение 1. Если в экосистеме существует популяция i -того вида, которая не является „жертвой“ для других видов ($a_{ij} = 0$; $j = \overline{1, n}$), то для того чтобы система находилась в состоянии экологического равновесия при любом i , необходимо, чтобы $\varepsilon_i = 0$.

Утверждение 2. Для того чтобы система не вышла из состояния экологического равновесия, необходимо, чтобы

$$\varepsilon_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{X}_j > 0 \quad \text{для любого } i = \overline{1, n}.$$

Через K обозначаем множество векторов $\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_n)$, которое удовлетворяет неравенствам (1) и (2). Множество K — выпуклое, компактное множество в R^n . Рассмотрим следующее отображение $l(\varphi, t) = (l_1(\varphi, t), \dots, l_n(\varphi, t)) : K \times [0, T] \rightarrow R^n$, где $l_i(\varphi, t) = \exp \left(\varepsilon_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} \varphi_j \right) t$.

Образ этого отображения обозначаем $E[K, [0, T]]$.

Теорема 1. Для того чтобы на отрезке времени $[0, T]$ система находилась в состоянии экологического равновесия, достаточно выполнения следующих условий:

- 1) $\min_{d \in E[K, [0, T]]} \left(\sum_{j=1}^n a_{ji} \beta_j X_j^0 d_j - \delta_i \right) \geq 0$; $i = \overline{1, n}$;
- 2) $\max_{d \in E[K, [0, T]]} \left(\sum_{s=1}^m \gamma_{is} X_i^0 d_s \right) \leq \rho_s$; $s = \overline{1, m}$;
- 3) $\min_{d \in E[K, [0, T]]} (X_i^0 d_i - \bar{X}_i) \geq 0$; $i = \overline{1, n}$,

где $X_i^0 = X_i(0)$ и $d = (d_1, \dots, d_n)$.

Управлением экологической системой является всякое внешнее воздействие на систему с целью изменения численности популяций. Под управлением мы будем понимать любой измеримый вектор функции $u(t) = (u_1(t), \dots, u_n(t))$, где i -тый компонент относится к i -той популяции. Вектор $u(t)$ интерпретируется как изменение численности популяции в единицу времени. Если $u(t) \geq 0$, то взято соответственно уменьшение популяции, а в случае $u(t) \leq 0$ — ее увеличение.

Управление $u(t) = (u_1(t), \dots, u_n(t))$ будем называть допустимым на отрезке времени $[0, T]$, если при его применении на этом отрезке времени система остается в состоянии экологического равновесия.

Задача уменьшения численности популяции подразделяется на задачу эксплуатации (отлов рыб, отстрел ценных зверей и т. д.) и задачу подавления (борьба с вредителями, паразитами и т. д.). В обоих случаях преследуется экономическая цель получить в конечном итоге некоторый суммарный доход.

Увеличение численности некоторых видов популяций требует дополнительных затрат (капиталовложений).

Управление $u(t) = (u_1(t), \dots, u_n(t))$ называем управлением 1-го типа, если $u_i(t) \geq 0$; $t \in [0, T]$; $i = \overline{1, n}$. При применении управления $u(t) = (u_1(t), \dots, u_n(t))$ динамика экосистемы принимает вид $\dot{X}_i(t) = \left(\varepsilon_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \right) X_i - u_i(t)$; $i = \overline{1, n}$.

Теорема 2. Если функции $r_i(t)$ ($i = \overline{1, n}$) таковы, что

$$1) \min_{d \in E[K, [0, T]]} \sum_{j=1}^n a_{ji} \beta_{ij} X_j^0 \exp \left(- \int_0^t r_i(\xi) d\xi \right) d_j - \delta_i \geq 0; \quad i = \overline{1, n};$$

$$2) \max_{d \in E[K, [0, T]]} \sum_{i=1}^n \gamma_{is} X_i^0 d_i \exp \left(- \int_0^t r_i(\xi) d\xi \right) \leq \rho_s; \quad s = \overline{1, m};$$

$$3) \min_{d \in E[K, [0, T]]} \left(X_i^0 d_i \exp \left(- \int_0^t r_i(\xi) d\xi \right) - \bar{X}_i \right) \geq 0; \quad i = \overline{1, n};$$

$$4) r_i(t) \geq 0; \quad t \in [0, T]; \quad i = \overline{1, n},$$

то $u_i(t) = (-r_1(t)X_1(t), \dots, -r_n(t)X_n(t))$ допустимое управление первого типа.

Ленинградский государственный университет

Վ. Վ. ՂԱՆԻՍՅԱՆ

էկոլոգիական պրոցեսների ղեկավարման մաթեմատիկական մեթոդներ

Աշխատանքում բերվում են էկոլոգիական հավասարակշռության նոր պայմաններ: Դիտվում է «գիշատի» տարատեսակի պահպանման հնարավորությունը նրա երկու տարատեսակների և «զոհի» հանդիպման ժամանակ:

Բերվում է համակարգը էկոլոգիական հավասարակշռության մեջ գտնվելու անհրաժեշտ պայմանն: Այնուհետև մտցվում է պայման, որի դեպքում համակարգը դուրս չի գալիս էկոլոգիական հավասարակշռությունից: Բերվում են և համակարգը էկոլոգիական հավասարակշռության մեջ պահող բավարար պայմանները:

Որպես էկոլոգիական համակարգի ղեկավարում վերցվում է ամեն արտաքին ներգործություն համակարգի վրա, որի նպատակն է տարատեսակների քանակական փոփոխությունը: Աշխատանքում նկարագրվում է հնարավոր ղեկավարումներից մեկը և տրվում է էկոլոգիական համակարգի դինամիկան՝ ղեկավարման այդ տիպի ընտրության դեպքում: Գտնվում է որոշակի «թուլատրելի» ղեկավարումների մաթեմատիկական ներկայացումները:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. Вольтерра, Математическая теория борьбы за существование, М., Наука, 1976. ² В. И. Зубов, Л. А. Петросян, Математические методы планирования, Изд-л ЛГУ, 1982. ³ Ю. М. Свирижев, Е. Я. Елизаров, Математическое модулирование биологических систем, Наука, М., 1972. ⁴ К. Е. Уатт, Экология и управление природными ресурсами, Мир, М., 1971.

УДК 519.714.25 : 519.682

Ш. Е. Бозоян, А. А. Саркисян

Разбиение дискретной схемы на части,
удовлетворяющие заданным ограничениям

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Г. Л. Арешяном 11/V 1985)

Промышленность, выпускающая ЭВМ, выдвигает проблемы, от решения которых зависит весь производственный процесс. Одна из таких проблем состоит в разбиении схемы на части, удовлетворяющие заданным техническим и технологическим ограничениям. Эти ограничения часто формулируются следующим образом: 1) каждая часть должна содержать не более E элементов и T выводов (т. е. входов и выходов); 2) потребляемая мощность части не должна превосходить данной мощности P ; 3) число логически отличных подсхем должно быть минимальным; 4) число частей разбиения должно быть минимальным и т. д.

В настоящее время алгоритмов оптимального разбиения больших схем, пригодных с точки зрения реализации их на ЭВМ, не существует. Наиболее часто на практике используются эвристические алгоритмы, которые в основном оперируют с одной целевой функцией.

Данная работа посвящена решению поставленной задачи градиентным алгоритмом при ограничениях 1), 2) и 4). Алгоритм существенным образом опирается на специальную строчную запись схемы, разработанной в работах (1-3). Одна из особенностей этой записи заключается в том, что любая подсхема с одним выходом, входы которой (если они есть) являются входами схемы, в записи являются «сплошным» отрезком символов. Это свойство языка строчной записи схемы является ключевым для целенаправленного поиска той или иной подсхемы.

Предварительно заметим, что условие, ограничивающее число выводов подсхемы, требует, чтобы элементы подсхем были как можно больше связаны между собой, чтобы доля внешних связей (контактов, соединяющих подсхемы между собой) была как можно меньше, а условие 2) требует, чтобы выбранные подсхемы были «заполнены» элементами как можно больше.

Работа алгоритма с использованием языка строчного описания схемы как раз отвечает этим требованиям и очень проста. Она состоит из двух этапов.

На первом этапе в записи схемы последовательно выбираются отрезки с весами—1, содержащие не более E элементов и T выводов, сумма потребляемых мощностей которых не больше P . На каждом шагу среди таких отрезков выбирается тот, у которого соответствующие параметры близки к числам E , T и P соответственно. Если таких

отрезков несколько, то выбирается один из них. Выбранному отрезку соответствует подсхема с хорошо связанными между собой элементами. После выбора отрезка он исключается из записи, если не является частью некоторого другого отрезка с весом -1 , в противном случае он заменяется символом x . Затем процедура поиска нового подходящего отрезка с весом -1 возобновляется. Процесс кончается тем, что запись схемы превращается в пустое слово. Этим завершается первый этап работы алгоритма.

На втором этапе производится объединение «неполных» подсхем. Дело в том, что в некоторых шагах первого этапа работы алгоритма могут быть выбраны подсхемы с характеристиками, намного уступающими их предельным значениям E , T и P . Поэтому здесь возникает возможность объединения этих «остатков» в отдельные группы, образующие новые подсхемы, удовлетворяющие заданным ограничениям. На первый взгляд кажется, что такая задача ничем не отличается от первоначально поставленной. Однако здесь проблемы связанных элементов нет, так как если бы два «остатка» были связанными и их объединение удовлетворяло заданным ограничениям, то они попали бы в одну подсхему уже на первом этапе работы алгоритма. Поэтому объединение таких «остатков» осуществляется следующим образом: берется некоторый из них и последовательно рассматривается с остальными. Если с некоторым другим «остатком» он составляет подсхему, удовлетворяющую заданным ограничениям, то они объединяются и результат считается новым «остатком». Эта процедура продолжается до тех пор, пока не производятся все возможные объединения.

Пример. Рассмотрим схему с записью

$$\begin{aligned}
 & 1_1^{0(2,1,1,1)} 2_1^{0(2,1,1,1)} 3_2^{0(2,2,2,1)} 4_1^{0(3,1,2,1)} 5_1^{0(3,1,1,1)} 20_1^{0(1,2,0,0)} 6_1^{0(3,1,1,1)} 3_1^{(2,2,2,1)} 7_1^{0(2,1,1,1)} x_1 x_2 \\
 & 8_1^{0(3,1,1,1)} x_3 x_4 20_2^{(1,2,0,0)} x_5 21_1^{0(1,2,0,0)} 9_1^{0(2,1,1,1)} x_6 x_7 21_2^{(1,2,0,0)} 23_1^{0(1,3,0,0)} 12_1^{(2,1,3,1)} 13_1^{0(3,1,1,1)} \\
 & x_8 x_9 x_{10} 14_1^{0(2,1,1,1)} x_{11} x_{12} 22_1^{0(1,3,0,0)} 10_1^{0(2,1,2,1)} 11_1^{0(2,1,1,1)} 23_2^{(1,3,0,0)} x_{13} 15_1^{0(3,1,1,1)} 23_3^{(1,3,0,0)} \\
 & 16_1^{0(3,2,1,1)} 17_1^{0(2,1,1,1)} x_{15} x_{16} 18_1^{0(1,2,1,1)} x_{17} x_{18} 24_1^{0(1,2,0,0)} 19_1^{0(2,1,1,1)} x_{19} x_{20} 22_3^{(1,3,0,0)} 22_2^{(1,3,0,0)} \\
 & x_{14} 16_2^{(3,2,1,1)} 24_2^{(1,2,0,0)}
 \end{aligned}$$

Здесь элементы схемы обозначены числами $1, 2, 3, \dots$. Символ $k^{(n,m,p,l)}$ показывает, что элемент с номером k имеет n входов, m выходов, потребляемую мощность p , вес l (число „внутренних“ элементов). Точки ветвления также формально считаются „элементами“, однако для них параметры p и l равны нулю. Пусть $E=5$, $T=10$, $P=5$. В этой записи первым левым максимальным отрезком с весом -1 , содержащим не более 5 элементов, является

$$\begin{aligned}
 & 5_1^{0(3,1,1,1)} 20_1^{0(1,2,0,0)} 6_1^{0(3,1,1,1)} 3_1^{(2,2,2,1)} 7_1^{0(2,1,1,1)} x_1 x_2 8_1^{0(3,1,1,1)} x_3 x_4 20_2^{(1,2,0,0)} x_5 21_1^{0(1,2,0,0)} \\
 & 9_1^{0(2,1,1,1)} x_6 x_7
 \end{aligned}$$

Ему соответствует подсхема, состоящая из элементов $5, 6, 7, 8$ и 9 . Потребляемая мощность этой подсхемы равна $p_1=5$, а число входов и выходов $-T_1=10$. Поэтому она является подходящей для выбора. Итак, множеством элементов первой подсхемы разбиения является $M_1=\{5, 6, 7, 8, 9\}$. Поскольку выбранный отрезок с весом -1 явля-

ется частью некоторого другого отрезка с весом—1 в записи схемы, его заменяем символом x . Получаем

$$\begin{aligned}
 & 1_1^{0(2,1,1,1)} 2_1^{0(2,1,1,1)} 3_1^{0(2,2,2,1)} 4_1^{0(2,1,2,1)} x 21_2^{(1,2,0,0)} 23_1^{0(1,2,0,0)} 12_1^{0(2,1,2,1)} 13_1^{0(2,1,1,1)} x_9 x_{10} x_{11} \\
 & 14_1^{0(2,1,1,1)} x_{11} x_{12} 22_1^{0(1,2,0,0)} 10_1^{0(2,1,2,1)} 11_1^{0(2,1,1,1)} 23_2^{(1,2,0,0)} x_{13} 15_1^{0(2,1,1,1)} 23_3^{(1,2,0,0)} 16_1^{0(2,2,1,1)} \\
 & 17_1^{0(2,1,1,1)} x_{15} x_{16} 18_1^{0(2,1,2,1)} x_{17} x_{18} 24_1^{0(1,2,0,0)} 19_1^{0(2,1,1,1)} x_{19} x_{20} 22_3^{(1,2,0,0)} 22_2^{(1,2,0,0)} x_{14} \\
 & 16_2^{(2,2,1,1)} 24_2^{(1,2,0,0)}.
 \end{aligned}$$

Следующим первым левым максимальным отрезком с весом—1, содержащим не более 5 элементов, является

$$23_1^{0(1,2,0,0)} 12_1^{0(2,1,2,1)} 13_1^{0(2,1,1,1)} x_8 x_9 14_1^{0(2,1,1,1)} x_{11} x_{12}.$$

Ему соответствует подсхема, состоящая из элементов 12, 13 и 14. Ее потребляемая мощность равна $p_2=5$, а число входов и выходов— $T_2=6$. Поэтому она также является подходящей для выбора. Таким образом, множеством элементов второй подсхемы является $M_2=\{12, 13, 14\}$. Поскольку этот отрезок с весом—1 является частью другого отрезка с весом—1, то его заменим символом x . Получим

$$\begin{aligned}
 & 1_1^{0(2,1,1,1)} 2_1^{0(2,1,1,1)} 3_2^{0(2,2,2,1)} 4_1^{0(2,1,2,1)} x 21_2^{(1,2,0,0)} x 22_1^{0(1,2,0,0)} 10_1^{0(2,1,2,1)} 11_1^{0(2,1,1,1)} 22_2^{(1,2,0,0)} x_{13} \\
 & 15_1^{0(2,1,1,1)} 23_3^{(1,2,0,0)} 16_1^{0(2,2,1,1)} 17_1^{0(2,1,1,1)} x_{15} x_{16} 18_1^{0(2,1,2,1)} x_{17} x_{18} 24_1^{0(1,2,0,0)} 19_1^{0(2,1,1,1)} x_{19} x_{20} \\
 & 22_3^{(1,2,0,0)} 22_2^{(1,2,0,0)} x_{14} 16_2^{(2,2,1,1)} 24_2^{(1,2,0,0)}.
 \end{aligned}$$

Продолжая этот процесс, мы получим $M_3=\{16, 17, 18, 19\}$, $P_3=5$, $T_3=9$, $M_4^*=\{10, 11, 15\}$, $p_4^*=4$, $T_4^*=4$, $M_5^*=\{2, 3, 4\}$, $p_5=5$, $T_5=7$, $M_6^*=\{1\}$, $p_6^*=1$, $T_6^*=3$. Первый этап работы алгоритма закончен.

Вторым этапом объединяются два полученных „остатка“, после чего получим подсхему с множеством элементов $M_4=M_4^* \cup M_6^*=\{1, 10, 11, 15\}$, для которой $p_4=5$, $T_4=7$. Этим завершается процесс разбиения.

В заключение отметим, что верхняя оценка числа просмотров записи схемы при работе алгоритма равна N^2 , где N —длина записи (число всех контактов) схемы.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Շ. Ե. ԲՈՂՈՅԱՆ, Ա. Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

‘Իսկրեա սխեմայի՝ տրված սանմանափակումներին բավարարող մասերի տրոհման մասին

Աշխատանքում դիտարկվում է դիսկրետ սխեման՝ տված սահմանափակումներին բավարարող մասերի տրոհման դրադիենտ ալգորիթմ: Այդ սահմանափակումներն են՝ 1) յուրաքանչյուր մաս պետք է պարունակի ոչ ավելի, քան E էլեմենտներ և T -ից ոչ ավելի արտարժեքային (մուտքեր և ելքեր),



- 2) մասի սպառող հզորությունը չպետք է գերազանցի տված հզորությունը,
3) մասերի թիվը պետք է լինի մինիմալ:

Ալգորիթմը էապես հենվում է սխեմայի տողային նկարագրության հատուկ լիզվի վրա, որտեղ սխեմայի գրառման մեջ ենթասխեման մեկնարանվում է «հոծ» հատված: Ալգորիթմը աշխատում է երկու էտապով: Առաջին էտապում սխեմայից անջատվում են «լրիվ» մասեր, որոնք կազմում են վերջնական տրոհման մասերը, և «մնացորդներ»: Երկրորդ էտապում մնացորդների միավորումով ստացվում են տրոհման մնացած լրիվ մասերը: Ալգորիթմի բարդության վերին գնահատականը N^2 է, որտեղ N -ը սխեմայի գրառման երկարությունն է:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Մ. Ե. Բոզյան, Изв. АН СССР, Техн. кибернетика, № 6, 1978. ² Մ. Ե. Բոզյան, Изв. АН СССР, Техн. кибернетика, № 1, 1981. ³ Մ. Ե. Բոզյան, Прикладная математика, вып. '2, 1983.



УДК 537.226;573.311.32;538.956

ФИЗИКА

Г. С. Мкртчян, член-корреспондент АН Армянской ССР Д. М. Седракян

О восприимчивости газа двухатомных полярных молекул

(Представлено 10/III 1986)

В теории разреженных газов из жестких полярных молекул мнимая часть диэлектрической восприимчивости $\chi(\omega)$ имеет максимум при $\omega \sim \tau_0^{-1}$, где τ_0 — время свободного пробега молекулы, что указывает на наибольшее поглощение волн с такими частотами ⁽¹⁾. При частотах $\omega \gg \tau_0^{-1}$ это поглощение мало. В данной работе показывается, что и при $\omega \gg \tau_0^{-1}$ имеет место поглощение волн из-за наличия другого характерного времени $\tau = \sqrt{\frac{I}{2kT}}$, где I — момент инерции молекулы, T — температура. Уменьшая плотность газа, можно добиться выполнения неравенства $\tau_0 \gg \tau$. При этом $\chi(\omega)$ будет иметь второй максимум в области частот $\omega \sim \tau^{-1}$. В этой области частот газ можно считать идеальным.

Рассмотрим двухатомную полярную молекулу с дипольным моментом величиной μ . Моделью такой молекулы является ротатор (две разноименно заряженные массы на фиксированном расстоянии друг от друга). В системе центра инерции функция Гамильтона ротатора имеет вид

$$H = \frac{1}{2I} (p_\theta^2 + p_\varphi^2 \sin^2 \theta). \quad (1)$$

Здесь θ и φ — углы, определяющие ориентацию оси ротатора, p_θ , p_φ — сопряженные им импульсы, I — момент инерции ротатора. Из уравнений движения легко получить уравнения для проекции $\mu_z = \mu \cos \theta$ дипольного момента на полярную ось (ось z)

$$\frac{d^2}{dt^2} \mu_z + \Omega^2 \mu_z = 0; \quad \Omega = \sqrt{\frac{2H}{I}}. \quad (2)$$

Здесь H дается выражением (1). Решение (2), выраженное через начальные значения координат и импульсов ротатора, имеет вид

$$\mu_z(t) = \mu \cos \theta(0) \cos \Omega t - \frac{\mu}{I\Omega} p_\theta(0) \sin \theta(0) \sin \Omega t. \quad (3)$$

Важно отметить, что в этом решении частота Ω также определяется начальными условиями.

Рассмотрим теперь газ из N таких ротаторов, находящийся в равновесии с термостатом при температуре T . Вычислим функцию

отклика $\varphi(t)$ дипольного момента газа на импульс электрического поля, направленного вдоль оси z . По определению ⁽²⁾, $\varphi(t) = \int \{M_z(t)M_z(0)\} \rho d\Gamma$, где M_z — проекция электрического дипольного момента газа на направление поля, $\{ \}$ — скобки Пуассона, ρ — функция распределения Гиббса, интегрирование ведется по фазовому пространству. Все величины под интегралом относятся к газу в отсутствие внешнего поля. Для идеального газа это выражение легко вычисляется и результат имеет вид

$$\varphi(t) = \frac{N\mu^2}{3kT\tau^2} tF\left(2, \frac{3}{2}, -\frac{t^2}{4\tau^2}\right); \quad \tau = \sqrt{\frac{T}{2kT}}, \quad (4)$$

где $F(a, c, x)$ — вырожденная гипергеометрическая функция. Отсюда следует выражение для функции релаксации

$$\Phi(t) = \int_0^\infty \varphi(\eta) d\eta = \frac{N\mu^2}{2kT} F\left(1, \frac{1}{2}, -\frac{t^2}{4\tau^2}\right).$$

При $t \gg \tau$ $\Phi(t)$ степенным образом стремится к нулю. Таким образом, даже в отсутствие столкновений имеет место релаксация средней проекции дипольного момента к равновесному нулевому значению.

Для восприимчивости $\chi(\omega)$ газа из (1) получаем

$$\chi(\omega) = \int_0^\infty \varphi(t) e^{i\omega t} dt = i \frac{\pi N\mu^2}{3kT} (\omega\tau)^2 \exp(-\omega^2\tau^2) \operatorname{sign} \omega + \frac{N\mu^2}{3kT} [1 - (\omega\tau)^2 \exp(-\omega^2\tau^2) \operatorname{Ei}(\omega^2\tau^2)]. \quad (5)$$

Здесь $\operatorname{Ei}(x)$ — интегральная экспонента. Как следует из (5), $\operatorname{Im}\chi(\omega)$ имеет максимум при $\omega = \tau^{-1}$, причем этот максимум более острый, чем в области $\omega \sim \tau_0^{-1}$ ⁽¹⁾. Для молекулы HCl при $T = 300^\circ$ оценка дает $\tau \sim 10^{-13}$ с. Вещественная часть $\chi(\omega)$ совпадает с классическим пределом выражения, полученного в ⁽³⁾.

Ереванский государственный
университет

Պ. Ս. ԿՈՐՉՅԱՆ, Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ԲՊՐԱԿԻԳ անդամ Դ. Մ. ՍԵՒՐԱԿՅԱՆ

Լեւոնային երկատոմյա մոլեկուլներից բաղկացած գազի դիէլեկտրիկական բեկաչունականության մասին

Հաշվված է կոշտ դիպոլներից բաղկացած գազի դիէլեկտրիկական ընկալունակությունը: Հաշվարկը կատարված է մոլեկուլների հարվածների հաճախությունից մեծ արտաքին դաշտի հաճախությունների համար: Ցույց է

տրված, որ դիէլեկտրիկական ընկալունակության կեղծ մասը ունի մաքուր-
 մում $\omega \sim \tau^{-1}$, որտեղ $\tau = \sqrt{\frac{T}{2kT}}$ և T -բևեռային մոլեկուլի ինեքցիայի մո-
 ճենտն է:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Г. Фрелих, Теория диэлектриков, ИЛ, М., 1960. ² Ф. М. Куни, Статистическая физика и термодинамика, Наука, М., 1981. ³ П. Дебай, Г. Закк, Теория электрических свойств молекул, М., 1936.

УДК 535.371

ФИЗИКА

С. Т. Геворкян, Г. Ю. Крючков

Развитие параметрической флуоресценции из спонтанных процессов

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 15/IV 1986)

1. Роль квантовых флуктуаций электромагнитного поля в параметрических процессах выяснена не в полной мере и в последнее время усиленно обсуждается. В настоящей работе эта проблема исследуется применительно к процессу спонтанной параметрической флуоресценции, т. е. преобразованию фотонов поля накачки в фотоны других частот слабого поля, в атомарной среде двухуровневых атомов.

Вынужденный по слабому полю аналогичный процесс описывался обычно полуклассическими уравнениями Максвелла—Блоха и для случая двухуровневой резонансной среды исследовался в работах (1-3). При полуклассическом описании переход к спонтанному случаю, когда на входе в среду слабые поля отсутствуют, осуществляется формальным образом заменой входного сигнала на нулевые колебания поля излучения. Здесь приводится квантово-электродинамическая теория, в которой спонтанные процессы описываются естественным образом. Учитываются также эффекты насыщения и расщепления атомных уровней, обусловленные действием резонансного, монохроматического поля.

2. Рассматривается среда двухуровневых атомов с плотностью N в монохроматическом поле с частотой ω вблизи частоты атомного перехода ω_0 ($\varepsilon = \omega_0 - \omega \ll \omega_0$).

В стационарном режиме для временных интервалов, превышающих обратную спонтанную ширину возбужденного уровня γ^{-1} , квантовые уравнения распространения вдоль оси X для медленно меняющихся операторов рождения и уничтожения $a_1(x)$, $a_2(x)$ двух мод поля излучения с частотами $\omega_1 \neq \omega$, $\omega_2 \neq \omega$, связанными условием $\omega_1 + \omega_2 = 2\omega$, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} a_1(x) &= a_1 a_1(x) + k_1^* e^{i k_1 x} a_2^+(x) + F_1(x), \\ \frac{d}{dx} a_2^+(x) &= a_2 a_2^+(x) + k_2 e^{-i k_2 x} a_1(x) + F_2^+(x). \end{aligned} \quad (1)$$

Коэффициенты a_s и k_s , $s = 1, 2$, в приближении $\Omega = \sqrt{\varepsilon^2 + 4|v|^2} \gg \gamma$ (где $v = -\vec{E}d$ — матричный элемент взаимодействия атома с полем), непересекающихся спектральных линий — „трехфотонной“ $\omega_{\tau\phi} = \omega - \Omega$ и резонансной $\omega_p = \omega + \Omega$, равны (см., например, (4)):

$$\alpha_s = \frac{\pi \omega_s N}{2 \hbar c} (\rho_{11} - \rho_{22}) \Gamma |(\vec{e}_s \vec{d})|^2 \left\{ \frac{(1 - \varepsilon/\Omega)^2}{(\omega_s - \omega_{\Gamma\Phi})^2 + \Gamma^2} - \frac{(1 + \varepsilon/\Omega)^2}{(\omega_s - \omega_p)^2 + \Gamma^2} \right\}, \quad (2)$$

$$k_{1,2} = \frac{2\pi N}{\hbar c} \sqrt{\omega_1 \omega_2} \left(\frac{\nu^*}{\Omega} \right)^2 (\vec{e}_1 \vec{d})(\vec{e}_2 \vec{d}) (\rho_{11} - \rho_{22}) \times \\ \times \left| \frac{1}{\Gamma - i(\omega_{1,2} - \omega_p)} - \frac{1}{\Gamma - i(\omega_{1,2} - \omega_{\Gamma\Phi})} \right|, \quad (3)$$

где $\vec{e}_{1,2}$ — векторы поляризаций фотонов двух мод;

$$\rho_{11} - \rho_{22} = \frac{2\varepsilon}{\Omega - \frac{1}{2}\varepsilon^2/\Omega}, \quad \rho_{11} + \rho_{22} = 1, \quad (4)$$

ρ_{11}, ρ_{22} — стационарные населенности квазиэнергетических состояний, $\Gamma = \gamma/2(1 + 2|\nu^2/\Omega^2|)$ — спектральная ширина.

Уравнения (1) справедливы в приближении слабых волн и в марковском приближении. В них Δk является x -компонентой разности полных векторов в среде $2\vec{k} - \vec{k}_1 - \vec{k}_2$ слабых волн и поля накачки, а ланжевеновские операторы $F_{1,2}(x)$ являются источниками квантовых шумов (3). Вычисление с помощью аппарата матрицы плотности двух мод поля излучения, с условием $\omega_1 + \omega_2 = 2\omega$, приводит к следующим результатам:

$$\langle F_s^+(x) F_s(x') \rangle = \frac{\beta_s}{\beta_s - 2\alpha_s} \langle F_s(x) F_s^+(x') \rangle = \beta_s \delta(x - x'), \quad (5)$$

$$\langle F_2(x) F_1(x') \rangle = \frac{\lambda^* - k_2^*}{\lambda^* - k_1^*} \langle F_1(x) F_2(x') \rangle = e^{i\Delta k x} (\lambda^* - k_2^*) \delta(x - x'), \quad (2)$$

($s=1, 2$), для средних по основному состоянию атома и произвольному состоянию указанных мод поля излучения от произведения ланжевеновских операторов. Коэффициенты β_s и λ при $\Omega \gg \gamma$ равны:

$$\beta_s = \frac{\pi \omega_s N}{\hbar c} |(\vec{e}_s \vec{d})|^2 \Gamma \left[\frac{(1 - \varepsilon/\Omega)^2 \rho_{11}}{(\omega_s - \omega_{\Gamma\Phi})^2 + \Gamma^2} + \frac{(1 + \varepsilon/\Omega)^2 \rho_{22}}{(\omega_s - \omega_p)^2 + \Gamma^2} \right], \quad (7)$$

$$\lambda = - \frac{2\pi N}{\hbar c} \sqrt{\omega_1 \omega_2} \left(\frac{\nu^*}{\Omega} \right)^2 (\vec{e}_1 \vec{d})(\vec{e}_2 \vec{d}) \times \\ \times \left[\frac{\rho_{11}}{\Gamma + i(\omega_1 - \omega_{\Gamma\Phi})} + \frac{\rho_{22}}{\Gamma + i(\omega_1 - \omega_p)} + (\omega_1 - \omega_2) \right]. \quad (8)$$

3. Сделаем замечание о корреляционных функциях (5), (6), которыми определяются спонтанные вклады в параметрические процессы. Функция $\langle F_1 F_2 \rangle$ обычно принимается равной нулю, а в $\langle F_s F_s^+ \rangle$ не учитываются эффекты насыщения. Полученные для двухуровневого атома выражения (5), (6) имеют лоренцевскую форму и максимальны в областях линий ω_p и $\omega_{\Gamma\Phi}$. При $\omega_1 \simeq \omega_{\Gamma\Phi}$ для их отношений получаем

$$\langle F_1 F_2 \rangle / \langle F_1^+ F_1 \rangle \simeq \frac{\Omega^2}{|\nu^2|^2} \left(1 + \frac{\varepsilon}{\Omega} \right)^4, \quad |\langle F_2 F_1 \rangle| / \langle F_2^+ F_2 \rangle \simeq \frac{\Omega^2}{|\nu^2|^2} \left(1 - \frac{\varepsilon}{\Omega} \right)^4, \quad (9)$$

откуда следует, что корреляционная функция (6) сравнима по величине с функцией (5)*.

4. Усредняя уравнения по когерентным состояниям $a_{1,2}|z_{1,2}\rangle = |z_{1,2}\rangle$ поля излучения, с учетом соотношения $\langle F_s \rangle = 0$, получаем известные полуклассические уравнения (2^а). Формальное решение операторных уравнений (1) стандартным методом для значения $\Delta k = 0$, выраженное через свободные операторы поля излучения $a_s(0)$ при $x=0$, имеет следующий вид:

$$a_1(x) = \frac{1}{g_+ - g_-} \left\{ \varphi_2(x) a_1(0) + k_2^* \varphi_0(x) a_2^*(0) + \int_0^x dx_1 [k_2^* \varphi_0(x-x_1) F_2^+(x_1) + \varphi_2(x-x_1) F_1(x_1)] \right\}, \quad (10)$$

$$a_2^*(x) = \frac{1}{(g_+ - g_-)} \left\{ \varphi_1(x) a_2^*(0) + k_1 \varphi(x_0) a_1(0) + \int_0^x dx_1 [k_1 \varphi_0(x-x_1) F_1(x_1) + \varphi_1(x-x_1) F_2^+(x_1)] \right\}.$$

В этих выражениях

$$2g_{\pm} = \alpha_1 + \alpha_2 \pm \sqrt{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 + 4k_1 k_2^*} \quad (11)$$

являются известными предэкспоненциальными множителями (3) и приняты следующие обозначения:

$$\varphi_0(x) = e^{g_+ x} - e^{g_- x}, \quad (12)$$

$$\varphi_{1,2} = (g_+ - \alpha_{1,2}) e^{g_+ x} - (g_- - \alpha_{1,2}) e^{g_- x}.$$

5. Обратимся к вычислению числа фотонов двух мод поля излучения $n_s(x) = \langle a_s^+(x) a_s(x) \rangle$ на длине x в среде. Приведем вначале результаты для малых длин распространения. Для вынужденного процесса, когда на входе имеются оба слабых поля с амплитудами z_1 и z_2 , получаем

$$n_1(x) = n_1(0) + [\beta_1 + 2z_1 n_1(0) + 2\text{Re}(k_2 z_1 z_2)] x + \dots \quad (13)$$

Если на входе кроме поля накачки имеется лишь слабое поле с частотой ω_2 , для возникающего параметрическим образом поля с частотой $\omega_1 = 2\omega - \omega_2$ получаем

$$n_1(x) = \beta_1 x + [\alpha_1 \beta_1 + \text{Re}(k_2 \lambda^*) + |k_2|^2 n_2(0)] x^2 + \dots, \quad (14)$$

где $n_{1,2}(0) = |z_{1,2}|^2$. Физический смысл этих результатов, которые содержат спонтанный случай при $z_1 = z_2 = 0$, ясен. Величина β_s , как следует из (7), определяет вероятность спонтанного излучения в области ω_p и $\omega_{\text{тф}}$ линий, а α_s содержит также вклад процессов поглощения, которым соответствуют ее отрицательные части в (2). Коэффициенты k_s и λ обусловлены двухфотонными процессами. Это следует

* Смешанная корреляционная функция учтена для процесса вырожденного четырехволнового смешения (6).

из результатов работы (1), а также из соотношения $\langle a_1(x)a_2(x) \rangle = \lambda^* x + \dots$, при усреднении по вакуумным состояниям поля излучения, т. е. для спонтанной „двухфотонной амплитуды“.

В спонтанной параметрической флуоресценции без затравочных слабых полей поле накачки усиливает спонтанные процессы и в приближении наибольшего усиления, в области $\text{Re}g_+ > 0$ и больших длин, получаем

$$n_1(x) = \frac{1}{2|g_+ - g_-|^2 \text{Re}g_+} \left\{ \beta_1 |g_+ - \alpha_2|^2 + \beta_2 |k_2|^2 + 2\text{Re}(k_2^* \lambda (g_+^* - \alpha_2)) \right\} e^{2\text{Re}g_+ x}. \quad (15)$$

Коэффициент усиления в (15) такой же, как для вынужденного процесса. Множители при экспоненте зависят от частоты ω_1 и параметров поля накачки. При $|\nu/\epsilon| = 1/2$ и в окрестности $\omega_1 \simeq \omega_{\text{тф}}$ отношение третьего члена к первому равно: $-1,02; -0,74; 0,05; 2,83$ для значений $(\omega_1 - \omega_{\text{тф}})/\Gamma = 0; 0,5; 1; 2$ соответственно. В этих областях вклад второго члена мал, более точно его отношение к первому, равно: $0,03; 0,06; 0,12$ для значений $(\omega_1 - \omega_{\text{тф}})/\Gamma = 0; 1; 2$.

Авторы выражают благодарность академику АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаэляну за обсуждения.

Институт физических
исследований Академии наук
Армянской ССР

Ա. Ք. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Կ. ՅՈՒ. ԿՐՅՈՒԶԿՈՎ

Պատմամտերիկական ֆիլոսոֆիայի և գրագրության սպորտան
պրոֆեսորից

Ռեզոնանսային ատոմական միջավայրում, մղման դաշտի առկայության դեպքում է սպորտան պարամետրիկական ֆիլոսոֆիայի ինտենսիվությունը: Ցույց է տրված, որ այդ երևույթը պայմանավորված է մեկ և երկու ֆոտոնային սպորտան ճառագայթմամբ:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ В. М. Арутюнян, Е. Г. Канеян, В. О. Чалтыкян, ЖЭТФ, т. 59, с. 195 (1973).
² В. R. Mollow, Phys. Rev., v. A 7, 1319 (1973). ³ R. W. Boyd, M. G. Raymer, P. Harter e. a., Phys. Rev., v. A 24, 411 (1981). ⁴ Г. Ю. Крючков, Препринт ИФИ — 85—113, Аш.арак, 1985 ⁵ М. Лэкс, Флуктуации и когерентные явления, Мир, М., 1974. ⁶ М. D. Reid, D. F. Walls, Optics Comm., v. 50. 406 (1984). ⁷ Г. Ю. Крючков, В. Е. Мкртчян, М. Л. Тер-Микаэлян и др., ЖЭТФ, т. 88, с. 30 (1985).

УДК 550.37 : 626.814

Д. А. Хачатрян

**О характере локальных естественных
электрических полей водоемов, каналов и рек**

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. А. Габриеляном 30/III 1985)

Одним из основных методов при изучении гидрогеологических и инженерно-геологических условий водоемов, каналов и рек является метод естественного электрического поля (ЕП) (1-3). Суть этого метода заключается в измерении потенциала (реже градиента потенциала) естественного электрического поля локального характера с последующим выделением на графиках потенциала аномальных зон. При этом на графиках аномальные зоны, проявляющиеся в виде максимумов, отождествляются с местами разгрузки подземных вод, а минимальные зоны—с местами фильтрации вод из водоемов, каналов и рек. Для успешного решения гидрогеологических, инженерно-геологических и других задач методом ЕП необходимо изучение причин, обуславливающих локальные естественные электрические поля в водоемах, каналах и реках.

Известно, что локальные естественные электрические поля в водной среде, в частности в реках, обусловлены диффузионно-адсорбционными явлениями на контакте жидкой и твердой фаз (берег—вода, русловые породы—вода), фильтрационными процессами через дно, бортовые части водоемов и русла рек, а также движением, механическим и температурным состоянием воды (4). Известно также, что величина диффузионно-адсорбционных потенциалов зависит от типа пород, и недоучет этого фактора может привести к ошибочным результатам при определении мест фильтрации воды (5).

Проведенные нами исследования показали, что помимо перечисленных имеются и другие факторы, способствующие созданию локальных электрических полей.

Река, на которой велись исследования, сильно меандрирует, русло ее сложено валунно-галечными отложениями базальтового, андезитобазальтового состава. Берега сложены глинистыми и песчано-глинистыми образованиями. Глубина воды в реке колеблется от 0,2 до 2 м и более, причем обычно протяженные, длиной 10—30 м, глубокие части соединяются друг с другом сравнительно короткими, от 1 до 5 м, неглубокими участками. Над глубокой частью реки скорость воды составляла 0,16—0,17 м/с, а на участках, где глубина была небольшая, скорость была высокой и изменялась от 0,6 до 0,7 м/с.

Дно глубокой части реки, как правило, покрыто глинисто-илистыми образованиями, а на неглубоких участках—валунно-галечными

отложениями. В реке широко развиты гидрофильные растения: водоросли, водяной лютик и др., а на берегах растут камыши, сыть и т. д. На ней сооружены гидротехнические сооружения, из нее берет начало оросительный канал.

Помимо диффузионно-адсорбционных потенциалов на границе речная вода—берег, диффузионно-адсорбционные потенциалы величиной от +1,2 до +4,8 мв наблюдались также между валунно-галечными образованиями и глиной.

При анализе результатов работ ясно прослеживается связь между величиной естественного электрического поля и направлением движения воды. Наблюденная связь аналогична связи, существующей между величиной естественного электрического поля и рельефом. Общий фон значений естественного электрического поля возрастает в направлении движения воды. На этом фоне наблюдаются локальные электрические поля различной амплитуды, величина и протяженность которых зависят от факторов, обуславливающих эти поля. Одной из таких причин является изменение скорости движения воды в реке. Показанный на рис. 1 график естественного электрического поля получен на участке, где в реке изменяется только скорость воды. Изменение скорости движения воды в реке обуславливает изменение величин естественного электрического поля. Большим скоростям соответствуют пониженные значения потенциала естественного электрического поля, а низким скоростям—сравнительно высокие. Поэтому изменение скорости от малых значений к большим на графиках естественного электрического поля выражалось переходом от максимальных зон к минимальным.

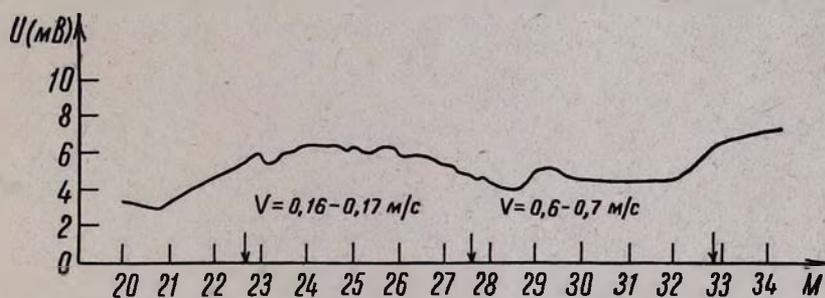


Рис. 1. График естественного электрического поля, полученный на участке, где скорость движения воды в реке изменялась от 0,16 до 0,7 м/с

Локальные естественные поля образуются и в результате слияния двух рек. На рис. 2 изображен график ЕП, полученный на участке слияния с рекой двух пресноводных потоков родникового происхождения, имеющих различные температуры. Температура речной воды равнялась +20°, родниковой—+17°. Как видим, в месте слияния двух потоков наблюдается положительная аномалия величиной 16 мв. Протяженность аномалии довольно большая—примерно 7 м и обусловлена не только температурной разностью вод, но и, по всей вероятности, ионным составом речной и родниковой воды.

На характер естественного электрического поля водоемов, каналов и рек существенное влияние оказывают естественные поля биогенного происхождения, обусловленные гидрофильными растениями, растущими как в самой водной среде, так и на берегах. В последнем случае нами изучалось локальное электрическое поле корневой части растений, находящейся в водной среде.

В таблице приведены значения потенциала нескольких водных растений, имеющих широкое распространение в реках. Биофизические поля изучались с помощью дискретных измерений. Электрод *N* находился в воде, вблизи растений, а электрод *M*—на растениях. Оба электрода во всех отношениях находились в идентичных условиях, за исключением наличия растений под электродом *M*.

Значения потенциала водных растений

Растение	Количество измерений	Разность потенциалов		
		минимальная	максимальная	средняя
Зеленые водоросли	7	+1,6	+2,4	+2,1
Сыть, осоковые	4	+2,3	+2,4	+2,4
Камыши, осоковые	6	+2,2	+2,4	+2,3
Водяной лютик	5	+0,4	+0,6	+0,5
Тина с водорослями	4	+2,4	+5,0	+3,8

Наблюдаемое естественное электрическое поле у растений связано не только с биофизическими процессами (6), но и с перераспределением естественного электрического поля в среде вода—растение, имеющей разные удельные электрические сопротивления.

Как видим, биофизические поля соизмеримы с полями, измеряемыми в электроразведке, и недоучет их может привести к ошибочным результатам.

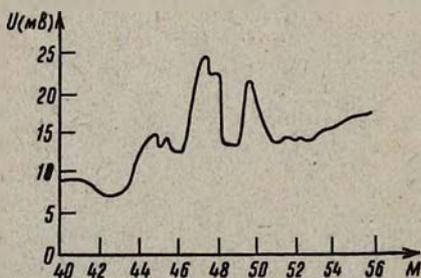


Рис. 2. График естественного электрического поля на месте слияния реки с родниковой водой

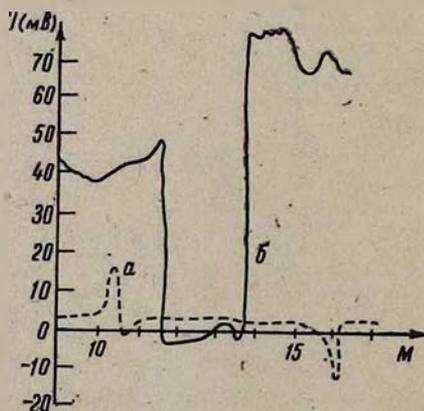


Рис. 3. Графики естественного электрического поля, полученные вблизи вертикально приклоненной бетонной плиты (а) и бетонной стены (б)

Локальные естественные электрические поля создаются также искусственными сооружениями—мостами, каменными стенами, гидротехническими и гидрогеологическими постами.

На рис. 3(а) показан график ЕП, полученный при наличии в реке близвертикальной бетонной плиты, прислоненной к одному из берегов. Как видно из графика, концы стены проявляются минимумом и максимумом ЕП. Отклонение величины ЕП составляет ± 20 мв, в то время как горизонтально лежащая бетонная плита, которая вся находится в водной среде, не создает существенного электрического поля. Аналогичная картина наблюдается у бетонного шлюза, где отклонение поля равно $\pm 16 \div 20$ мв. Следует отметить, что измерения проводились на расстоянии 1—2 м от близвертикальной бетонной плиты. Бетонная стена на отдельных участках земляного канала создавала локальный минимум порядка $40 \div 45$ мв, причем, как видно из рис. 3. характер графиков у бетонной плиты и у стены различный.

Возникновение локальных полей, создаваемых бетонными стенами и плитами, можно объяснить движением воды через поры бетона, испарением и разностью температур подводной и атмосферной частей бетонных сооружений.

Локальные минимумы амплитудой 124 мв наблюдались также на расстоянии 1 м от металлической колонны гидрологического поста.

Локальные аномалии небольшой протяженности создаются также небольшими металлическими предметами, которые даже невозможно обнаружить визуально. Амплитуда и протяженность аномалий в основном зависят от размеров и степени окисления металлических предметов в воде.

Как видим, естественное электрическое поле водоемов, каналов и рек имеет сложный характер и зависит от многочисленных факторов, некоторые из них рассмотрены здесь. В природе локальные поля не наблюдаются в «чистом виде», а накладываются друг на друга, затрудняя интерпретацию данных метода ЕП. Примером может служить график ЕП на рис. 4. На участке, где получен график ЕП, скорость

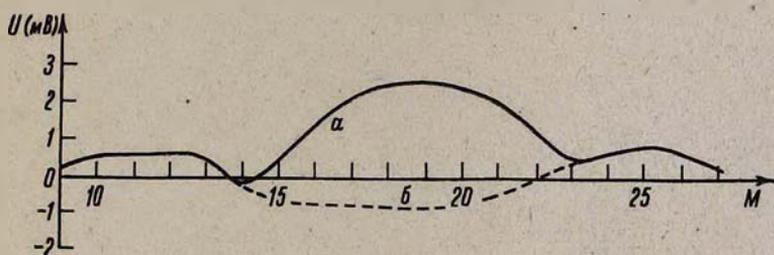


Рис. 4. Графики естественного электрического поля при наличии водорослей без поправки (а) и с поправкой (б) на биофизическое поле

воды составляла 0,6—0,7 м/с. Здесь должен был бы наблюдаться минимум естественного поля. Однако наличие на данном участке зеленых водорослей привело к тому, что на графике ЕП наблюдается максимум. Поэтому при проведении работ по методу естественного электрического поля в водоемах, каналах и реках необходимо особое внимание уделять описанию местонахождения подвижного электрода и выявлению причин, обуславливающих данные аномалии.

Ջրավազանների, գետերի և ջրանցքների տեղային բնական էլեկտրական դաշտի բնույթի մասին

Ջրավազաններում, գետերում և ջրանցքներում բնական էլեկտրական դաշտի ուսումնասիրման միջոցով լուծվում են մի շարք հիդրոերկրաբանական և ինժեներաերկրաբանական խնդիրներ: Այդ խնդիրների հաջող լուծման համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրել բնական էլեկտրական դաշտի տեղային անոմալիաներ առաջացնող պատճառները:

Հայտնի է, որ ջրային միջավայրում բնական էլեկտրական դաշտը պայմանավորված է դիֆուզիոն-ադսորբցիոն երևույթներով, հեղուկի մեխանիկական և ջերմային վիճակով (1, 2):

Բացի նշված պայմաններից, տեղական բնույթի բնական էլեկտրական դաշտի պատճառ հանդիսանում են ջրի արագության փոփոխությունը, տարրեր ջերմաստիճանի ջրերի խառնումը, ջրային միջավայրում աճող բույսերի առկայությունը, արհեստական կառույցները, մետաղային իրերի առկայությունը:

Բնական դաշտի միջոցով ուսումնասիրությունների ժամանակ, անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել շարժվող էլեկտրոդի գտնված վայրի նկարագրությանը, բացահայտել տեղային բնույթի անոմալիա առաջացնող պատճառները:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ А. С. Семенов, в кн.: Электроразведка методом естественного электрического поля, Недра, Л., 1974. ² А. А. Огильви, Гидротехническое строительство, № 12 1946. ³ Р. С. Минасян, К. А. Хачатрян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, № 3, (1973). ⁴ А. П. Краев, Основы геоэлектрики, Недра, Л., 1965. ⁵ Д. А. Хачатрян, Уч. зап. ЕГУ, № 2 (123), 1973. ⁶ Д. Кларксон, в кн.: Транспорт ионов и структура растительной клетки (пер. с англ.), Мир, М., 1978.

УДК 54.541.64+678.6/531.3

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

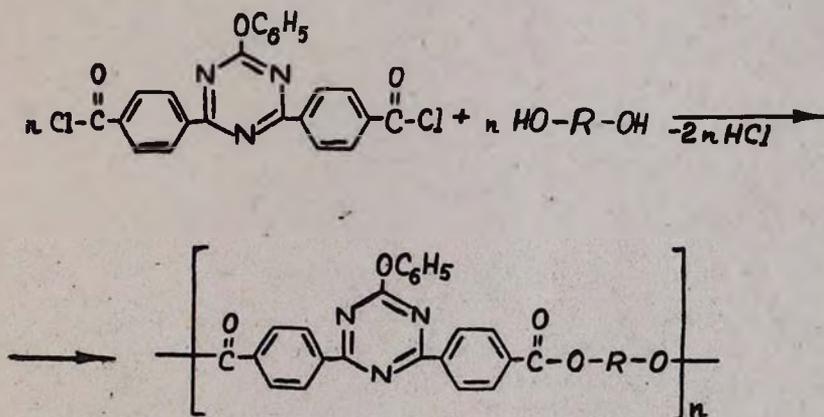
Э. С. Аванесян, В. К. Пыжов,
 В. Н. Заплишный, Г. М. Погосян

Кинетика высокотемпературной поликонденсации
симм-триазинсодержащего хлорангидрида и некоторых
бис-фенолов

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. Г. Мацюаном 13/XI 1985)

Ранее нами исследованы кинетические параметры высокотемпературной поликонденсации хлорангидрида 2-диэтиламино-4,6-*бис*(*n*-карбоксифеноксисимм-триазина с дианом (1). В изученной системе хлорангидрид содержит гетероатомы кислорода в положениях 4,6 триазинового цикла. Представлялось интересным изучить закономерности процесса поликонденсации хлорангидридов, не содержащих гетероатома в указанных положениях триазинового цикла.

Настоящая работа посвящена изучению кинетики высокотемпературной поликонденсации хлорангидрида 2-феноксисимм-триазина (ХФКТ) с дифенилолпропаном (Д), резорцином (Р) и фенолфталеином (Ф) в среде инертного растворителя дитоллилметана и в отсутствие акцептора хлористого водорода. Общий ход изучаемого процесса можно представить схемой:



где R—остатки бис-фенолов.

Поликонденсацию проводили при эквимольном соотношении хлорангидрид : *бис*-фенол, в случае Д—в температурном интервале 180—250°, а в случае Р и Ф—при 170 и 200°. Начальную скорость полиреакции определяли по выделяющемуся хлористому водороду, количест-

во которого определяли обратным титрованием. Зависимость выхода хлористого водорода во времени представлена на рис. 1.

Спрямление дифференциальных кинетических кривых в координатах уравнения второго порядка в интегральной форме (рис. 2) позволило определить константы скорости для рассмотренных температур (таблица). Найденные константы хорошо согласуются с данными о скоростях расхода исходных мономеров в процессе поликонденсации (рис. 3), что подтверждает общий второй порядок полиреакции.

Для определения частных порядков поликонденсацию проводили также при мольном соотношении ХФКТ:Д, равном 5:1; 2,5:1; 1:1; 1:2,5 и 1:10, и температуре 180° (рис. 4А). Найденные из данных рис. 4А значения начальных скоростей полиреакции позволили дифференциальным методом (2) в координатах $\lg V_0 - \lg a$ (рис. 4Б) определить частные порядки реакции по ХФКТ и Д, которые близки к единице, что также подтверждает общий второй порядок реакции.

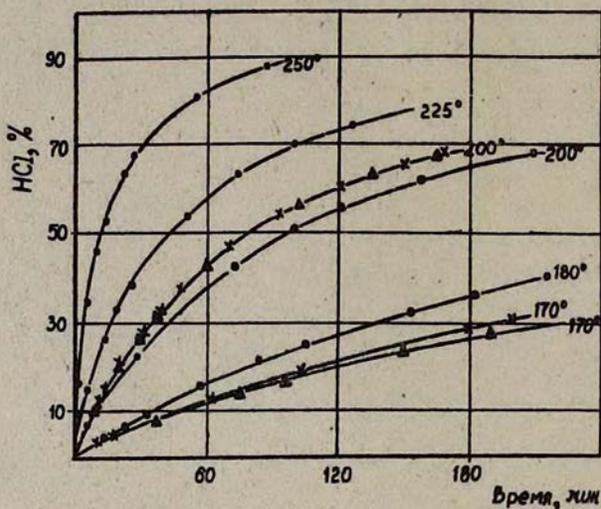


Рис. 1. Выход хлористого водорода в ходе поликонденсации ХФКТ с дифенилолпропаном (—●—), резорцином (пунктир с зачерненным треугольником) и фенолфталеином (—x—) при 170—250°

Кинетические и термодинамические параметры поликонденсации ХФКТ с бис-фенолами

Бис-фенол	Константы и начальные скорости полиреакции	Температура реакции, °C					E ^{акт} , кДж/моль	A, моль ⁻¹ ·л·с ⁻¹	ΔS ^{акт} , Дж/моль·К
		170	180	200	225	250			
Дифенилолпропан	K · 10 ³ моль ⁻¹ ·л·с ⁻¹	—	2,5	8,5	19,3	66,7	108,2	2,9 · 10 ⁸	-78,17
	V · 10 ⁶ моль·л ⁻¹ ·с ⁻¹	—	1,0	3,4	7,	26,7			
Резорцин	K · 10 ³ моль ⁻¹ ·л·с ⁻¹	1,73	—	10,6	—	—	105,6	4,0 · 10 ⁸	-92,0
	V · 10 ⁶ моль·л ⁻¹ ·с ⁻¹	0,69	—	1,24	—	—			
Фенолфталеин	K · 10 ³ моль ⁻¹ ·л·с ⁻¹	1,8	—	10,4	—	—	101,6	1,44 · 10 ⁸	-100,7
	V · 10 ⁶ моль·л ⁻¹ ·с ⁻¹	0,72	—	4,16	—	—			

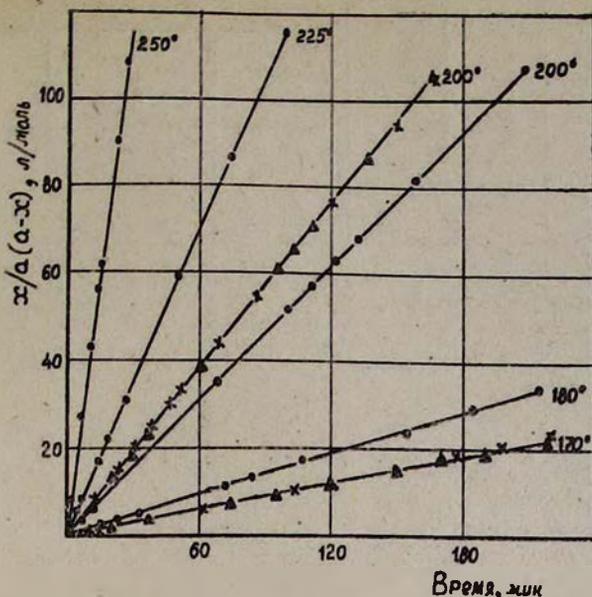


Рис. 2. Линеаризация интегральной формы кинетического уравнения второго порядка при поликонденсации ХФКТ с дифенилпропаном (—●—), резорцином (пунктир с зачерненным треугольником) и фенолфталеином (—х—)

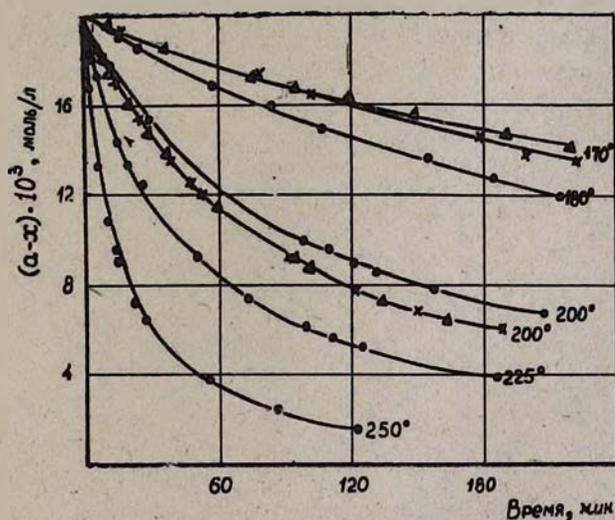


Рис. 3. Зависимость скорости расхода исходных при поликонденсации ХФКТ с Д (—●—), Р (пунктир с зачерненным треугольником) и Ф (—х—); начальная концентрация компонентов $a=0,02$ моль/л

На основании экспериментально найденных констант скорости поликонденсации определены энергия активации (E^*) и предэкспоненциальный множитель (A) уравнения Аррениуса, а также исходя

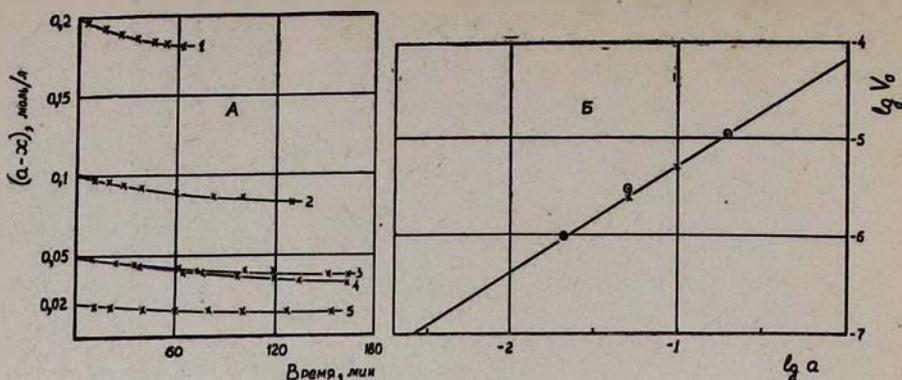


Рис. 4. А—Расход ХФКТ и Д во времени при 180° и соотношении исходных мономеров, равном 1 : 10; 5 : 1; 1 : 2,5; 2,5 : 1; 1 : 1 (кривые 1—5 соответственно); исходная концентрация мономеров $a = 0,02$ моль/л. Б—Линеаризация логарифмической формы кинетического уравнения второго порядка (порядок = 1,09)

из уравнений Эйринга и Аррениуса в рамках теории абсолютных скоростей⁽²⁾—энтропия переходного состояния (ΔS^\ddagger). Результаты сведены в таблицу. Сравнительно низкие значения ΔS^\ddagger согласуются с известными для реакций типа S_N2 .

Исходный ХФКТ синтезировали по методу⁽³⁾, бис-фенолы и дитолилметан очищали согласно^(4,5). Поликонденсацию и контроль за ее ходом осуществляли в точном соответствии с работой⁽¹⁾.

Таким образом, полученные результаты позволяют заключить, что изученная полиреакция имеет первый порядок по каждому из компонентов, общий второй порядок и протекает по механизму S_N2 .

Институт органической химии
Академии наук Армянской ССР

Է. Ա. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ, Վ. Կ. ՊԻՃՈՎ, Վ. Ն. ԶԱՊԻՇՆԻ, Գ. Մ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ

Սիմմ-տրիազին պարունակող փոքանհիդրիդի և մի ֆանի բիս-ֆենոլների բարձրջերմաստիճանային պոլիկոնդենսացման կինետիկան

Ուսումնասիրված է 2-ֆենոլսի-4-6-բիս(Ո-կարբոքսի-ֆենիլ)-սիմմ-տրիազինի բորանհիդրիդի և դիֆենիլօլպրոպանի, ռեզորցինի և ֆենոլֆտալեինի բարձրջերմաստիճանային պոլիկոնդենսացման կինետիկան և քննարկումը կինամիկական պարամետրերը: Հաստատված է, որ պոլիռեակցիան առաջին կարգի է յուրաքանչյուր կոմպոնենտի նկատմամբ, ընդհանուր կարգը երկրորդն է և ընթանում է S_N2 մեխանիզմով:

ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Յ Ո Ւ Ն

¹ В. К. Пыжов, В. Н. Заплишный, Г. М. Погосян, ДАН АрмССР, т. 77, № 1 (1983). ² К. Лейдер, Кинетика органических реакций, Мир, М., 1976. ³ Э. С. Аванесян, В. Н. Заплишный, Г. М. Погосян, Арм. хим. журн., т. 31, № 8 (1978). ⁴ Мономеры для поликонденсации, Мир, М., 1976. ⁵ Р. С. Величкова, В. В. Коршак и др., Изв. АН СССР. Сер. хим., № 4, (1969).

УДК 552.3 : 548.4

Д. С. Джербашян

Фазовые превращения в расплавных включениях и их интерпретация в приложении к магматической макросистеме

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Т. Асляняном 24/Х 1985)

Одним из основных положений, на которое опираются термобаро-геохимические исследования, является предположение о том, что температура гомогенизации включений близка к температуре их захвата и герметизации в растущих минералах (^{1,2} и др.). Близость этих температур не предполагает, однако, автоматического отождествления процессов, протекающих в захваченной минералом капельке минералообразующей среды, с одной стороны, и процессов в природных макросистемах—с другой. В частности, это касается температур и порядка выделения кристаллических фаз. Проведение таких аналогий между включением и магматической макросистемой (магматическим очагом, камерой, колонной и т. д.) при решении вопросов эволюции расплава требует осторожности и не всегда правомерно. При изучении вулканического комплекса Арагац нами получены данные, позволяющие провести сравнение путей кристаллизации расплава в упомянутых выше макро- и микросистемах.

Было проведено комплексное изучение расплавных, кристаллических и флюидных включений в минералах серии пород вулкана Арагац. Результаты этих исследований сведены в таблице. Ранее (³) указывалось на сближение составов расплавных включений и соответствующих пород по мере убывания основности последних. Естественно, что тенденция к сближению будет проявляться и в путях эволюции расплава в очаге и во включениях вследствие сужения области возможных вариаций состава исходной магмы и приближения ее к остаточной эвтектоидной. Это хорошо иллюстрируется фазовым превращением в захваченной капельке расплава и в самом маточном расплаве и их идентичности при кристаллизации андезитов, андезиито-дацитов и дацитов (таблица).

Состав расплава, однако, не единственный фактор, определяющий степень соответствия процессов, протекающих в описываемых макро- и микрообъектах. Важная роль в этом принадлежит температуре, понижение которой, очевидно, способствует сгущению неравнозначных изменений в этих объектах, а также давлению, точнее, не одинаковому его изменению (падению) в полости включения и в очаге в процессе кристаллизации. Вследствие незначительной сжимаемости кристалла-«хозяина» и герметичности включения кристаллизация в его полости происходит в условиях, близких к изохорическим. Кристалли-

Параметры фазовых превращений расплава

Порода и t°C кристаллизации	Минерал	Давление*, кбар	Порядок и t°C начала кристаллизации фаз**	
			Расплавные включения	Магматическая камера***
Базальт 1240—1170	Ol	5— 10—13	Ol ₁₂₄₀ —Pl, cPx _{1220—1190} —Sp ₁₁₇₀	Ol ₁₂₄₀ —Sp ₁₁₄₀ —Pl, cPx _{1220—1190}
	cPx	5	Ol, Pl ₁₁₉₀ —Sp ₁₁₇₀ центр Ol, Pl, Sp ₁₁₄₀ периферия	
Андезито- базальт 1180—1080	Ol cPx oPx	4,65—5	Ol, Sp ₁₁₈₀ —Pl, cPx ₁₁₆₀ Ol, Sp, Pl ₁₁₆₀ —oPx ₁₁₂₀ Sp, Pl, cPx ₁₁₃₀	Ol, Sp ₁₁₉₀ —Pl, cPx ₁₁₆₀ —oPx ₁₁₃₀
	cPx oPx		Mt, oPx, Pl ₁₁₅₀ Mt, cPx, Pl ₁₁₅₀	
Андезит 1150—990	cPx oPx	0,87	Mt, oPx, Pl _{1120—1130}	Mt, cPx, oPx, Pl _{1170—1130}
Андезито- дацит, дацит 1130—940	cPx oPx		Mt, cPx, Pl _{1120—1130}	

* Давление определялось по сингенетичным парам: существенно углекислотное включение—нормальное расплавное включение, на основании (5,6) и по способам (7,8)

** Диагностика минералов-узников проводилась в основном по оптическим свойствам и контролировалась единичными определениями на микрозонде.

*** При построении рядов кристаллизации минеральных фаз в магматической камере учтены температуры гомогенизации включений в минералах-вкрапленниках, их временные взаимоотношения с минеральными микровключениями, сингенетичность последних с теми или иными группами расплавных включений.

зацию же в объеме магматической среды даже в перерывах вулканической активности, в условиях спокойной тектонической обстановки, при отсутствии взламывания или проседания кровли магматической камеры, трудно описать каким-то определенным процессом: сверху он ближе к изохорическому, на глубине—к изобарическому. Результатом этого является «опережающее» падение давления во включении по сравнению с гидростатическим давлением магматического расплава на каком-то уровне в очаге, и это опережение будет тем больше, чем глубже произошел захват включения растущим кристаллом*. При вулканических извержениях возможна обратная картина, когда падение давления во включении будет запаздывать по сравнению с его падением в очаге. И в том и в другом случаях появляются возможности для несоответствия в путях эволюции расплава в макро- и микро-системах, вследствие разных соотношений термодинамических параметров в них.

* На начальных стадиях кристаллизации, особенно в системах, бедных летучими, это опережение обычно проявляется в более раннем обособлении флюидной фазы во включениях по сравнению с ее отделением от расплава в очаге.

В процессе нагревания первичных расплавных включений в ядерной зоне оливина* базальтов изученной серии начало плавления отмечается при 800° . В образовавшейся капельке расплава первым растворяется и исчезает шпинелид (1170°), затем пироксен с плагиоклазом ($1190\text{—}1220^{\circ}$). Гомогенизация наступает при 1240° с одновременным растворением оставшихся минералов-узников оливина и газовой фазы. В соответствии с этими данными шпинелид должен считаться наиболее поздней кристаллической фазой при формировании базальтов.

Однако в том же оливине присутствуют первичные кристаллические включения шпинелида, сингенетичные как с высокотемпературными ($t_{\text{гом}} - 1240^{\circ}$), так и с более низкотемпературными расплавными включениями. Исходя из этого, шпинелид безусловно один из ранних (вместе с оливином) минералов с температурой начала выделения 1240° . Есть все основания считать эти данные надежными, так как именно они непосредственно отражают пути кристаллизации в очаге. Различия в фазовых превращениях расплава в магматическом очаге и в полости включения отмечаются, как видим, и в температурах ($\Delta t - 70^{\circ}$) и в очередности выделения минеральных фаз.

Кристаллизация оливина базальтов происходила при давлениях 5—10—13 кбар (нижний предел рассчитан по сингенетичным парам существенно-углекислотных и расплавных включений в более позднем клинопироксене, верхний (10—13 кбар) условно оценивался по глубине магматического резервуара (30—40 км), которая определялась по термомагнитным свойствам основных лав (4)), выделение же оливина андезитобазальтов происходило при значительно меньших давлениях (4,65—5 кбар). При сопоставлении фазовых превращений расплава включений в оливине андезитобазальтов и магматической камеры (см. таблицу) не обнаруживается никаких существенных расхождений, наличие же их на этапе кристаллизации оливина базальтов обязано, на наш взгляд, высокому давлению.

Что касается клинопироксена базальтов, кристаллизация которого по своим барическим характеристикам занимает промежуточное положение между оливином базальта и андезитобазальта, то здесь выявлены две группы включений: включения в ядерной зоне клинопироксена по своим фазовым переходам в процессе нагревания близки включениям в оливине базальтов и не отражают действительного хода кристаллизации в очаге; включения промежуточных и периферийных зон роста своим поведением сближаются с расплавными включениями в минералах андезитобазальтов и повторяют завершающий отрезок пути эволюции расплава в магматической камере.

Давление в 5 кбар, измеренное по существенно-углекислотным включениям в промежуточных зонах роста клинопироксена, вероятно, представляет собой своеобразный барьер в изученной серии по-

* Оливин кристаллизовался на этапе формирования базальтов и андезитобазальтов, о чем свидетельствуют данные Ю. Г. Гукасяна (а): содержание Fe в оливине не превышает 74,4—80,8%; отношения $MgO/MgO+FeO$ в оливинах и оливинсодержащих породах близки.

род, определяющий степень соответствия друг другу фазовых переходов описываемых макро- и микросистем.

Реконструкция физико-химических параметров кристаллизации в магматической системе на основе данных по фазовым превращениям в расплавленных включениях наиболее достоверна для условий сравнительно низких температур и давлений; с возрастанием этих параметров, а также основности пород вероятность расхождения путей кристаллизации в макро- и микросистемах увеличивается.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Գ. Ս. ԶՐԲԱՇՅԱՆ

Փուլային վերափոխումները հալոցքային ներփակումներում և նրանց մեկնաբանման կիրառումը մագմատիկ մակրոհամակարգերում

Մագմատիկ օջախում հալոցքային ներփակումներում հալոցքի բյուրեղացման ընթացքի պարզաբանման նպատակով կատարվել են Արագածի մի քանի հրաբխածին ապարների միներալների հալոցքային, բյուրեղային և գազային ներփակումների կոմպլեքսային ուսումնասիրություններ: Յուրջ է տրված, որ ընդհանուր առմամբ օջախում և ներփակումներում մագմատիկ հալոցքի շարժացման ուղիները կարող են տարբերվել ինչպես նույնանուն միներալների անջատման սկզբնական ջերմաստիճանով, այնպես էլ իրենց բյուրեղացման հաջորդականությամբ:

Նման շեղումների բերող հիմնական գործոնը ճնշման ավելի արագ անկումն է հալոցքային ներփակումներում, քան օջախում:

Մագմատիկ օջախի էվոլյուցիայի ընթացքի վերականգնումը ներփակումներում ներկայացված միներալների վարքի հիման վրա, համենայն դեպս ուսումնասիրված ապարների համար, կիրառելի է միայն օջախում համեմատաբար ցածր (5 կրարից ցածր) ճնշումների դեպքում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ И. Т. Бакуненко, С. С. Коляго, В. С. Соболев, ДАН СССР, т. 176, № 5 (1967). ² Магматогенная кристаллизация по данным изучения включений расплавов, Наука, Новосибирск, 1975. ³ И. Т. Бакуненко, А. И. Чепуров, В. П. Чупин, в кн.: Гепетическая минералогия по включениям в минералах, Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1978. ⁴ I. Bagin, Ju. G. Gukasyan, G. N. Fetova e. a., Pubes. Inst. Geoph. Pol. Ac. Sci., С—1(102) (1976). ⁵ М. П. Вукалович, В. В. Алтуни, Теплофизические свойства двуокиси углерода, М., Атомиздат, 1966. ⁶ К. И. Шмулович, В. М. Шмонов, Геохимия, №4 с. 551 (1975). ⁷ В. Л. Барсуков, Л. Н. Козарко, В. П. Романчев, Геохимия, №12, с. 1816—1841 (1961). ⁸ E. Roedder, Amer. Mineralogist, v. 50, № 10 (1965). ⁹ Ю. Г. Гукасян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 30 № 1 (1977).

СТРАТИГРАФИЯ

УДК 551.781.4

Г. У. Мелик-Адамян

Новые данные о плиоценовых наземных позвоночных
Армянской ССР

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Т. Асланяном 23/1 1985)

До недавнего времени все сведения о плиоценовых наземных позвоночных Армении ограничивались упоминанием об остатках *Mustella filholi* Gaud., *Putorius* sp., *Hipparion* sp., *Tragoceras* sp., *Lepus* sp., *Gerbillus* sp., *Rhinoceros etruscus* Falc., найденных в конце двадцатых годов П. П. Гамбаряном из диатомитов у с. Нурнус, в бассейне среднего течения р. Раздан^(1,2). Эти остатки, за исключением гиппарионов (*Hipparion* sp.), монографически не описывались и, к сожалению, не сохранились.

В результате специальных палеонтологических поисков, проведенных в последние годы автором в озерных отложениях, в 1 км северо-восточнее с. Нурнус Абовянского р-на, обнаружены ископаемые остатки млекопитающих, птиц, бесхвостых земноводных, ящеров, змей и черепах. Здесь, в северо-восточной части циркообразного оврага, имеется небольшой выход плиоценовых отложений. Ниже приводим описание разреза (сверху вниз).

1. Почвенно-растительный слой. Мощность 0,1—0,5 м.
2. Светло-серые диатомовые глины. Мощность 0,2—1 м.
3. Светло-серые, алевритистые глины с многочисленными валунами и неокатанными обломками эффузивов. Мощность 0,2—1 м.
4. Желтовато-зеленые песчано-алевритистые комковатые глины. Мощность 0,3 м.
5. Светло-серые песчано-алевритистые породы, содержащие в нижней части неокатанные обломки эффузивов. Мощность до 0,3 м.
6. Костеносный горизонт—светло-серые смешанные алевро-глинистые образования, содержащие примесь диатомей, а также валуны и глыбы роговообманкового андезита. Последние участками обильны. Видимая мощность 0,7 м.

Костеносный горизонт приклонен к роговообманковым андезитам, содержащим ксенолиты габброидов. Упомянутые лавы, абсолютный возраст которых 5—6 млн. лет, по всей видимости, окаймляли побережье Нурнусского палеозера. Согласно полевым наблюдениям ряда исследователей свита глинисто-диатомовых отложений Нурнуса перекрывается потоком базальтовых лав, абсолютный возраст которых 1,8 млн. лет⁽³⁾. По наблюдениям А. Т. Асланяна, диатомовые отложения в окрестностях местонахождения (в правобережной части р.

Раздан) подстилаются обратно намагниченными долеритовыми базальтами (абс. возраст 3,5 млн. лет), которые в свое время создали запруды для Нурнусского палеоозера (4).

Остеологический материал распределен в слое 6 довольно дисперсно и неравномерно. Сохранность материала хорошая, окатанность отсутствует. Найдены отдельные фрагменты челюстей и черепов с сохранившимися тонкими частями. Все это свидетельствует о незначительной транспортировке костного материала. Таким образом, местонахождение, по всей видимости, формировалось в спокойной гидродинамической обстановке.

Мелкие млекопитающие представлены различными частями посткраниального скелета, фрагментами нижних и верхних челюстей, изолированными зубами. Многочисленны также обломки панцирей черепах. Реже встречаются кости птиц, остатки лягушек, змей и ящериц. Нужно отметить, что это первые находки ископаемых остатков птиц, амфибий, ящериц, змей и черепах из плиоцена Армянской ССР.

Из ископаемых амфибий установлено присутствие лягушки (*Rana* sp.). Пресмыкающиеся представлены следующими формами: *Mauromys* sp., *Ophisaurus* sp., *Colubridae* gen. indet., *Eryx* sp., *Vipera* sp. (определения В. М. Чхиквадзе).

Из ископаемых птиц установлены представители семейств Podicipedidae, Phasianidae, Anatidae и мелких птиц из отряда Passeriformes (определение Е. Н. Курочкина).

Из глинисто-диатомовых отложений Нурнуса определены следующие остатки мелких млекопитающих:

Стряд Insectivora—Soricidae gen. (1 экз.).

Отряд Lagomorpha—1) *Ochotona* ex gr. antiqua Pidoplichko (56 экз.)

2) „*Allilepus*“ *gambariani* sp. nov. (10 экз.).

Отряд Rodentia — 1) *Cricetidae* ex gr. *Polonomys* (2 экз.),

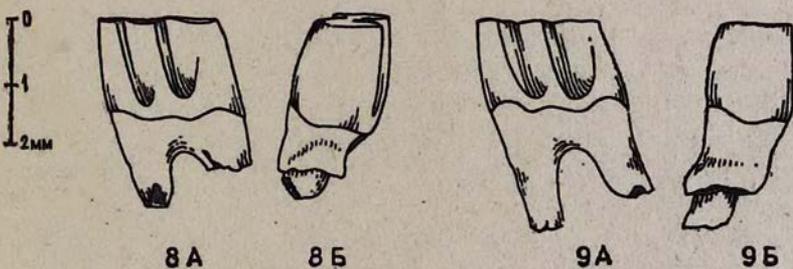
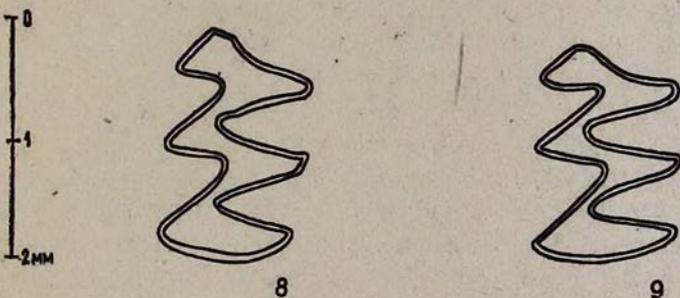
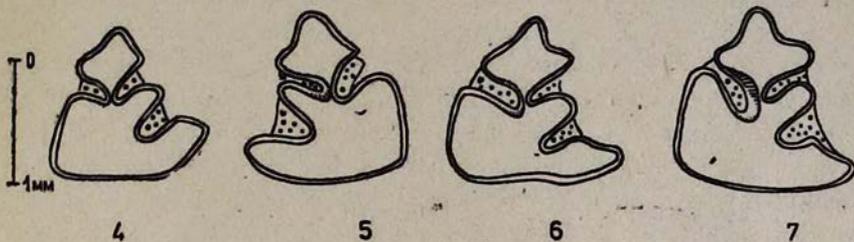
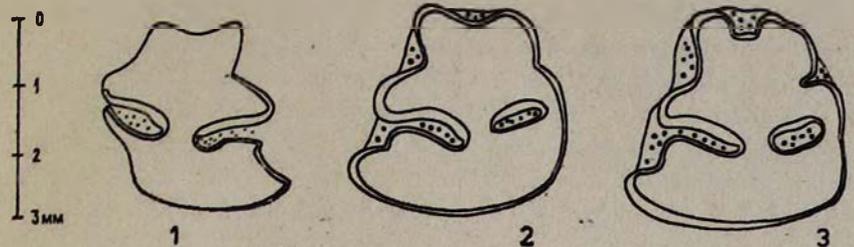
2) *Microspalax* sp. (1 экз.).

Были также найдены малочисленные остатки крупных млекопитающих из отрядов Carnivora и Artiodactyla.

Как видно из приведенного списка, для нурнусской фауны мелких млекопитающих характерно преобладание зайцеобразных (95% от всего сообщества) и отсутствие настоящих полевок (*Microtinae*).

Среди всей микротериофауны самая высокая относительная численность у пищух (*Ochotona*). Коронарная длина зубного ряда нижней челюсти у нурнусских пищух варьирует от 6,6 до 7,8 мм, толщина в области симфиза 2,9—3,1 мм, высота у M_1 с внешней стороны 4,3—6,3 мм. По абсолютным размерам нижней челюсти, а также по строению первых предкоренных нижних зубов (таблица, рис. 4—7) пищуху из Нурнуса можно отнести к виду *Ochotona* ex gr. antiqua Pidoplichko. Этот вид впервые описан из верхней части отложений кучурганского яруса бассейна среднего течения р. Кучурган Одесской об. (5). Он известен также из ряда плиоценовых местонахождений (Трудомировка—1, Трудомировка—2, Этулия в Молдавии, Антиповка, Чугуновка в бассейне среднего Дона (6)).

Остатки ископаемого зайца выделены как новый вид «*Allilepus*» *gambariani* sp. nov. Вид назван в честь покойного П. П. Гамбаряна.



Особенности строения зубов мелких млекопитающих из местонахождения Нур-нус: 1—3—жевательная поверхность нижнего предкоренного P_3 зайца; 4—7—жевательная поверхность нижнего предкоренного P_3 пищухи; 8, 9—жевательная поверхность M_2 полёквидного грызуна; 8А, 9А—вид сбоку тех же зубов; 8Б, 9Б—вид сзади

Характерной особенностью этого вида является наличие изолированного эмалевого островка (марки) на жевательной поверхности первого нижнего предкоренного зуба P_3 (таблица, рис. 1—3). Этот признак наблюдается на всех четырех премолярах нашей коллекции, принадлежащих разновозрастным особям, от очень молодых до старых. Остатки представителей рода *Alilepus* известны из нескольких верхнемиоцен-плиоценовых местонахождений Молдавии, Украины (Одесские катакомбы), Монголии, Китая. «*Alilepus*» из Нурнуса является самой южной находкой данного рода на территории СССР.

Близкий по строению вид, который И. В. Топочевский относит к североамериканскому роду *Pratilepus*, был описан из кучурганских отложений в районе села Фрунзовка и Анастасиевка Одесской области (7).

Из грызунов большой интерес вызывает полевковидный крицетид, представленный двумя нижними зубами M_2 (таблица, рис. 8,9). Зубы отличаются сравнительно большими размерами ($1,85 \times 1,1$ мм : $1,95 \times 1,2$ мм) и низкой коронкой. У описываемых экземпляров высота коронки меньше ее длины. Один из экземпляров принадлежит более молодой особи. Коронка у него заметно сужается кверху. Оба моляра имеют по два хорошо развитых корня. Задний корень более широкий и плоский. Противлежащие дентиновые треугольники жевательной поверхности соединяются между собой. Слияние дентиновых полей лучше выражено у первой пары противлежащих треугольников. Выходящие углы жевательной поверхности с внутренней стороны развиты лучше. Цемент во входящих углах отсутствует. Дентиновые траки на коронке зуба не развиты (таблица, рис. 8А, 9А). Все вышеперечисленные признаки, в особенности отсутствие дентиновых траков, говорят о значительной архаичности этой формы. Это позволяет отнести нурнусского хомякообразного к древним группам. Подобное строение имеют представители родов *Polonomys* и *Ischymomys*, возрастное распространение которых ограничивается поздним миоценом—верхами нижнего плиоцена (8—10).

Нурнусскую фауну мелких млекопитающих можно сопоставить с фауной Чугуновки и Антиповки на Русской равнине, Кучургана в Молдавии, Малуштени в Румынии, Подлясице в Польше и Вендарка во Франции. В Малой Азии с Нурнусом, по всей видимости, можно сопоставить местонахождения Центральной - Анатолии Динар-Ахчакой, Бабадат и Эльбистан (11).

Таким образом, анализ нурнусской микротериофауны позволяет отнести ее к ранним стадиям молдавского фаунистического комплекса. На это указывает также абсолютное преобладание зайцеобразных и отсутствие настоящих полевок. В развитых молдавских фаунах уже появляются корнезубые полевки из родов *Dolomys*, *Miomomys* *Pliomys* (12).

Все это позволяет отнести нурнусскую микротериофауну глинисто-диатомовых отложений ко второй половине нижнего плиоцена. По мнению Л. К. Габуния, такая трактовка, в целом, не входит в противоречие с возрастом крупных млекопитающих, обнаруженных П. П.

Гамбаряном (4). Новые находки мелких позвоночных значительно повышают надежность возрастной датировки озерных отложений Нурнуса, а также уточняют время формирования подстилающих и перекрывающих их лавовых потоков.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Հ. Հ. ՄԵԼԻՔ-ԱՌԱՄՅԱՆ

Նոր տվյալներ Հայաստանի պլիոցենի բրածո ողնաշարավորների մասին

Վերջին տարիներին ԱրոՎյանի շրջանի նուռնոա գյուղի շրջակայքում մերկացող լճային նստվածքներում հեղինակը հայտնաբերել է բրածո կաթնասունների, թռչունների, գորտերի, մողեսների, օձերի և կրիաների մնացորդներ:

Նշված բրածոների հայտնաբերումը, բացառությամբ որոշ կաթնասունների, առաջինն է Հայաստանի պլիոցենից:

Կավա-դիատոմիտային շերտախմբում հայտնաբերված մանր կաթնասունների ուսումնասիրության հիման վրա ապացուցվում է ներփակող ապարների ստորին պլիոցենի վերին մասի հասակը: Ճշտվում է նաև այդ շերտախմբը շրջափակող լավային հոսքերի հասակային սահմանները:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ П. П. Гамбарян, Сб. науч.-исслед. тр. НИИС при СНК ССР Армения, Ереван, 1934. ² В. В. Богачев, Тр. АН АзССР. Геол. сер., т. 9, № 39 (1938). ³ С. Г. Карапетян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 21, № 1—2 (1968). ⁴ А. Т. Асланян, Г. П. Багдасарян, Л. К. Габуния и др., Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 35, № 1 (1982). ⁵ А. И. Аргиропуло, И. П. Пидопличко, ДАН СССР, т. 35, № 7 (1939). ⁶ А. К. Агаджанян, М. А. Ербаева, Позднекайнозойские грызуны и зайцеобразные территории СССР, Наука, М., 1983. ⁷ И. В. Топочевский, Вест. зоологии АН УССР, № 5, 1980. ⁸ Р. В. Красненков, А. К. Агаджанян, ДАН СССР, т. 226, № 2 (1980). ⁹ И. М. Грозов, И. Я. Поляков, Фауна СССР. Млекопитающие, т. 3, вып. 8, Наука, Л. (1977). ¹⁰ А. В. Топочевский, А. Ф. Скорик, Л. И. Рековец, Вестн. зоологии АН УССР, № 2, 1978. ¹¹ О. Зикенберг, Г. Тобиен, Бюл. комиссии по изучению четвертичного периода, Наука, М., № 47 (1977). ¹² А. И. Шевченко, в кн.: Стратиграфическое значение антропогенной фауны мелких млекопитающих, Наука, М., 1965.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 577.113.083

Н. С. Амбарцумян, В. Г. Чичян, К. О. Чилингарян,
В. Ш. Меликсетян, Ж. И. Акопян, академик АН Армянской ССР Э. Г. АфрикянИзменения спектра экстрахромосомальных ДНК культур
Bacillus thuringiensis серотипа Н-14 в зависимости от
стадии развития

(Представлено 24/VII 1986)

Благодаря способности продуцировать параспоральный кристалл (δ -эндотоксин), обладающий инсектицидной активностью, спорообразующие бактерии *Bacillus thuringiensis* в настоящее время широко употребляются для биологической борьбы с насекомыми-вредителями. Большая часть исследованных штаммов *B. thuringiensis* патогенна для личинок насекомых отряда чешуекрылых (¹). Исключение составляет δ -эндотоксин, продуцируемый штаммами серотипа Н-14 *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* и сильно токсичный против личинок комаров и мошек (²). Общим свойством культур *B. thuringiensis* является наличие в клетках экстрахромосомальных плазмидных ДНК, сильно различающихся по молекулярным массам (^{3,4}). В некоторых случаях было показано наличие в составе высокомолекулярных плазмид гена, кодирующего δ -эндотоксин (^{5,6}).

Молекулярное клонирование последовательностей, кодирующих δ -эндотоксин, показало, что в некоторых штаммах ген локализован на плаزمиде, а в случаях штаммов других серотипов, например, *B. thuringiensis* subsp. *berlineri*, как в составе хромосомы, так и на плазмиде (⁷⁻¹¹). Анализ ряда штаммов *B. thuringiensis* показал множественную локализацию и дивергенцию генов δ -эндотоксина, а также существенные различия как по уровню, так и по спектру энтомопатогенной активности (^{8,10,12}). Характерным для культур *B. thuringiensis* является также появление параспорального кристалла только на стадии споруляции культуры (¹³). Полученные данные указывают на сложный характер регуляции активности генов δ -эндотоксина у разных штаммов *B. thuringiensis*.

Возможным вариантом регуляции активности гена может быть увеличение дозы гена, что позволит в ограниченное время продуцировать большее количество белка, необходимое для формирования кристалла.

Для выяснения такой возможности мы изучили спектр экстрахромосомальных ДНК *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* на разных стадиях развития синхронизированной культуры бактерий. Для бактерий серотипа Н-14 показана локализация гена δ -эндотоксина на одной из

высокомолекулярных плазмид (¹⁴), поэтому особое внимание привлекает их поведение в процессе развития бактерий.

В работе использованы два штамма серотипа Н-14 *B. thuringiensis* из коллекции Института микробиологии АН АрмССР (ИНМИА): ИНМИА-1125 (типовой штамм, полученный из Института Пастера, Париж) и оригинальный штамм ИНМИА-477, описанный нами ранее (¹⁵).

Синхронизированные бактерии выращивались в глубинных условиях в конических колбах (250 мл) по 20 мл в среде, содержащей (г/л): гидролизат рыбный—20,0 $MnSO_4$ —0,002, рН 7,2. Культуры инкубировались на круговой качалке 250 об./мин при 30°. Пробы отбирали через определенные промежутки времени. Одновременно проводили микроскопию пативных препаратов в фазово-контрастном микроскопе для определения стадии развития культуры. Выделение плазмидных ДНК проводили по методу (¹⁶) с модификациями (⁴).

Анализ плазмидных ДНК проводили электрофорезом в 0,7%-ном агарозном геле (18×18×0,3) в буфере 40 мМ трис CH_3COOH , 50 мМ CH_3COONa , 1 мМ ЭДТА, рН 7,4, 16 ч при 30 В. После окрашивания геля бромидом этидия (0,5 мкг/мл) молекулы ДНК визуализировали по их свечению в ультрафиолетовом свете.

Ранее в прямых экспериментах по клонированию гена δ -эндотоксина из *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* (¹⁴) было показано, что ген δ -эндотоксина локализован в Hind III фрагменте плазмиды с молекулярной массой 72—75 MD. В связи с выяснением вопроса о механизмах регуляции активности генов, кодирующих эндотоксин, мы проследили за поведением высокомолекулярных плазмид *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* на различных стадиях развития культуры. Одновременно исследовались два штамма серотипа Н-14. Синхронизированные культуры двух штаммов—ИНМИА-1125 и ИНМИА-477—подращивались в одинаковых стандартных условиях. Через определенные промежутки времени отбирали пробы для фазово-контрастной микроскопии с целью определения стадии развития культуры. Пробы отбирались через 5, 9, 13, 17, 21 ч с начала развития культуры. В случае обоих штаммов при макроскопии точек через 5, 9, 13 ч наблюдались вегетативные клетки, часто в цепочках по две-три клетки, с гомогенным содержанием. 17-часовые пробы содержали вегетативные клетки в начале споруляции, с гранулированным содержимым, в отдельных случаях (штамм ИНМИА-477) наблюдалось образование кристаллов и спор. В пробах, отобранных на 21-ом ч развития культур, наблюдались спорующие клетки с включениями; в случае штамма ИНМИА-477 встречались частично выпавшие споры. Мы предполагаем, что скорость развития штамма ИНМИА-477 несколько выше, чем типового штамма ИНМИА-1125, однако количественные расчеты темпов роста и развития культур не проводились.

Одновременно с микроскопией в те же моменты времени отбирались пробы для выделения плазмидных ДНК. Для выделения отбиралось примерно одинаковое количество клеток, определяемое по оптической плотности культур при 650 нм.

На рисунке приведены электрофореграммы гелей, содержащих плазмидные ДНК, выделенные на различных стадиях развития культуры. Видно, что между штаммами наблюдаются определенные различия. В случае штамма ИНМИА-1125 (рисунок а) на всех стадиях развития выявляется один и тот же спектр плазмидных ДНК.



Электрофоретическое разделение экстрахромосомальных ДНК клеток *B. thuringiensis*, выделенных на 5, 9, 13, 17 и 21 ч развития культур: а—штамм ИНМИА-1125; б—штамм ИНМИА-477

В плазмидном спектре штамма ИНМИА-477 (рисунок б) наблюдаются некоторые изменения. Если в случае плазмидных ДНК, выделенных на более поздних стадиях, обнаруживается или одна, или две полосы ДНК в зоне фореза, где локализируются высокомолекулярные ДНК, то при выделении плазмид на ранних стадиях развития культуры (5 ч) высокомолекулярные плазмиды не обнаруживаются. Тот факт, что для выделения плазмидных ДНК всякий раз отбиралось одинаковое количество клеток, указывает на то, что наблюдаемое различие не является артефактом.

Мы предполагаем, что в исследованном нами штамме ИНМИА-477

во время вегетативной фазы развития культуры, в период подготовки клеток к споруляции и синтезу δ -эндотоксина, происходит амплификация плазмиды, несущей ген δ -эндотоксина. Возможно, такая амплификация необходима для обеспечения массивного синтеза белка эндотоксина во время образования кристалла.

Следует отметить, что наблюдаемые различия в поведении высокомолекулярных плазмид коррелируют со степенью токсичности штаммов: препараты δ -эндотоксина из штаммов ИНМИА-477 примерно в 50 раз токсичнее для личинок двукрылых по сравнению с типовым штаммом ИНМИА-1125 (17).

Изменения в количестве копий плазмидной ДНК были показаны ранее для *B. thuringiensis* subsp. *galleriae*, выращиваемых в различных питательных средах (18), что указывает на нестабильное состояние плазмид, несущих ген δ -эндотоксина.

Дивергенция генов δ -эндотоксина (10), локализация их как на высокомолекулярных плаزمидах, так и на хромосомной ДНК (8), недавнее обнаружение в окружении гена повторяющихся обращенных последовательностей (11,12), а также различная активность токсинов у разных штаммов,—все это указывает на сложный характер регуляции активности δ -эндотоксина в клетках. Подтверждением сказанного являются также данные, полученные при экспрессии генов δ -эндотоксина в *E. coli*. Уровень экспрессии генов в *E. coli* значительно ниже, чем у исходного штамма бацилл (8,9). Это также указывает на то, что в клетках *Bacillus thuringiensis* имеются дополнительные системы регуляции, приводящие к аномально высокому уровню экспрессии белка. Одной из таких систем может быть амплификация плазмиды, несущей структурный ген δ -эндотоксина.

Мы предполагаем, что нам удалось обнаружить подобный механизм регуляции активности гена δ -эндотоксина в случае штамма ИНМИА-477.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР
Институт микробиологии
Академии наук Армянской ССР

Ն. Ս. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, Վ. Գ. ՉԻՉՅԱՆ, Կ. Օ. ՉԻԼԻԳԱՐՅԱՆ,
Վ. Շ. ՄԵԼԻՔՍԵՅԱՆ, Ժ. Ի. ՀԱԿՈՐՅԱՆ, Է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ

***Bacillus thuringiensis* H-14 սերոտիպի կոպտուրայի էֆաուրաֆրոմոսումալ ԴՆԹ սպեկտրի փոփոխությունները՝ կախված զարգացման փուլից**

Նկարագրված է *Bacillus thuringiensis* H-14 սերոտիպի շտամների էֆաուրաֆրոմոսումալ ԴՆԹ-ի սպեկտրի կապը կոպտուրայի զարգացման փուլից: Ցույց է տված δ -էնդոտոքսինի գենը պարունակող բարձրմոլեկուլյար պլազմիդների տարբերությունը: Առաջարկված է δ -էնդոտոքսինի գենի ակտիվության կարգավորման հնարավոր մեխանիզմներից մեկը:

- ¹ L. J. Goldberg, J. Margalit, Mosquito News, v. 33 (1977). ² H. De Barjac, Entomophaga, v. 286 D (1977). ³ Р. А. Захарян, Ю. С. Исраелян, А. С. Агабалян и др. Микробиология, т. 23, вып. 2 (1979). ⁴ D. Lereclus, M. M. Lecadet, J. Riblier e. a. Mol. Gen. Genet., v. 186 (1992). ⁵ J. M. Jr. Gonzales, H. T. Dulmage, A. C. Carlton, Plasmid, v. 5 (1981). ⁶ H. Kamdar, K. Gayazaman, BBRC, v. 110, № 2 (1983). ⁷ G. A. Held, L. A. Bulla, E. Jr. Ferrari e. a., PNAS, v. 79 (1982). ⁸ A. F. Kiler, F. Fargette, J. Riblier e. a., EMBO J., v. 1 (1982). ⁹ H. Schnepf, H. R. Whiteley, PNAS, v. 78 (1981). ¹⁰ D. Lereclus, M. M. Lecadet, A. Kiler e. a., Biochimie, v. 67 (1985). ¹¹ J. W. Kronstad, H. R. Whiteley, J. Bacteriol., v. 160 (1984). ¹² J. W. Kronstad, H. E. Schnepf, H. R. Whiteley, J. Bacteriol., v. 154 (1983). ¹³ L. A. Bulla, K. J. Kramer, L. I. Davidson, J. Bacteriol., v. 130 (1977). ¹⁴ E. S. Ward, J. D. Ellar, J. A. Todd, FERS-letters, v. 175, №2(1984). ¹⁵ Н. С. Амбарцумян и др. Тезисы II респ. конф. посвященной пробл мам физ.-хим. биол., Ереван, 1986. ¹⁶ H. C. Birnboim, J. Doly, Nucl. Acids. Res., v. 7 (1979). ¹⁷ Заявка № 3789163/28—14. Приоритет от 14.08.84 г., решение о выдаче авторского свидетельства от 26.02.85 г. ¹⁸ L. M. Ermakova, F. P. Galushka, A. Y. Strongin e. a., J. Gen. Microbiol., v. 107 (1978).

