

ISSN 0002-3078

АЗЕРБАЙДЖАН ССР ЕЛМЛӨР АКАДЕМИЈАСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

# МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXV ЧИЛД

1979 • 7

*MB*

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Просмотрев издание,  
укажите номер  
читательского билета  
и код категории  
читателя.

(Пример: 325/ЗЕ1.)

ния об оригинальных, нигде не пе-  
й, представленные академиками АН  
тветственность за научные достии-

и, механически разделенные на ряд  
тера, без новых фактических сооб-  
фактических данных, статьи с опи-  
выводов и обобщений, чисто мето-  
ется принципиально новым, а также  
исключением описания особо инте-

л «ДАН Азерб. ССР» принимает  
ет их публикацию в установленные

или отклонение статьи редакцией  
она не согласуется с требованиями  
е публикации в других изданиях.

ГОРОВ

СР» просит авторов руководство-  
торы ознакомиться с ними предиде,

вил, к рассмотрению не принима-

ы иметь представление члена АН  
буется (см. выше).

зление редакцией не принимаются.

Единственным поводом для вы-  
жность сообщения и соображений  
ние редколлегии.

ленные статьи на рецензию.

одного автора в год. Это правило

иков Академии наук Азерб. ССР.

рый следует поместить статью, а

тичной классификации (УДК). К

ат в двух экземплярах, предназна-

лов ВИНТИ.

ние учреждения, в котором выпол-

полный почтовый адрес и номер

ить лицо, с которым редакция бу-

не означает, что статья принята

опись вновь рассматривается ред-

уть вместе с первоначальным эк-

ния. Датой поступления считается

атьи.

щие не более 1/4 авторского листа

жст, таблицы, библиография (не

не должно превышать четырех.

не вклейки на мелованной бумаге.

не увеличения. Штриховые ри-

ются, а даются на кальке. Текст

кземплярах. Повторение одних и

опустимо. Рисунки должны быть

ты передачи всех деталей. Фото-

и к рисункам должны быть напе-

ельной странице. На обороте ри-

торов, название статьи и номер

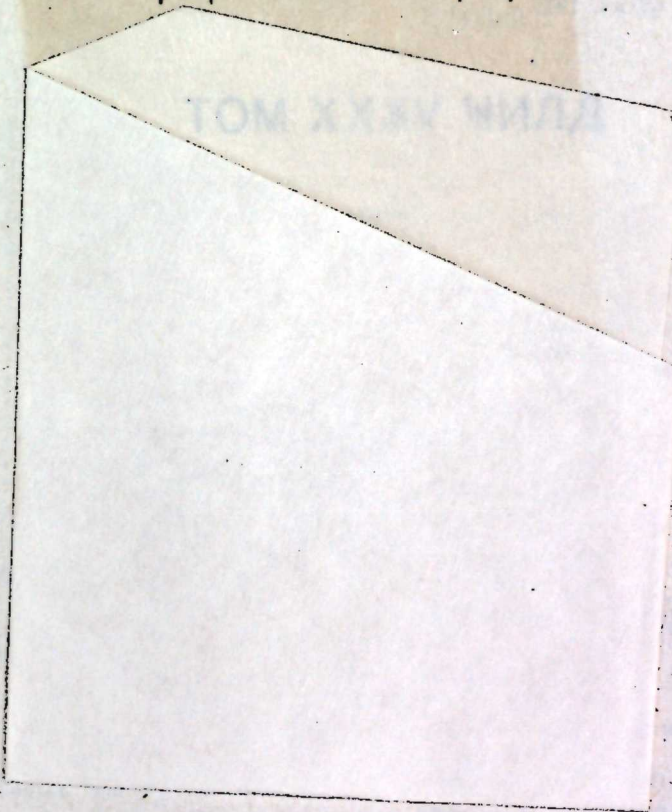
рисунка.

9. Текст статьи печатается на белой бумаге через два интервала на одной сторо-  
не листа стандартного размера, с полями с левой стороны (не более 28 строк на  
одной странице по 58—60 знаков в строке). В тексте нельзя делать рукописные  
вставки и вклейки.

Статьи, напечатанные на портативной машинке, не принимаются.

11-168  
АЗЕРБАЙДЖАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

# МӘ'РУЗЭЛӘР ДОКЛАДЫ



«ЕЛМ» НӘШРИЈАТЫ—ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭЛМ»  
БАКЫ—1979—БАКУ



УДК 517.944

МАТЕМАТИКА

М. М. САБЗАЛИЕВ

АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ  
ОДНОХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО  
УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. И. Гусейновым)

В полосе  $\Pi = \{(x, y) : 0 \leq x \leq 1, -\infty < y < +\infty\}$  рассматривается следующая краевая задача с малым параметром  $\varepsilon > 0$

$$L_\varepsilon u \equiv \varepsilon^2 \frac{\partial}{\partial x} (\Delta u) - \varepsilon \Delta u + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} + au = f, \quad (1)$$

$$u|_{x=0} = 0, u'|_{x=1} = 0, \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=1} = 0. \quad (2)$$

$$u \rightarrow 0, \quad (|y| \rightarrow \infty). \quad (3)$$

Здесь  $\Delta$  — оператор Лапласа,  $a > 0$  — постоянная.

Предполагается, что  $f(x, y)$  — заданная функция в  $\Pi$ , имеется по переменной  $x$  непрерывные производные до  $(n+2)$ -го порядка включительно, а по переменной  $y$  бесконечно дифференцируема и для любой пары неотрицательных чисел  $l, k$  удовлетворяет неравенству вида

$$\sup_y (1 + |y|^l) \left| \frac{\partial^k f}{\partial x^{k_1} \partial z^{k_2}} \right| = C_{l, k_1, k_2} < \infty, \quad (4)$$

где  $C_{l, k_1, k_2} > 0$  — постоянная,  $k = k_1 + k_2$ ,  $k_1, k_2$  — целые неотрицательные числа, причем  $k_1 \leq n + 2$ .

В работе [1] построен первый член асимптотики по малому параметру решения краевой задачи для уравнения (1) в квадрате. Настоящая работа посвящена построению полной асимптотики решения задачи (1) — (3).

Расщепление (1) назовем первым расщеплением оператора  $L_\varepsilon$ .

Прежде чем начать построение асимптотики поставленной задачи, напишем второе расщепление оператора  $L_\varepsilon$ , для чего вблизи границы  $x=1$  вводим локальные координаты

$$t = \frac{1-x}{\varepsilon}, \quad y = y.$$

В новых координатах оператор  $L_\varepsilon$  имеет следующий вид:

$$L_{\varepsilon, 1} \cdot V \equiv \varepsilon^{-1} \left\{ \frac{\partial^3 V}{\partial t^3} - \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} - \frac{\partial V}{\partial t} + \varepsilon \left( \frac{\partial V}{\partial y} + aV \right) + \varepsilon^2 \left( -\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} - \frac{\partial^3 V}{\partial t \partial y^2} \right) \right\}. \quad (5)$$

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Г. Б. Абдуллаев (главный редактор), М. Т. Аббасов,  
А. А. Ализаде, Г. А. Алиев, В. Р. Волобуев, Г. Г. Гасанов,  
Дж. Б. Гулиев, Н. А. Гулиев, А. И. Гусейнов, М. Э. Джафаров,  
Ю. М. Сендов (зам. главного редактора), Г. Ф. Султанов,  
А. С. Сумбатзаде, М. А. Топчибаев, Т. Н. Шахтахтинский,  
Г. Г. Зейналов (ответств. секретарь).

© Издательство «Эм», 1979 г.

Сдано в набор 10/VII-79 г. Подписано к печати 13/XII 1979 г. Формат бумаги 70×100<sup>1/16</sup>. Бум. лист. 3,06. Печ. лист. 8,58. Уч.-изд. лист. 6,34. ФГ 21364. Заказ 433. Тираж 675. Цена 40 коп.

Издательство «Эм».

370143 Баку-143, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание

Типография АН Азербайджанской ССР. Баку, проспект Нариманова, 31.

Адрес: г. Баку, Коммунистическая, 10. Редакция «Известий Академии наук Азербайджанской ССР».

Асимптотическое представление решения поставленной задачи будем искать в виде

$$u = \sum_{l=0}^n \varepsilon^l W_l + \sum_{j=0}^{n+1} \varepsilon^j V_j + \varepsilon^{n+1} z, \quad (6)$$

где функции  $W_l$  определяются первым итерационным процессом,  $V_j$  функции типа пограничного слоя вблизи границы  $x=1$ , определяемые вторым итерационным процессом.

Расщеплению (1) оператора  $L$ , соответствует итерационный процесс, если приближенное решение уравнения (1) будем искать в виде

$$W = W_0 + \varepsilon W_1 + \dots + \varepsilon^n W_n. \quad (7)$$

Подставляя выражение для  $W$  из (7) в (1) и сравнивая члены при одинаковых степенях  $\varepsilon$ , имеем

$$M W_0 \equiv \frac{\partial W_0}{\partial x} + \frac{\partial W_0}{\partial y} + a W_0 = f,$$

$$M W_1 = \Delta W_0,$$

$$M W_k = -\frac{\partial}{\partial x} (\Delta W_{k-2}) + \Delta W_{k-1}, \quad k = 2, 3, \dots, n.$$

Второму расщеплению оператора  $L$ , соответствует итерационный процесс, если приближенное решение уравнения  $L_{\varepsilon} V = 0$  будем искать в виде

$$V = v_0 + \varepsilon v_1 + \dots + \varepsilon^{n+1} v_{n+1}. \quad (8)$$

Подставив это выражение для  $V$  в уравнение и сравнивая члены при одинаковых степенях  $\varepsilon$ , получим

$$R V_0 \equiv \frac{\partial^3 V_0}{\partial t^3} + \frac{\partial^2 V_0}{\partial t^2} + \frac{\partial V_0}{\partial t} = 0,$$

$$R V_1 = \frac{\partial V_0}{\partial y} + a V_0,$$

$$R V_s = -\frac{\partial^2 V_{s-2}}{\partial y^2} - \frac{\partial^3 V_{s-2}}{\partial t \partial y^2} + \frac{\partial V_{s-1}}{\partial y} + a V_{s-1}, \quad s = 2, 3, \dots, n+1.$$

Описанные выше итерационные процессы связаны между собой граничными условиями. Для выявления этой связи потребуем, чтобы сумма  $W + V$  удовлетворяла всем граничным условиям (2) и (3).

Подставив выражение для суммы  $W + V$  в (2) и сравнивая коэффициенты при одинаковых степенях  $\varepsilon$ , получим

$$W_l|_{x=0} = 0, \quad l = 0, 1, \dots, n;$$

$$V_l|_{t=0} = -W_l|_{x=1}, \quad l = 0, 1, \dots, n, \quad V_{n+1}|_{t=0} = 0;$$

$$\frac{\partial V_0}{\partial t}|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial V_r}{\partial t}|_{t=0} = \frac{\partial W_{r-1}}{\partial x}|_{x=1}, \quad r = 1, 2, \dots, n+1.$$

Таким образом, мы нашли условия, при которых будем решать уравнения, полученные итерационными процессами.

Определим, например, функцию  $W_0$ . Она будет решением задачи

$$M W_0 \equiv \frac{\partial W_0}{\partial x} + \frac{\partial W_0}{\partial y} + a W_0 = f(x, y), \quad (9)$$

$$W_0'|_{x=0} = 0. \quad (10)$$

Задачу (9), (10) назовем вырожденной для задачи (1)–(3). Очевидно, если  $f(x, y)$  удовлетворяет условию (4), то существует единственное решение задачи (9), (10), причем оно удовлетворяет условию (4) при  $k_1 \leq n+3$ .

Зная функцию  $W_0$ , определяем функцию  $V_0$ .

Функция  $V_0$  является решением типа пограничного слоя задачи

$$R V_0 \equiv \frac{\partial^3 V_0}{\partial t^3} + \frac{\partial^2 V_0}{\partial t^2} + \frac{\partial V_0}{\partial t} = 0, \quad (11)$$

$$V_0|_{t=0} = -W_0|_{x=1}, \quad \frac{\partial V_0}{\partial t}|_{t=0} = 0. \quad (12)$$

Очевидно, характеристическое уравнение, соответствующее обыкновенному дифференциальному уравнению (11), имеет кроме нулевого два ненулевых корня, реальные части которых отрицательны. Обозначим их через  $\lambda_{1,2} = -\frac{1}{2} \pm \frac{t}{2} \sqrt{3}$ . Этот факт обеспечивает регулярность вырождения поставленной задачи.

Решение типа пограничного слоя задачи (11), (12) имеет вид

$$V_0 = \varphi_1(y) e^{\lambda_1 t} + \varphi_2(y) e^{\lambda_2 t},$$

где  $\varphi_1(y)$  и  $\varphi_2(y)$  выражаются следующими формулами

$$\varphi_1(y) = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} W_0(1, y), \quad \varphi_2(y) = -\frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} W_0(1, y).$$

Аналогично продолжая процесс, определяем все функции, входящие в разложения (7) и (8). Умножим функции  $V_j$  на сглаживающие функции и снова оставим прежнее обозначение.

Таким образом, мы определили все члены разложения (6). Теперь оценим остаточный член. Для этого равенство (6) напишем так

$$\varepsilon^{n+1} z = u - \sum_{l=1}^n \varepsilon^l W_l - \sum_{j=0}^{n+1} \varepsilon^j V_j. \quad (13)$$

Действуя на обе части равенства (13) соответствующими расщеплениями оператора  $L$ , и учитывая уравнения, полученные из итерационных процессов, имеем краевую задачу для  $z$

$$L_\varepsilon z = F, \quad (14)$$

$$z|_{x=0} = 0, \quad z|_{x=1} = 0, \quad \frac{\partial z}{\partial x}|_{x=1} = 0, \quad (15)$$

$$z \rightarrow 0, \quad (|y| \rightarrow \infty) \quad (16)$$

где  $F$  — известная функция.

Имеет место следующая

**Теорема 1.** Для решения задачи (14)–(16) справедлива оценка

$$\|z\| \leq C \|F\|,$$

где норма понимается в смысле метрики пространства  $L_2(\Pi)$ , а  $C > 0$  — постоянная, не зависящая от  $\varepsilon$ .

Для доказательства теоремы обе части уравнения (14) надо умножить на  $Z$  и полученные выражения интегрировать по частям с учетом граничных условий (15), (16).

Подытоживая изложенное, можно сформулировать следующее утверждение.

**Теорема 2.** Пусть  $f(x, y)$  — заданная функция в  $\Pi$ , имеющая непрерывные производные по  $x$  до  $(n+2)$ -го порядка включительно, а по переменной  $y$  бесконечно дифференцируема и удовлетворяет условию (4). Тогда для решения (1)–(3) имеет место асимптотическое представление (6), причем  $W_1$  определяются первым итерационным процессом,  $V_j$  — функции типа пограничного слоя вблизи границы  $x=1$ , определяемые вторым итерационным процессом, а  $\varepsilon^{n+1}z$  — остаточный член, где  $z$  ограничена в метрике пространства  $L_2(\Pi)$ .

Выражаю искреннюю благодарность М. Г. Джавадову за постановку и обсуждение результатов.

#### Литература

1. Вишик М. И., Люстерник Л. А. УМН, т. 12, вып. 5, 1957. 2. Вишик М. И., Люстерник Л. А. УМН, т. 15, вып. 3, 1960. 3. Джавадов М. Г., Ейюбов Р. А. «ДАН Азерб. ССР», т. 215, № 6, 1974.

АПИ им. Ленина

Поступило 12. V 1978

М. М. Сабзалиев

#### ҮЧҮНЧҮ ТЭРТИБ БИРХАРАКТЕРИСТИКАЛЫ ТЭНЛИК ҮЧҮН ГОЈУЛМУШ СЭРҮЭД МЭСЭЛЭСИНИН ҺЭЛЛИНИН АСИМПТОТИКАСЫ

Мәгаләдә сонсуз  $\Pi = \{(x, y) : 0 < x < 1, -\infty < y < +\infty\}$  золагында ашагыдакы сәрһәд мәсәләсинә бахылыр:

$$L_\varepsilon u \equiv \varepsilon^2 \frac{\partial}{\partial x} (\Delta u) - \varepsilon \Delta u + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} + au = f, \quad (1)$$

$$u|_{x=0} = 0, \quad u|_{x=1} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0, \quad (2)$$

$$u \rightarrow 0, \quad (|y| \rightarrow \infty) \quad (3)$$

Бурада  $\varepsilon > 0$  — кичик параметр,  $a$  — мүсбәт сабит,  $f(x, y)$  — верилмиш функциядыр. Фәрс олунур ки,  $f(x, y)$  функциясынын  $\Pi$  золагында  $z$  дәјишәнинә нәзәрән  $n+2$  тәртибә гәдәр кәсилмәҗән төрәмәләри бардыр, у дәјишәнинә нәзәрән исе һәмми функция сонсуз дифференциалтанан олуб, истәниләи мәңфи олмаҗан бир чүт  $l, k$  әдәлләри үчүн ашагыдакы мүнәсибәти өдәјир:

$$\sup_y (1 + |y|^l) \left| \frac{\partial^k f}{\partial x^{k_1} \partial y^{k_2}} \right| = C_{l, k_1, k_2} < \infty. \quad (4)$$

Бурада  $C_{l, k_1, k_2} > 0$ ,  $l, k_1$  вә  $k_2$  әдәлләриндән асылы сабитләр,  $k_1 \leq n+2$  олмаҗа  $k = k_1 + k_2$ ,  $k_1, k_2$  исе мәңфи олмаҗан там әдәлләрдир.

Исбат олунур ки, әкәр  $f(x, y)$  функциясы ухарыда геҗә олунан шәртләри өдәјирсә, онда (1)–(3) мәсәләсинин һәллинин кичик параметрә көрә асимптотикасы ашагыдакы шәкилдәдир:

$$u = \sum_{l=0}^n \varepsilon^l W_l + \sum_{j=0}^{n+1} \varepsilon^j V_j + \varepsilon^{n+1} z$$

Бурада  $W_l$  функциялары биринчи итерасија процесиндә,  $V_j$  функциялары икинчи итерасија процесиндә тапылыр,  $\varepsilon^{n+1}z$  исе галыг һәддидир вә  $z$  функциясы  $L_2(\Pi)$  фәзасынын нормасы мәнада мәһдуддур.

M. M. Sabzaliev

#### ON THE ASYMPTOTICS OF THE SOLUTION OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR ONE-CHARACTERISTIC DIFFERENTIAL EQUATION OF THE THIRD ORDER WITH SMALL PARAMETER

In this paper it is constructed in infinity strip  $\Pi = \{(x, y) : 0 < x < 1, -\infty < y < +\infty\}$  asymptotics of the solution by small parameter of the following boundary value problem

$$L_\varepsilon u \equiv \varepsilon^2 \frac{\partial}{\partial x} (\Delta u) - \varepsilon \Delta u + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} + au = f(x, y), \quad (1)$$

$$u|_{x=0} = u|_{x=1} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0, \quad (2)$$

$$u \rightarrow 0, \quad (|y| \rightarrow \infty) \quad (3)$$

It is proved, that asymptotics by small parameter  $\varepsilon > 0$  of the solution problem (1)–(3) is presented in the form

$$u = \sum_{l=0}^n \varepsilon^l W_l + \sum_{j=0}^{n+1} \varepsilon^j V_j + \varepsilon^{n+1} z.$$

МАТЕМАТИКА

УДК 519.3. 39.8

РЕДА АМИН ЭЛЬ БАРКУКИ

СУЩЕСТВОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ В ОБЩИХ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ С БЕСКОНЕЧНОМЕРНЫМ  
ПРОСТРАНСТВОМ ТОВАРОВ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. И. Гусейновым)

В работе [7] нами была рассмотрена модель экономики типа Эрроу—Дебре с банаховым пространством товаров и доказано существование равновесного состояния. Заметим, что предпочтения участников в этой модели было отдано отношениям упорядочения.

В настоящей заметке мы рассмотрим более общую модель, предложенную в работе [1] Д. Гейлом и А. Мас-Колеллом с бесконечномерным пространством товаров, в котором предпочтения участников вместо отношения упорядочения отдается многозначным отображениям.

Пусть  $Z$  является сепарабельным банаховым пространством, сопряженным с некоторым сепарабельным банаховым пространством  $Z^0$  и  $K$ —нормальный замкнутый конус в  $Z$ , для которого существует  $z \in Z^0$  такой, что  $K(z) > 0$  (то есть  $\langle z, x \rangle > 0, \forall x \in K$ ).

В рассматриваемой модели имеется  $m$  потребителей и технологическое множество  $Y \subset Z$ . Участник  $i$  характеризуется множеством потребления  $X_i \subset Z$  и отображением предпочтения

$$g_i: X_i \rightarrow 2^X, \quad i=1, \dots, m$$

Определение 1. Распределением называется вектор  $x = (x_1, \dots, x_m) \in \prod_{i=1}^m X_i$ . Распределение  $x \in \prod_{i=1}^m X_i$  называется допустимым, если  $x_0 = \sum_{i=1}^m x_i \in Y$ .

Обозначим  $\Delta = S_1^* \cap K^*$ , где  $S_1^*$ —единичная сфера в  $Z^*$  и  $K^*$ —конус в  $Z^*$ , сопряженный с конусом  $K$ . Вектором цен называется вектор  $p$  из  $\Delta$ . Для любого  $p \in \Delta$  определим функцию дохода

$$\pi(p) = \sup p(Y) = \sup \{p(y) \mid y \in Y\} \quad (1)$$

Определим  $\Delta' \subset \Delta$  такое, что

$$\Delta' = \{p \mid \pi(p) < \infty\} \quad (2)$$

Мы предполагаем существование  $m$  функций  $\alpha_i$  на  $\Delta'$  (называемые функциями дохода) со значениями в  $R$ , т. е.  $\alpha_i: \Delta' \rightarrow R$ , такой, что

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i(p) = \pi(p) \quad (3)$$

Определение 2. Равновесием называется пара  $(\bar{p}, \bar{x})$ , где  $\bar{x}$  допустимое распределение и  $\bar{p} \in \Delta'$  такое, что

$$\bar{p}(x_i) = \alpha_i(\bar{p}) \quad i=1, \dots, m \quad (4)$$

и если  $x_i \in g_i(\bar{x}_i)$ , то  $\bar{p}(x_i) > \bar{p}(\bar{x}_i)$  (5)

Теорема 1. Для существования равновесия достаточно выполнения следующих условий

$Y$ —выпукло, замкнуто,  $Y \supset -K$  и  $Y \cap K$  ограничено (6),

$x_i$ —выпукло, замкнуто и ограничено снизу, т.е. существует  $e_i$  такой, что

$$X_i \geq e_i \quad i=1, \dots, m \quad (7)$$

$g_i$ —нерефлексивно (т.е.  $x_i \notin g_i(x_i)$ ) имеет открытый график  $X_i \times X_i$  и  $g_i(x_i)$  является выпуклым, непустым подмножеством (8)  $\alpha_i$ —непрерывные и удовлетворяют условию

$$\alpha_i(p) > \inf p(X_i) \quad \forall p \in \Delta' \quad (9)$$

При доказательстве теоремы 1 нам понадобятся следующие леммы и теорема.

Теорема 2. Пусть  $Z$ —сепарабельное банахово пространство, сопряженное с сепарабельным пространством  $Z^0$ . Пусть  $X_i \subset Z$  выпукло и  $\sigma(Z, Z^0)$ —компактно  $i=1, \dots, m$ . Положим  $X = \prod_{i=1}^m X_i$ .

Пусть  $\varphi_i: X \rightarrow 2^{X_i}$  выпукло-значно (может быть  $\varphi_i(x) = \Phi$  и имеет  $\sigma(Z, Z^0)$ —открытый график в  $X \times X_i, i=1, \dots, m$ . Тогда существует  $x \in X$  такой, что или  $x_i \in \varphi_i(x)$ , или  $\varphi_i(x) = \Phi$ .

Доказательство. Сначала докажем, что пространство  $(Z, \sigma(Z, Z^0))$  вполне нормально.

По теореме 2 из ([4], стр. 462), пространство  $(Z, \sigma(Z, Z^0))$  метризуемо и следовательно вполне нормально. Для всех  $i$  положим  $u_i = \{x \in X \mid \varphi_i(x) \neq \Phi\}$ . Множество  $u_i$ — $\sigma$ —открыто. Тогда отображение  $\varphi_i|_{u_i}: u_i \rightarrow 2^{X_i}$  выпукло-значно и имеет  $\sigma$ —открытый график. Пусть  $f_i: u_i \rightarrow X_i$  есть такая  $(\Pi \cdot \Pi, \sigma)$  непрерывная функция, что  $f_i(x) \in \varphi_i(x)$ , для любого  $x \in u_i$  (см. [2] теорема 3', 1 стр. 368). Определим многозначное отображение  $\Psi_i: X \rightarrow X_i$

$$\Psi_i(x) = \begin{cases} f_i(x) & \text{при } x \in u_i \\ X_i & \text{при } x \in X/u_i \end{cases}$$

Тогда отображение  $\Psi_i$  имеет в  $X \times X_i$   $\sigma$ —замкнутый график.

Определим многозначно отображение  $\Psi: X \rightarrow X$  формулой  $\Psi(x) = \prod_{i=1}^m \Psi_i(x)$ . По теореме Какутани [6] существует точка  $\bar{x} \in X$ , такая, что  $\bar{x} \in \Psi(\bar{x})$ . По построению  $\bar{x}$  удовлетворяет требуемым условиям.

Доказательство теоремы 1. Так как каждое  $X_i$  ограничено снизу,

то существует вектор  $e \in Z$  такой, что для любого  $S \subset \{1, \dots, m\}$   $e < \sum_{i \in S} X_i$ . Определим  $\hat{Y} = \{y \in Y / y \geq e\}$ . Заметим, что множество  $\hat{Y}$

содержит вектор  $x_0 = \sum_{i=1}^m x_i$ , для любого допустимого распределения

$(x_1, \dots, x_m)$ . По условию (6)  $\hat{Y}$  ограничено сверху, т. е. существует вектор  $e'$  такой, что  $e' \geq \hat{Y}$ . Тогда по теореме 2.2. из ([3], стр. 18)  $\hat{Y}$  ограничено.

Нетрудно показать, что если распределение  $x$  допустимо, то для любого  $i$ ,  $x_i \leq e' - e$ .

Определим

$$\hat{X}_1 = \{x_i \in X_i \mid x_i \leq e' - e\}$$

Оно выпукло и по теореме 2.2. Из ([3], стр. 18) оно ограничено. Определим многозначное отображение  $g_1$  по формуле

$$g_1(x_i) = \{x_i' \mid x_i' = \lambda x_i + (1 - \lambda)x_i, 0 < \lambda \leq 1, x_i' \in g(x_i)\}.$$

Очевидно,  $g_1(x_i) \subset \hat{X}_1$  и  $x_i \in g(x_i)$ . Определим  $\Delta'' \subset \Delta'$  формулой:

$$\Delta'' = \{p \mid p \in \Delta', p(y) = \pi(p), \exists y \in Y\}.$$

Лемма 1.  $\Delta''$  — непусто и замкнуто.

Доказательство. Сначала докажем, что множество  $\Delta'$  выпукло и непусто.

Возьмем  $y_0 \in \partial Y$ . Тогда существует вектор  $p \in S_1^+$ , такой, что

$$p(Y) \leq p(y_0) \quad (10)$$

Мы утверждаем, что  $p \in K^*$ . Если это не так, тогда существует  $y_1 \in K$  такое, что  $p(y_1) < 0$ . Отсюда — ну,  $e \in -K \subset Y$ ,

$$p(-ny_1) = n(-p(y_1)) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \omega$$

Это противоречит неравенству (10). Теперь докажем выпуклость  $\Delta'$ . Пусть  $p^1, p^2 \in \Delta'$  и  $\lambda \in (0, 1)$ . Тогда

$$\pi(\lambda p^1 + (1 - \lambda)p^2) = \sup(\lambda p^1 + (1 - \lambda)p^2) \cdot Y \leq \lambda \sup p^1(Y) + (1 - \lambda) \sup p^2(Y) < \infty$$

Ясно, что  $\hat{Y} = (e + K) \cap Y$  — замкнуто, ограничено и выпукло. По теореме Алаоглу (см. 5, стр. 509)  $\hat{Y}$  — слабо (т. е.  $\sigma(Z, Z_0)$ ) бикомпактно и поэтому функционал  $z$  достигает своего максимума на  $\hat{Y}$ . Итак, существует  $y \in \hat{Y}$ , такой, что

$$\sup \langle z, \hat{Y} \rangle = \langle z, y \rangle \quad (11)$$

множества  $\hat{Y}$  и  $y + K$  выпуклые и

$$\hat{Y} \cap (y + K) = \{y\} \quad (12)$$

Действительно, пусть  $y' \in \hat{Y} \cap \{y + K\}$ . Тогда  $y' - y \in K$ , значит  $\langle z, y' - y \rangle > 0$  или  $\langle z, y' \rangle > \langle z, y \rangle$ .

Это противоречит соотношению (11). Очевидно, что линейный функционал  $z$  разделяет множества  $\hat{Y}$  и  $y + K$ ;

$$\sup \langle z, \hat{Y} \rangle = \langle z, y \rangle \leq \langle z, y \rangle + \langle z, K \rangle = \langle z, y + K \rangle$$

Таким образом  $Z \in \Delta''$  и тем самым множество  $\Delta''$  непусто. Теперь пусть  $\{p^n\} \subset \Delta''$ , такая последовательность, что  $p^n \rightarrow \bar{p}$ . Тогда для любого  $n$  существует  $y_n \in \hat{Y}$ , такой, что  $p^n(y_n) = \pi(p^n)$ .

Пусть  $y_n \xrightarrow{\text{слабо}} y' \in \hat{Y}$ . Тогда мы хотим доказать  $p(\bar{y}) = \pi(\bar{p})$ .

Пусть это не так. Тогда существует  $y' \in \hat{Y}$ , такой, что  $\bar{p}(y') > \bar{p}(\bar{y})$ . Отсюда следует, что  $p^n(y') - p^n(\bar{y}) > \delta$ , для некоторого положительного числа  $\delta$ , при достаточно больших  $n$ . Но  $p^n(y_n) \rightarrow p^n(\bar{y})$ , поэтому  $p^n(y_n) < p^n(y')$ , а это противоречит тому, что

$$p^n(y_n) = \pi(p^n),$$

что требовалось доказать.

Обозначим через  $\Delta^*$  выпуклую оболочку множества  $\Delta''$ , т. е.  $\Delta^* = C_0 \Delta''$ . Тогда  $\Delta^* \subset \Delta$ , так как  $\Delta$  выпукло и  $\Delta'' \subset \Delta'$ . Кроме того,  $\Delta^*$  замкнуто так как  $\Delta''$  — замкнуто (по теореме Мазура). ([4], стр. 451).

Для каждого  $p \in \Delta^*$  определим множество

$$\gamma_1(p) = \{x_1 \mid x_1 \in \hat{X}_1 \text{ и } p(x_1) < \alpha_1(p)\}$$

По условию (9)  $\gamma_1(p)$  непусто.

Так как функция  $\alpha_1(p)$  — непрерывна, то легко показать, что  $\gamma_1$  имеет  $\sigma(Z, Z^0)$  — открытый график в  $\Delta^* \times \hat{X}_1$ .

Положим  $\hat{x} = \prod_{i=1}^m \hat{x}_i$ . Определим отображение  $\varphi_1$  ( $i=1, \dots, m$ ) из

$\Delta^* \times \hat{x} \rightarrow 2\Delta^*$ , полагая

$$\begin{cases} \gamma_1(p) & \text{если } p(x_1) > \alpha_1(p) \\ \gamma_1(p) \cap g_1(x_1) & \text{если } p(x_1) \leq \alpha_1(p) \end{cases} \quad (12)$$

Определим отображение  $\varphi_0: \Delta^* \times \hat{x} \rightarrow 2\Delta^*$ , полагая

$$\varphi_0(p, x) = \{q \in \Delta^* \mid q(x_0) > \pi(q)\}$$

Очевидно, все эти отображения выпукло-значны, но могут иметь пустые значения. Чтобы доказать, что отображения  $\varphi_1$  имеют  $\sigma(Z, Z^0)$  — открытые графики при  $i=1, \dots, m$ , положим

$$A_1 = \{(p, x, \xi) \in \Delta^* \times \hat{x} \times \hat{X}_1 \mid p(x_1) > \alpha_1(p)\},$$

$$B_1 = \{(p, x, \xi) \in \Delta^* \times \hat{x} \times \hat{X}_1 \mid p(\xi) < \alpha_1(p)\}.$$

$$C_i = \{ (p, x, \varepsilon) \in \Delta^* \times \hat{X} \times \hat{X}_i \mid \varepsilon \in g(x_i) \}.$$

Поэтому если обозначим график  $\varphi_i$  через  $\tau_{\varphi_i}$ , то множество  $\tau_{\varphi_i} = (A_i \cap B_i) \cup (C_i \cap B_i)$  очевидно  $\sigma(Z, Z^0)$ -открыто. Открытость  $\tau_{\varphi_0}$  очевидна из определения.

**Лемма 2.** Существует пара  $(\bar{p}, \bar{x}) \in \Delta^* \times \hat{X}$  такая, что

$$\varphi_i(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi, \quad i = 0, 1, \dots, m$$

**Доказательство.** Для каждого  $i$  многозначное отображение  $\varphi_i$  удовлетворяет условиям теоремы 2. Поэтому существует  $(\bar{p}, \bar{x})$  такая, что или  $\bar{x}_i \in \varphi_i(\bar{p}, \bar{x})$  или  $\varphi_i(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$  для всех  $i = 1, \dots, m$ . Но если существует вектор  $\bar{x}_i$  такой, что  $\bar{x}_i \in \varphi_i(\bar{p}, \bar{x})$ , то  $\bar{x}_i \in g_i(\bar{x}_i)$ . Это противоречит условию иррефлексивности отображения  $g_i$ . Поэтому  $\varphi_i(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$  для  $i \geq 1$ . Тем самым доказано, что  $\bar{p}(\bar{x}_i) \leq \alpha_i(\bar{p})$  для  $i \geq 1$  и поэтому  $\bar{p}(\bar{x}_0) \leq \sum_{i=1}^m \alpha_i(\bar{p}) = \pi(\bar{p})$  и  $\bar{p} \in \varphi_0(\bar{p}, \bar{x})$ . Поэтому

$\varphi_0(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$ , что требуется доказать. Остается показать, что пара  $(\bar{p}, \bar{x})$  является равновесием. Сначала докажем допустимость распределения  $\bar{x}$ . Допустим, что  $\bar{x}_0$  не принадлежит  $Y$ . Так как  $\bar{x}_0 > e$ , то мы могли выбрать наименьшее число  $\lambda$  такое, что вектор  $y_\lambda = \lambda e + (1-\lambda)\bar{x}_0$  принадлежит  $Y$ . По теореме отделимости существует  $p_\lambda \in \Delta$ , такой, что  $p_\lambda(y_\lambda) = \pi(p_\lambda)$  и  $p_\lambda(\bar{x}_0) > \pi(p_\lambda)$ . Так как  $y_\lambda \in Y$ , то  $p_\lambda \in \Delta''$ , следовательно  $p_\lambda \in \varphi_0(\bar{p}, \bar{x})$ . Это противоречит тому, что  $\varphi_0 \times \times (\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$ . Теперь мы проверим равенство (4). Так как  $\varphi_i(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$ , то мы имеем  $\bar{p}(\bar{x}_i) \leq \alpha_i(\bar{p}), \forall i = 1, \dots, m$ . Допустим, что  $\bar{p}(\bar{x}_i) < \alpha_i(\bar{p})$  для некоторого  $i$ . Так как  $\bar{x}$ -допустим, то

$$x_i \leq e' - e$$

Так как  $g_i(\bar{x}_i)$  — непусто, то мы можем фиксировать некоторый  $x_i \in g_i(\bar{x}_i)$ . Тогда существует  $\lambda, 0 < \lambda < 1$  такое, что вектор  $x_\lambda = (1-\lambda)\bar{x}_i + \lambda x_i$  удовлетворяет соотношениям  $x_\lambda < e' - e$  и  $\bar{p}(x_\lambda) < \alpha_i(\bar{p})$ . Но тогда  $x_\lambda \in g_i(\bar{x}_i)$  (по конструкции), и отсюда следует, что  $x_\lambda \in \varphi_i(\bar{p}, \bar{x})$ , который противоречит тому, что  $\varphi_i(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$ .

Таким образом  $\bar{p}(\bar{x}_i) = \alpha_i(\bar{p})$ . Наконец, мы проверим условие (5).

Допустим, что существует  $x_i \in g_i(\bar{x}_i)$  и  $\bar{p}(x_i) \leq \alpha_i(\bar{p})$  для некоторого  $i$ . По условию (9) существует  $\bar{x}_i \in \hat{X}_i$  такой, что  $\bar{p}(\bar{x}_i) < \alpha_i(\bar{p})$ . По условию (8) существует число  $\lambda, 0 < \lambda < 1$ , такое, что  $x_\lambda = \lambda \bar{x}_i + (1-\lambda)x_i \in g_i(\bar{x}_i)$ . Но из  $\bar{p}(x_\lambda) < \alpha_i(\bar{p})$ , следует  $x_\lambda \in \varphi_i(\bar{p}, \bar{x})$ , который противоречит соотношению  $\varphi_i(\bar{p}, \bar{x}) = \Phi$ . Теорема доказана.

## Литература

1. Gale and Mas-Cotell A. Journal of Mathematical economics. 2: 1975, 9—15.
2. Michael E. Continuous Selections I. Annals of Mathematics. 63, 361—382, 1956.
3. Крейн М. Г., Рутман М. А. УМН, т. III, 1(23), 3—95.
4. Данфорд Н., Шварц Дж. Т. Линейные операторы, общая теория. М., 1962.
5. Шефер Х. Топологические векторные пространства. «Мир», 1974.
6. Гликсберг И. А. Дальнейшее обобщение теоремы Какутани о неподвижной точке с приложением к ситуациям равновесия в смысле Нэша. Бесконечные антагонистические игры, стр. 494—503. М., 1963.
7. Реда Амин Эль Баркуки. «ДАН Азерб. ССР», т. XXXIII, № 5, стр. 8—12, 1977.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 11. V 1978

Реда Эмин Эл Баркуки

### ЭМТЭЭЛЭР ФЭЗАСЫ СОНСУЗ ӨЛЧҮҮ ОЛАН ҮМУМИ ИГТИСАДИ МОДЕЛЛЭРДЭ ТАРАЗЛЫГЫН ВАРЛЫГЫ

Мөгалэдэ А. Гејл вэ А. Мас-Колелл тэрэфиндэн тэклиф олунмуш үмуми моделлэрдэ таразлыгын варлыгы эмтээлэр фэзасы сонсуз өлчүү олан һалда исбат олунмуш-дур.

Reda Amin El Barkuky

### EQUILIBRIUM EXISTENCE IN GENERAL ECONOMIC MODELS WITH INFINITE DEMENSION SPACE OF COMMODITY

In this paper we prove equilibrium existence for a general model with infinite dimension Banach space  $Z$  as Commodity space in which preference instead of ordering is given to many-valued mapping.



Г. А. ОРУДЖЕВ

О ПОРЯДКЕ И ТИПЕ ЦЕЛЫХ ФУНКЦИЙ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР И. И. Ибрагимовым)

Пусть  $f(z)$  — целая функция, представленная абсолютно сходящимся в конечной плоскости рядом Дирихле

$$(z) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n z} \quad (1)$$

Положим,

$$M(\delta) = \sup_{-\infty < t < +\infty} |f(\sigma + it)|.$$

Для  $f(z)$  определяются  $R$ -порядок  $\rho$ , нижний  $R$ -порядок  $\lambda$ ,  $R$ -тип  $T = T(x)$  и нижний  $R$ -тип  $t = t(x)$ , где  $x > 0$  — произвольное фиксированное число, по формулам:

$$\rho = \lim_{\sigma \rightarrow +\infty} \frac{\ln \ln M(-\sigma)}{\sigma} \quad (5)$$

$$T = \lim_{\sigma \rightarrow +\infty} \frac{\ln M(-\sigma)}{e^{x\sigma}} \quad (2)$$

Введем обозначения

$$\frac{\rho_1}{\lambda_1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\lambda_n \ln \lambda_n}{\ln |a_n|^{-1}} \quad (3)$$

$$T_1 = \frac{1}{e^x} \lim_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n |a_n|^{x/\lambda_n}] \quad (4)$$

$$\rho^* = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\lambda_n \ln \lambda_n}{\ln (\mu_n |a_n|)^{-1}} \quad (5)$$

$$t^* = \frac{5}{e^x} \lim_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n (\mu_n |a_n|)^{x/\lambda_n}], \quad (6)$$

где  $\{\mu_n\}$  — есть последовательность добавок для  $\{\lambda_n\}$ , (см. [1]), т.е. ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\mu_n e^{\lambda_n}}$  сходится  $\forall \varepsilon > 0$  и расходится  $\forall \varepsilon < 0$ . В [2, 3] доказано, что если

$$\overline{\lim}_{k \rightarrow \infty} (\ln k / \lambda_k) = \alpha < +\infty, \quad (7)$$

то  $T \leq T_1 \exp(x\alpha)$ .

Кроме того, имеются некоторые другие теоремы [3, 4, 5, 6], связываю-

щие между собой величины  $\rho, \lambda, T, t, \rho_1, \lambda, T_1, t_1$ . Основные результаты указанных работ имеют место при ограничении на рост  $\{\lambda_n\}$ , например, условие (7).

В настоящей работе, в основном, полученные результаты, относящиеся к оценке  $R$ -типа целой функции  $f(z)$  посредством величины, зависящей от коэффициентов  $\{a_n\}$  и положительных показателей  $\{\lambda_n\}$ , имеют место, без всяких ограничений на  $\{\lambda_n\}$  кроме  $\lambda_n \uparrow +\infty$ . Указанный в работе пример показывает, что во многих случаях неравенство превращается в равенство.

Кроме того, полученные здесь оценки более точные, чем оценки для частных случаев, рассмотренных в работах [2, 3].

§ 1. Об  $R$ -типе функции

Оценим  $R$ -тип функции посредством величины, зависящей от коэффициентов и показателей, в случае, когда  $f(z)$  представляется в виде ряда Дирихле с вещественными показателями.

Теорема 1. Пусть последовательность положительных чисел является показателями ряда (1) и ряд (1) абсолютно сходится к  $f(z)$  на всей комплексной плоскости и  $0 < \lambda_n \uparrow +\infty$ . Пусть  $\{\mu_n\}$  — "последовательность добавок" для  $\{\lambda_n\}$ . Тогда величина  $\gamma$ , определяемая по формуле (6) и  $R$ -тип  $T$  функции (1) связаны соотношением

$$T_1 \leq T \leq \gamma.$$

Следствие 1. Если выполняется условие

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (\ln \ln n / \lambda_n) = 0, \quad (8)$$

где  $0 < \lambda_n \uparrow +\infty$ ,  $R$ -тип  $T$  функции (1) удовлетворяет неравенству

$$T \leq \gamma,$$

где

$$\gamma = \frac{1}{e^x} \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n (n |a_n|)^{x/\lambda_n}] < +\infty.$$

Для доказательства достаточно отметить, что из условия (8) следует  $\{\mu_n = n\}$ :

Следствие 2. Если выполняется условие (7), то  $R$ -тип  $T$  функции (1) удовлетворяет неравенству

$$T \leq \gamma \leq T_1 \exp(x\alpha), \quad (9)$$

где  $T_1$  определено по формуле (4).

Справедливость следствия (2) следует из следствия 1, так как условие  $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} (\ln n / \lambda_n) = \alpha < +\infty$  обеспечивает в свою очередь условие (8).

Замечание. В правой части (9) для конкретных случаев возможно строгое неравенство, т.е.

$$T < \gamma < T_1 \exp(x\alpha).$$

Пример. Пусть

$$f(z) = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^{1+\varepsilon}} \exp\left\{-z \frac{\ln n}{\ln \ln n}\right\}, \quad (\varepsilon > 0).$$

Для этой функции  $R$ -порядок  $\rho = \frac{1}{\varepsilon}$  (см. [1]).

Примем  $\kappa = \rho = \frac{1}{\varepsilon}$ .

Кроме того,

$$\alpha = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} (\ln n / \lambda_n) = +\infty.$$

Но

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (\ln \ln n / \lambda_n) = 0.$$

Пользуясь следствием 1, легко можно убедиться, что для рассматриваемой функции  $R$ -тип  $T = T_1 = \gamma = 0$ .

Но результаты С. Р. Оруджева [2], В. С. Байчук, А. Э. Еременко [3], не применимы, ибо  $\alpha = +\infty$ .

## § 2. О нижнем $R$ -порядке и нижнем $R$ -типе

Пусть  $\{\mu_n\}$  — последовательность добавки для  $\{\lambda_n\}$  и  $0 \leq \lambda_1 < \lambda_2 < \dots$  и кроме того,  $\lim_{n \rightarrow \infty} \lambda_n = +\infty$ . Обозначим

$$\psi_n = \ln(\mu_n |a_n| / \mu_{n+1} |a_{n+1}|) / (\lambda_{n+1} - \lambda_n)$$

**Теорема 2.** Пусть  $0 < p < +\infty$  и последовательность  $\{\psi_n\}$  не убывает, тогда

а)  $\lambda \leq \lambda^*$

б)  $t \leq t^*$

где  $\lambda, p, \lambda^*, t, t^*$  определены соответственно формулами (1), (5), (2) и (6).

**Следствие 1.** Пусть выполняется условие (8)

и для этого случая  $\psi_n$  — не убывает.

Если  $0 \leq p < +\infty$ , то

а)  $\lambda \leq \lambda^*$  где  $\lim_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n \ln \lambda_n / \ln(\mu_n |a_n|)^{-1}] = \lambda^*$

или

$$\lim_{n \rightarrow \infty} [\ln(n |a_n|) / \lambda_n \ln \lambda_n] = \frac{1}{\lambda^*} \quad (10)$$

б)  $t \leq t^*$ , где  $\frac{1}{e^{\kappa}} \lim_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n (\mu_n |a_n|)^{\kappa / \lambda_n}] = t^*$

Для доказательства следствия 1 достаточно отметить, что при условии (8) в теореме 2 можно положить  $\{\mu_n = n\}$ .

Следует заметить, что в равенстве (10) всегда  $-\frac{1}{\lambda^*} < 0$ . Кроме того,

если  $\lambda^* = 0$ , то надо принять  $-\frac{1}{\lambda^*} = -\infty$ .

Из условия  $0 < p < +\infty$  следует, что  $\lambda^* < +\infty$ .

**Следствие 2.** Пусть выполняется условие

$$\psi_{1,n} = \ln(|a_n| / |a_{n+1}|) / (\lambda_{n+1} - \lambda_n) \quad \text{не убывает.}$$

1) Если  $0 < p < +\infty$ , то всегда  $\lambda \leq \lambda^*$ .

Кроме того, если  $1 - \delta \lambda_1 > 0$ , то  $\lambda \leq \lambda^* < \frac{\lambda_1}{1 - \delta \lambda_1}$ ,

где  $\lambda_1$  — определена по формуле (3) и

$$\delta = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} (\ln n / \lambda_n / \ln \lambda_n) < +\infty.$$

(Известно [4] (также см. [5], [6]), что если  $\ln \lambda_{n+1} \sim \ln \lambda_n$ , то всегда  $\lambda_1 \leq \lambda$ ).

2)  $t \leq t^*$ .

Кроме того, если  $\alpha = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} (\ln n / \lambda_n) < +\infty$ , то  $t \leq t^* \leq t_1 \exp(\kappa \alpha)$ ,

где

$$t_1 = \frac{1}{e^{\kappa}} \lim_{n \rightarrow \infty} (\lambda_n |a_n|^{\kappa / \lambda_n}).$$

Отметим, что неравенство  $t \leq t_1 e^{\kappa \alpha}$  имеется в работе [3] и там указывается неулучшаемость этого неравенства. Хотя здесь понятно, что в некоторых случаях улучшение имеется, так как не исключен случай строгого неравенства  $t^* < t_1 e^{\kappa \alpha}$ .

Легко можно убедиться, что всегда

$$\lambda_1 (1 + \delta \lambda_1)^{-1} \leq \lambda.$$

**Теорема 3.** Пусть  $n(r) = \sum_{\lambda_n < r} 1$ .

Если существует целочисленная функция  $\eta(r)$  — такая, что  $\forall \varepsilon < 0$

1)  $\lim_{r \rightarrow +\infty} \sum_{n(r) - \eta(r) < k < n(r)} \frac{\exp(\varepsilon \lambda_k \ln \lambda_k)}{\lambda_k} \gg \delta > 0$

(Понятно, что в 1) всегда такая  $\eta(r)$  — существует, так как ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} e^{\lambda_n / \mu_n} \text{ расходится.}$$

2)  $\lim_{r \rightarrow +\infty} \frac{\lambda_{n(r) - \eta(r)}}{r} = 1,$

3)  $a_n \geq 0$  и  $\lim_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n \ln \lambda_n / \ln(\mu_n a_n)^{-1}] = \lambda^* > 0$ .

Тогда  $\lambda \geq \lambda^*$ , где  $\lambda$  — определена по формуле (1).

**Теорема 4.** Пусть  $n(r) = \sum_{\lambda_n < r} 1$ .

Если существует целочисленная функция  $\tau(r)$  — такая, что  $\forall \varepsilon > 0$

1)  $\lim_{r \rightarrow +\infty} \sum_{n(r) - \tau(r) < k < n(r)} \frac{\exp(\varepsilon \lambda_k)}{\lambda_k} \gg \delta > 0$

2)  $\lim_{r \rightarrow +\infty} \frac{\lambda_{n(r) - \tau(r)}}{r} = 1$

3)  $a_n \geq 0$  и  $\frac{1}{e^{\kappa}} \lim_{n \rightarrow \infty} [\lambda_n (\mu_n a_n)^{\kappa / \lambda_n}] = t^* > 0$

Тогда  $t \geq t^*$ , где  $t$  — определена по формуле (2).

Литература

1. Оруджев Г. А. «ДАН Азерб. ССР», № 5, 1979. 2. Оруджев С. Р. «Изв. высш. учебн. заведений», «Математика», № 7, 1974, стр. 60—65. 3. Байчук В. С., Еременко А. Э. «Изв. высш. учебн. заведений», «Математика», № 5, стр. 93—95. 4. Juneja and Siengh Prem. Math. Ann. 184, № 1, 1969, s. 25—29. 5. Уп. СУ. Ann. Sci Cole Norm. sup., 68, 1954, 65—104. 6. Rahman Q. J. Quart. J. Math. Oxford (2), 7, 1956, 192—195.

АПИ им. Ленина

Поступило 21. VI 1978

Г. Э. Оруджев

ТАМ ФУНКЦИЈАНЫН ТЭРТИБИ ВЭ ТИПИ НАГГЫНДА

Мәгаләдә бүтүн мүстәвидә мұтағ жығылап Дирихле сырасы нә кәстәрилән функцијаларын  $R$ -типи,  $R$ -ашағы тәртиби сыранын әмсаллары вә үстәри васитәсилә гижмәтләндириләр.

G. A. Orudjev

ON AN ORDER AND TYPE OF THE ENTIRE FUNCTIONS

In the paper the  $R$ -type,  $R$ -lower order of the function  $f(z)$  are valuated by the values depending on the Dirichlet series coefficients and exponents absolutely converging on a whole complex plane to  $f(z)$ .

УДК 517.984.48

Чл.-корр. АН Азерб. ССР Дж. Э. АЛЛАХВЕРДИЕВ, Р. М. ДЖАБАРЗАДЕ

О СУММИРОВАНИИ КРАТНЫХ РАЗЛОЖЕНИИ ПО МЕТОДУ АБЕЛЯ РЯДОВ ПО С. П. ЭЛЕМЕНТАМ ОПЕРАТОРОВ, ПОЛИНОМИАЛЬНО ЗАВИСЯЩИХ ОТ СПЕКТРАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА

Известно, что ряды Фурье элемента  $f$  гильбертова пространства  $H$

$$f \sim \sum C_k x_k, \quad (1)$$

составленные по собственным и присоединенным элементам вполне непрерывного оператора, вообще говоря, расходятся.

Обычно с каждым из рядов (1) связывают ряд [1]

$$\sum_{s=1}^{\infty} C_s(t) x_s, \quad (2)$$

где  $C_s(t)$  — построены следующим образом.

Если  $x_k$  — собственный вектор оператора, который входит в систему его собственных и присоединенных без присоединенных, то

$$C_k(t) = e^{-\lambda_k t}, \quad (3)$$

где  $\lambda_k$  соответствующее собственное значение.

Если же в общем случае  $x_k, x_{k0}, x_{k1}, \dots, x_{k+q,0}$  образуют жорданову цепочку, то

$$C_{k+j}(t) = e^{-\lambda_k t} \sum_{m=0}^{k-j} P_m^x(\lambda_k, t) C_{k+j+m}, \quad (4)$$

где  $\alpha > 0$  и

$$P_m^x(\xi^{-1}, t) = \frac{t^{\xi-\alpha}}{m!} \frac{d^m}{d\xi^m} e^{-t\xi^\alpha} \quad (m = 0, 1, \dots)$$

полиномы относительно вещественного параметра  $t$ .

Имеем, что

$$\lim_{t \rightarrow +0} C_s(t) = C_s$$

Определение.

Если (2) обладает последовательностью частных сумм  $S_{N_s}(t)$ , которые сильно сходятся при всех  $t > 0$  и пусть  $U_k(t)$  — соответствующие предельные функции

$$u(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \left( \sum_{s=N_{\nu+1}}^{N_{\nu+1}} C_s(t) x_s \right)$$

Если при этом

$$\lim_{t \rightarrow +0} u(t) = f,$$

то ряды (2) суммируемы к  $f$  по методу  $(A, \lambda, \alpha)$ .

Теорема 1.

Пусть: 1)  $B$  — полный положительный оператор, для которого при некотором  $\rho$

$$\sum x_i s_i^\rho < \infty,$$

где  $x_i$  — собственные значения оператора  $B$

2)  $0 < s_1 < s_2 < \dots < s_{n-1} < s_n$  — целые числа

3)  $A_i$  — вполне непрерывные операторы, причем при некоторых  $\alpha_{n-1} > 0$  ( $\alpha_i > 0$ ,  $i = \overline{0, n-1}$ ) имеем, что оператор  $(E - \alpha_{n-1} A_{n-1})^{-1}$  существует.

Тогда для любых  $n$  элементов  $f_i$  ( $i = \overline{0, n-1}$ ) пространства  $H$ , где  $f_i \in D_{0-s_i}$  ряды Фурье, составленные по с. п. элементам оператора,

$$L(\lambda) = \sum_{i=0}^{n-1} \lambda^i (A_i - \alpha_i) B^{s_1+s_2+\dots+s_i} + \lambda^n B^{s_1+s_2+\dots+s_n}$$

$n$ -кратно суммируемы к  $f_i$ , соответственно, по методу  $(A, \lambda, \alpha)$  с  $\alpha > \frac{\rho}{s_1}$ .

Доказательство. В пространстве  $\bar{H}$ , являющемся суммой  $n$  копий пространства  $H$ , рассмотрим операторное уравнение, линейно зависящее от параметра  $\lambda$ , а именно

$$\bar{D}x - \lambda \bar{B}x = \bar{x}, \quad (7)$$

где операторы  $\bar{D}$  и  $\bar{B}$  заданы с помощью операторных матриц

$$\bar{D} \sim \begin{vmatrix} 0 & c_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & c_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{D_0 - D_1}{c_1 \dots c_{n-1}} & \frac{D_1 - D_2}{c_2 \dots c_{n-1}} & \frac{D_2 - D_3}{c_3 \dots c_{n-1}} & \dots & D_{n-1} \end{vmatrix} \quad (7)$$

$$\bar{B} \sim \begin{vmatrix} \alpha_1 B^{s_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{\alpha_2}{\alpha_1} B^{s_2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{\alpha_{n-1}} B^{s_n} \end{vmatrix} \quad (8)$$

Пусть операторы  $D_i$  в (7) вполне непрерывны,  $c_1, \dots, c_{n-1}$  ненулевые числа. Оператор  $\bar{D}$ , как нетрудно видеть, есть сумма вполне непрерывного оператора

$$\bar{D}_0 \sim \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{D_0 - D_1}{c_1 \dots c_{n-1}} & \frac{D_1 - D_2}{c_2 \dots c_{n-1}} & \dots & \frac{D_{n-2} - D_{n-1}}{c_{n-1}} & D_{n-1} \end{pmatrix}$$

и ограниченного оператора

$$\bar{D}_1 \sim \begin{vmatrix} 0 & c_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & c_{n-1} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{vmatrix}$$

Норма оператора  $\bar{D}_1$  может быть сделана сколь угодно малой за счет выбора чисел  $c_i$ .

Пусть оператор  $(E - D_{n-1})^{-1}$  существует. Далее,  $\bar{B}$  есть положительный вполне непрерывный оператор, т.к.  $B$  — положительный, вполне непрерывный оператор и  $s_1, s_2, \dots, s_n$  — целые положительные числа. Ряд

$$\sum \bar{x}_i s_i^\rho < \infty,$$

где  $\bar{x}_i$  — собственные значения  $\bar{B}$ , а  $\rho$  из (5).

Доказательство суммируемости по Абелю рядов по с. п. элементам уравнения (5) проводится по той же схеме, что и в работе [1].

Для всех  $\lambda$ , лежащих на лучах, выходящих из начала и не лежащих внутри сектора

$$\Lambda: -\varepsilon < \arg \lambda < +\varepsilon \quad \left(0 < \varepsilon < \frac{\pi}{2}\right), \quad (9)$$

имеют место следующие оценки резольвенты  $(\bar{E} - \lambda \bar{B})^{-1}$ , а именно:

$$\|(\bar{E} - \lambda \bar{B})^{-1}\| < \frac{1}{\sin \varphi},$$

где  $\varphi$  — наименьший угол, который образует луч с образующими сектора

$\Lambda_1: -\varepsilon_1 < \arg \lambda < \varepsilon_1$ , где  $0 < \varepsilon_1 < \varepsilon$

Тогда вне сектора (9) имеет место оценка

$$\|(\bar{E} - \lambda \bar{B})^{-1}\| < c$$

равномерная относительно  $\lambda \in \Lambda$ .

За счет выбора чисел  $c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$  и вполне непрерывности оператора  $\bar{D}_0$  для достаточно больших по модулю  $\lambda$  ( $\lambda \in \Lambda$ ) норма оператора  $\bar{D}_0(\bar{E} - \lambda \bar{B})^{-1}$  также сколь угодно мала.

Выбрав желаемые значения  $c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$  и достаточно большое  $\lambda_0$ , имеем, что при всех  $\lambda$  ( $|\lambda| > |\lambda_0|$ )  $\|\bar{D}_0(\bar{E} - \lambda \bar{B})^{-1}\| < 1$  и, следовательно,  $[\bar{E} - \bar{D}_0(\bar{E} - \lambda \bar{B})^{-1}]^{-1}$  существует и ограничен для  $\lambda \in \Lambda$  и  $|\lambda| > |\lambda_0|$ .

Следовательно,

$$\|(\bar{E} - \bar{D} - \lambda \bar{B})^{-1}\| < C, \quad (10)$$

где  $C$  зависит от  $\lambda \in \Lambda$  ( $|\lambda| > |\lambda_0| \geq N$ ).

Обозначим через  $G$  область комплексной плоскости  $\lambda$ , получающуюся объединением сектора (9) и точек  $\lambda$ , для которых  $|\lambda| \leq |\lambda_0| < N$ , и  $N$  из (10).

Обозначим далее через  $\gamma$  простирающийся в бесконечность кон-

тур, ограничивающий область  $G$  и рассмотрим интеграл

$$\bar{u}(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} e^{-\lambda t} (\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B} (\bar{E} - \lambda (E - \bar{D})^{-1} \bar{B})^{-1} f d\lambda. \quad (11)$$

Направление интегрирования выбирается так, что область  $G$  остается справа от контура.

Доказательству теоремы предпошлим ряд лемм, аналогичных леммам работы [1].

Лемма 1.

Если  $\bar{x} = (\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B} \bar{y}$ , то

$$\lim_{t \rightarrow +0} \bar{u}(t) = \lim_{t \rightarrow +0} \int_{\gamma} e^{-\lambda t} (\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B} (\bar{E} - \lambda (\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B})^{-1} \bar{f} d\lambda.$$

Лемма 2.

Вычет функции  $e^{-\lambda t} (\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B} \bar{y}$  в полюсе  $\lambda_1$  резольвенты равен

$$-\sum_{s=1}^{s_1} C_s(t) \bar{x}_s, \quad (12)$$

где  $\bar{x}_s, x_{s+1}, \dots, x_{s_1}$  — жорданов базис оператора  $(\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B}$  в корневом подпространстве  $S_1$ , а  $C_s(t)$  — коэффициенты, вычисляемые по формулам (3) и (4).

Лемма 3.

Если выполнены условия теоремы, то справедлива формула

$$u(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} e^{-\lambda t} (\bar{E} - \bar{D})^{-1} \bar{B} (\bar{E} - \lambda (E - \bar{D})^{-1} \bar{B})^{-1} \bar{f} d\lambda = \sum_{v=1}^{\infty} \left( \sum_{s=N_v+1}^{N_{v+1}} C_s(t) \bar{x}_s \right),$$

где интеграл берется по контуру  $\gamma$ . При этом ряд справа сходится абсолютно, т.е.

$$\sum_{v=1}^{\infty} \left\| \sum_{s=N_v+1}^{N_{v+1}} C_s(t) \bar{x}_s \right\| < \infty$$

Далее, устанавливается связь между с. п. элементами линейного уравнения (6) и некоторого операторного пучка по степеням оператора  $\lambda^1 B^{s_1+\dots+s_1}$  в с коэффициентами зависящими от операторов  $D_0, D_1, \dots, D_{n-1}$ .

Если нам заранее заданы вполне непрерывные операторы  $A_0, A_1, \dots, A_{n-1}$ , то, исходя из них, строим систему линейных уравнений относительно операторов  $D_0, D_1, \dots, D_{n-1}$  путем приравнивания коэффициентов при  $\lambda^1 B^{s_1+\dots+s_1}$  оператору  $A_1$ .

Последнее из полученных равенств нам дает выражение для  $D_{n-1}$ .

$$D_{n-1} = \frac{1}{\alpha_{n-1}} A_{n-1}.$$

Подставляя выражения операторов  $D_{n-1}$  через  $A_{n-1}$  в выражение

коэффициента при  $\lambda^{n-2} B^{\sum_{i=1}^{n-2} S_i}$  и приравнивая его  $A_{n-2}$ , находим выражение  $D_{n-2}$ .

Зная  $D_{n-1}, D_{n-2}$ , аналогично определяем  $D_{n-3}$  и т.д.

Операторы  $D_0, D_1, \dots, D_{n-1}$  вполне непрерывны, т.к. являются линейными комбинациями вполне непрерывных операторов.

Имея в (7) вместо  $D_1$  операторы, найденные через  $A_1$  указанным способом, приходим к уравнению

$$L(\lambda)x = \left( \sum_{l=0}^{n-1} \lambda^l (A_1 - \alpha_1) B^{s_1+s_2+\dots+s_l} - \lambda^n B^{s_1+s_2+\dots+s_n} \right) x = x,$$

что и требовалось доказать.

Анализ доказательства теоремы 1 показывает, что если вместо оператора  $\bar{D}$  возьмем оператор

$$\bar{D}' \sim \begin{vmatrix} 0 & c_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{D_0 - D_1}{c_1 c_2 \dots c_{n-1}} & \frac{D_1 - D_2}{c_2 \dots c_{n-1}} & \dots & \dots & D_{n-1} + A_{n-1} + E \end{vmatrix},$$

где  $A_{n-1}$  ограниченный оператор, для которого  $\|A_{n-1} + E\| < 1$ , то справедлива.

Теорема 2.

Пусть выполнены условия теоремы 1 и, кроме того,  $A_1$  — некоторые ограниченные операторы, для которых

$$\max |c_1| + \sum_{k=0}^{n-2} \frac{\|A_k'\|}{\|c_{k+1} \dots c_{n-1}\|} + \|A_{n-1} + E\| = q < 1$$

оператор  $\frac{A_{n-1}}{\alpha_{n-1}} + A_{n-1}$  ограниченно обратим, тогда справедливо утверждение теоремы 1 для оператора

$$L(\lambda) = \sum_{l=0}^{n-1} \lambda^l (A_1 + A_1' - \alpha_1) B^{s_1+\dots+s_l} + \lambda^n B^{s_1+\dots+s_n}.$$

#### Литература

Лидский В. Б, Труды математич. об-ва, т. II, 1962.

Институт математики и механики

Поступило 27. X 1978

СПЕКТРАЛ ПАРАМЕТРДЭН ПОЛИНОМИАЛ АСЫЛЫ ӨЗ-ӨЗҮНӨ ГОШМА ОЛМАЖАН ОПЕРАТОРЛАРЫН МӘХСУСИ ЕЛЕМЕНТЛӘРИНЭ НЭЗЭРЭН ДҮЗЭЛМИШ ЧОХГАТ АҖРЫЛЫШЛАРЫН АБЕЛ ҮСУЛУ ИЛЭ ЈЫГЫЛМАСЫ НАГГЫНДА

Тутаг ки,  
1)  $B$ —тамам кәсилмәз мүсбәт оператор  
 $\rho$  елә бир мүсбәт әдәдир ки,

$$\sum_{i=1}^{\rho} \frac{\rho}{s_i} < \infty$$

( $\alpha_i - B$  операторунун мәхсуси әдәлләридир).

2)  $0 < s_1 < s_2 < \dots < s_{n-1} < s_n$  там әдәлләридир.

3)  $A_i$  тамам кәсилмәз операторлардыр;  $\alpha_i > 0$  ( $i=0, n-1$ ),  $\alpha_{n-1} > 0$  елә бир әдәдир ки,  
( $E - \alpha_{n-1} A_{n-1}$ )<sup>-1</sup> мөвчүддур  
шәртләрини гәбул едәрәк Гилберт фәзасынын ихтијари  $n$  элементи  
 $f_i$  ( $i=0, n-1$ ), ( $f_i \in D_{B^i} - S_i$ ) үчүн

$$U\lambda = \sum_{i=0}^{n-1} \lambda^i (A_i - \alpha_i) B^{s_i} + s_2 + \dots + s_1 + \lambda^n B^{s_1} + s_2 + \dots + s_n$$

операторунун мәхсуси вә гошма элементләринә нәзәрән дүзәлдилмиш Фурје сырлары  $f_i$  элементләре үғун оларәг, Абел үсулу илэ јыгылмалары исбат олуур.

Dj. E. Allakhverdiev, R. M. Djabarzade

ON SUMMABILITY OF MULTIPLE EXPANSIONS OF SERIES ON EIGEN AND ADJOINT ELEMENTS OF OPERATORS POLYNOMIALLY DEPENDING ON SPECTRAL PARAMETER BY ABEL METHOD

In this paper the theorem is proved about possibility of summability by Abel method of Fourier series on eigen and adjoint elements

$$L(\lambda) = \sum_{i=0}^{n-1} \lambda^i (A_i - \alpha_i) B^{s_i} + s_2 + \dots + s_1 + \lambda^n B^{s_1} + s_2 + \dots + s_n$$

for the arbitrary  $n$  elements of Hilbert space if the following conditions are fulfilled:

1) Let  $B$  is a compact operator and  $\rho$  is such a positive number that  $\sum_{i=1}^{\rho} \frac{\rho}{s_i} < \infty$

where  $x_i$  are eigenvalues of  $B$

2)  $0 < s_1 < s_2 < \dots < s_{n-1} < s_n$  are integers.

3)  $A_i$  are compact operators and  $\alpha_{n-1} > 0$  is such a positive number that ( $E - \alpha_{n-1} A_{n-1}$ )<sup>-1</sup> exists and  $\alpha_i > 0$  ( $i=0, n-1$ ).

УДК 621.315.592.

Чл.-корр. АН Азерб. ССР М. И. АЛИЕВ, Д. Г. АРАСЛЫ, Р. Н. РАГИМОВ  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ  
2InSb—In<sub>2</sub>GeTe

Твердые растворы между InSb и «гипотетическим» соединением In<sub>2</sub>GeTe впервые были получены Дж. Вулем и Е. Вильямсом [1]. Аналогичные системы ранее исследованы Н. А. Горюновой [2]. В этих работах было обращено внимание в основном на получение твердых растворов и исследование некоторых электрических и оптических свойств их. Установлено, что In<sub>2</sub>GeTe в самостоятельном виде не получается и проявляет себя лишь в твердых растворах. Поэтому это соединение считается гипотетическим.

В четвертой системе 2InSb—In<sub>2</sub>GeTe из-за переменной валентности, германий, занимая места в анионной и катионной подрешетках, оказывается в кристаллографически неравноценных позициях. Изменение степени дефектности с составом в твердых растворах 2InSb—In<sub>2</sub>GeTe, а также перемена валентности аннона должны сказываться на физических свойствах, особенно на теплопроводности. Поэтому исследование теплопроводности этих материалов представляет большой интерес.

Твердые растворы 2InSb—In<sub>2</sub>GeTe нами были получены сплавлением InSb и соответствующих компонентов соединения In<sub>2</sub>GeTe по технологии [1]. Были получены твердые растворы до 10 мол.% In<sub>2</sub>GeTe. Нами проведено комплексное исследование электрических, термоэлектрических, гальваномагнитных, оптических и тепловых свойств. В данной работе приводятся некоторые результаты по исследованию тепловых свойств, т. е. температуропроводности и теплопроводности.

Методом светового импульсного нагрева измерена температуропроводность ( $\alpha$ ) InSb ( $n=4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ) и твердых растворов (2InSb)<sub>1-x</sub>(In<sub>2</sub>GeTe)<sub>x</sub> (до  $x \leq 0,1$ ) в температурном интервале 130+700°K. Экспериментальная установка и методика измерений подробно описаны нами в [3, 4].

№ об- разца-	мол % In <sub>2</sub> GeTe	$n$ см <sup>-3</sup>	$\alpha$ ом <sup>-1</sup> см <sup>-1</sup>	$a$ мкв. град <sup>-1</sup>	$d$ см <sup>2</sup> /сек <sup>-1</sup>	$x$ вт. см <sup>-1</sup> град <sup>-1</sup>	$x_p$ вт. см <sup>-1</sup> град <sup>-1</sup>
1	—	$4 \cdot 10^{16}$			0,16	0,21	0,21
2	0,4	$5 \cdot 10^{16}$	1997	45	0,155	0,19	0,18
3	1	$5,4 \cdot 10^{16}$	2395	42	0,11	0,14	0,12
4	2	$3,3 \cdot 10^{16}$	1320	43	0,08	0,1	0,099
5	4	$3,2 \cdot 10^{16}$	625	45	0,07	0,09	0,086
6	10	$2,5 \cdot 10^{16}$	300	45	0,05	0,065	0,055

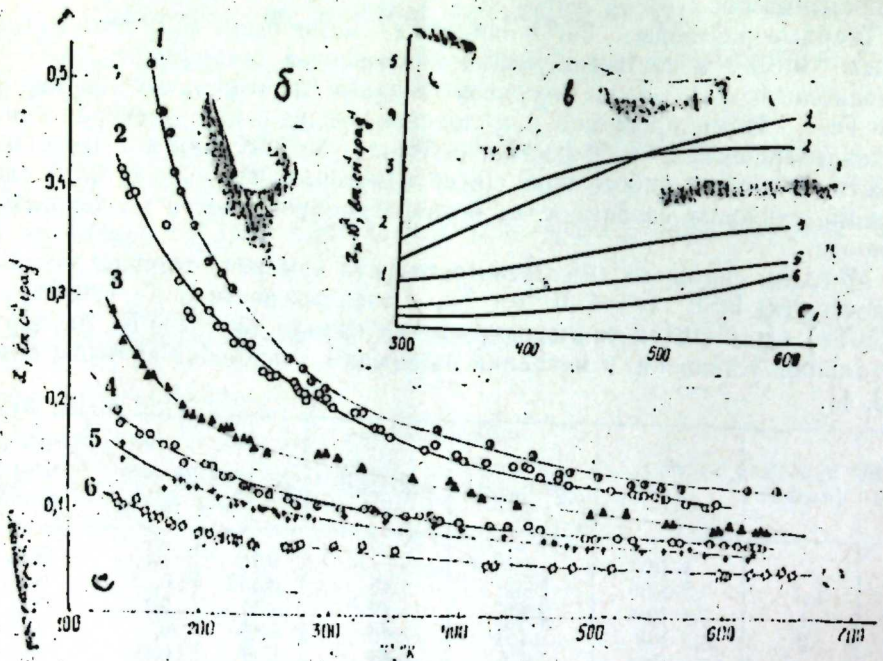
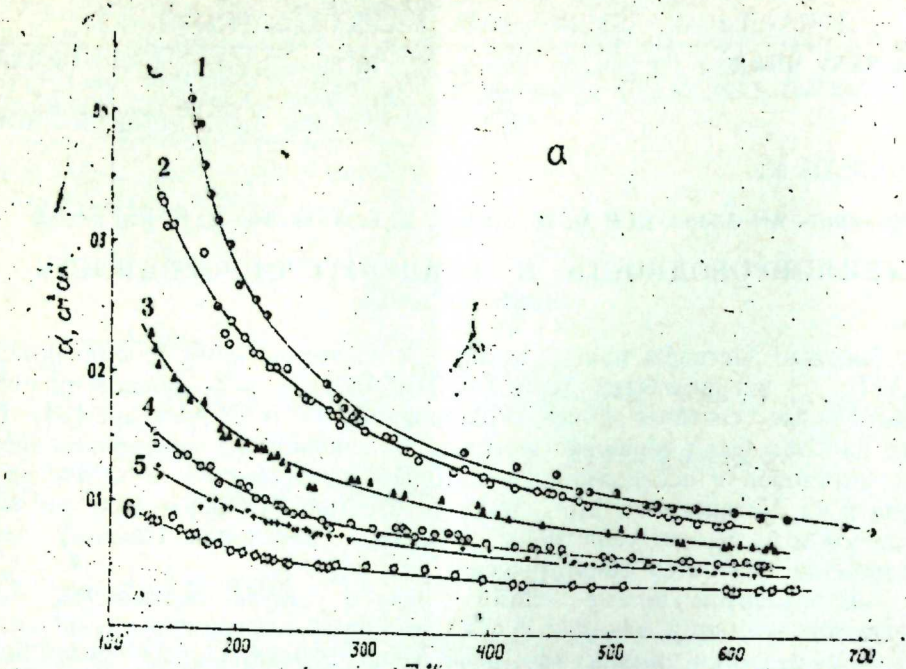


Рис. 1. Температурная зависимость теплопроводности (а), теплопроводности (б) и электронной теплопроводности (в)  $\text{InSb}-\text{In}_2\text{GeTe}$

Характеристика исследованных образцов при  $300^\circ\text{K}$  приведена в таблице.

На рис. 1, а представлена температурная зависимость  $\alpha$   $\text{InSb}$  и сплавов  $(2\text{InSb})_{1-x}(\text{In}_2\text{GeTe})_x$ . Из измеренных значений  $\alpha$  по формуле  $\chi_{\text{общ}} = \rho C \chi$  была вычислена общая теплопроводность. Значения плотности  $\rho$  и теплоемкости  $C$  сплавов для различных температур считались такими же, как в  $\text{InSb}$  и взяты из [5]. Температурная зависимость общей теплопроводности  $\text{InSb}$  и сплавов представлена на рис. 1, б.

Электронная теплопроводность исследуемых образцов вычислена по формуле Видемана—Франца для вырожденного случая и упругого характера рассеяния электронов (рис. 1, в). Как видно из рис. 1, в, при

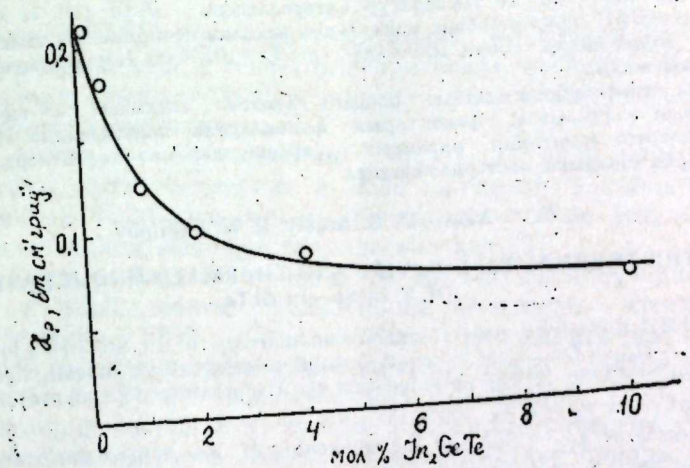


Рис. 2. Зависимость  $\chi_r$   $\text{InSb}-\text{InGeTe}$  от состава при  $300^\circ\text{K}$ .

$300^\circ\text{K}$  для всех образцов  $\chi_{\text{эл}}$  менее 10%  $\chi_{\text{об}}$ , а при  $600^\circ\text{K}$  образцах № 2, 3, 4 сравнима с решеточной.

На рис. 2 приведена зависимость теплопроводности от молекулярного состава при  $300^\circ\text{K}$ .

Анализ температурной зависимости теплопроводности решетки  $\text{InSb}$  показывает, что выше температуры Дебая  $\chi_r$  соответствует закону  $T^{-1,3}$ . При переходе к твердым растворам величина решеточной теплопроводности уменьшается и температурная зависимость подчиняется закону  $\chi_r \sim T^{-n}$ , где  $0,7 < n < 1,3$ . Подробный анализ температурной зависимости  $\chi_r$   $\text{InSb}$  проведен нами в [6] и показано, что в межфононном рассеянии, наряду с трехфононными, существенную роль играют и четырехфононные процессы. Уменьшение численного значения  $\chi_r$  и ослабление ее температурной зависимости с составом характерно для твердых растворов и согласно теории Клеменса [7] может быть объяснено наличием, дополнительно к процессам переброса также рассеяния фононов в беспорядочной структуре сплавов и дефектах.

Литература

- Nooley J. C., Williams E. J. Electrochem. Soc., 111, 210, 1964.
- Горюнова Н. А., Прочухан В. Д. ФТТ, т. 2, вып. 1, 176, 1960.
- Алиев М. И., Гусейнов Р. Э., Араслы Д. Г. ИФЖ, 22, 1055, 1972.

4. Алиев М. И., Гусейнов Р. Э., Араслы Д. Г. «Изв. АН Азерб. ССР, серия ФТМН», № 3, 77, 1973. 5. Гультияев П. В., Петров А. В. ФТТ, 1, 368, 1959. 6. Алиев М. И., Гусейнов Р. Э., Араслы Д. Г., Джафаров З. А. Сб. «Термодинамические свойства металлических сплавов». Изд-во «Элм». 7. Klemens P. G. Phys. Rev., 119, 507, 1960.

Институт физики

Поступило 16.III 1979

М. И. Алиев, Д. Г. Араслы, Р. Н. Рагимов

### 2JnSb—Jn<sub>2</sub>GeTe = УН ИСТИЛИККЕЧИРМЭСИ ВЭ ТЕМПЕРАТУР КЕЧИРМЭСИ

Мәгаләдә 130—700° К температур интервалында JnSb ( $n_i = 1 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ ) вә (2JnSb)<sub>1-x</sub>(Jn<sub>2</sub>GeTe)<sub>x</sub> ( $x < 0,1$ ) бәрк мәнлууну истик кечирмәси вә температур кечирмәси тәдқиғ олунмушдур. Бәрк мәнлууда  $\kappa_p \sim T^{-n}$  ( $0,7 < n < 1,3$ ) гануна табе олдуғу мүнәддә олунмушдур.

$\kappa_p$ -нин тәркибиндән асылы оларағ гүмәтчә азалмасы вә онун температур асылылығынын эңфләмәси, фононларын фононлардан сәһләмәсиндә И-просесләрден эләвә фононларын эринтинин низамсыз дүзүлүшүндән вә дефектләрден сәһләмәсинин дә әсас рол ойнадығы көстәрилнишидир.

M. I. Aliev, D. G. Arasly, R. N. Ragimov

### THE THERMAL DIFFUSIVITY AND THERMAL CONDUCTIVITY OF 2 In Sb—In<sub>2</sub>GeTe

The thermal diffusivity and thermal conductivity of In Sb ( $n_i = 4 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ) and (2 In Sb)<sub>1-x</sub>(In<sub>2</sub>GeTe)<sub>x</sub> (up to  $x=0,1$ ) solid solutions were investigated in temperature range 130 to 700°K. It was obtained that the temperature dependence of  $\kappa_L$  of solid solutions follows law  $\kappa_L \sim T^{-n}$ , where  $0,7 < n < 1,3$ .

The decrease of  $\kappa_L$  value and the weakening of its temperature dependence as function of composition may be explained by the phonon scattering on the disordered alloy structure additionally to U-processes.

УДК 537.311.33

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А. О. АЛИЕВ, И. С. БАУКИН, В. И. ТАГИРОВ

### АНИЗОТРОПИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОПРОВОДИМОСТИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ SbSI

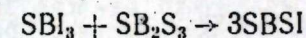
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Б. Абдуллаевым)

Соединение SbSI привлекает внимание благодаря наличию у него полупроводниковых и сегнетоэлектрических свойств. Кристаллы этого соединения имеют большие значения пьезоэлектрических постоянных к всестороннему сжатию.

Первые опыты по выращиванию SbSI [1] дали обнадеживающие результаты, хотя соединение и было получено в поликристаллическом состоянии. Наиболее серьезные технологические результаты завершились получением монокристаллических игл [2].

В настоящем сообщении приводятся данные по получению монокристаллов и исследованию анизотропии некоторых электрических свойств соединения SbSI. Исследования проводились на образцах, изготовленных из совершенных монокристаллических пластинок.

Для синтеза SbSI использовалось соединение SbI<sub>3</sub> и элементарные компоненты Sb и S, взятые в стехиометрическом соотношении, позволяющем получить Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Взаимодействие бинарных компонент давало возможность получить соединение SbSI по реакции



Синтез проводился в вертикально расположенной периксово́й ампуле при температуре 430°С, которая достигалась медленным нагреванием в течение 70 ч. При температуре синтеза ампула выдерживалась в течение 48 ч.

Формирование монокристалла происходило в результате медленно́го охлаждения расплава при горизонтальном расположении ампулы. Наличие температурного градиента ( $\Delta T = 3,0 \text{ град./см}$ ) в направлении полости печи создавало возможность для перемещения фронта кристаллизации вдоль слитка. Охлаждение производилось со скоростью 0,40 град/ч. После достижения температуры 360°С, дальнейшее охлаждение производилось в режиме выключенной печи. В результате получились монокристаллические пластины длиной до 120 мм, шириной—20 мм и толщиной—10 мм. Одновременно наблюдалось и образование монокристаллических игл длиной до 80 мм, шириной—4 мм и толщиной от 2 до 3 мм. На рис. 1 представлен монокристаллический слиток соединения SbSI.

Проведенный рентгеноструктурный анализ подтвердил получение соединения SbSI. Изучение дебаевских линий, снятых на пластинках и иглах, показало идентичность дебаевских линий. Вычисленные параметры решетки дали следующие значения:  $a = 8,51 \text{ \AA}$ ,  $b = 10,13 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,11 \text{ \AA}$ .



Полученные результаты хорошо совпадают с литературными данными [3].

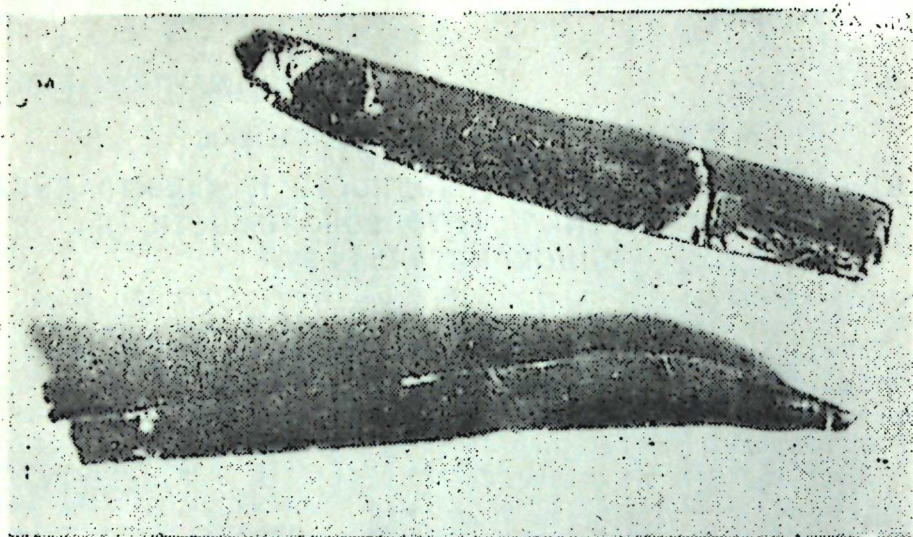


Рис. 1.

При изучении спектральной зависимости фоточувствительности было обнаружено, что максимум располагается в интервале длин волн 6,0—6,1 мкм. Зависимость фототока от длины волны излучения представлена на рис. 2.

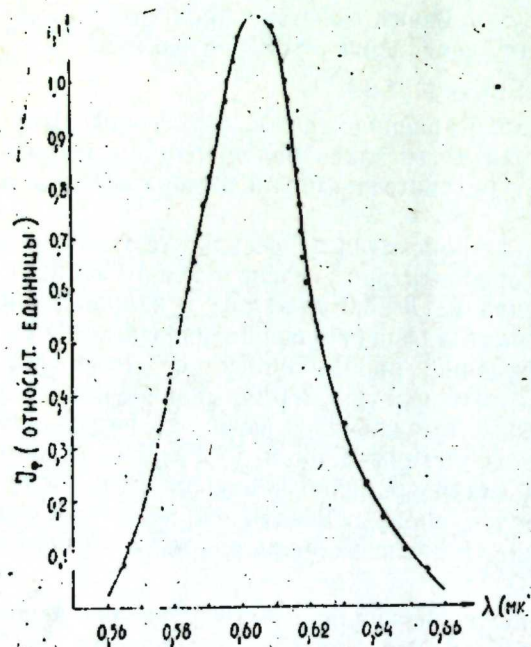


Рис. 2.

Из спектральной зависимости, снятой при комнатной температуре, определена ширина запрещенной зоны, равная 1,99 эв, что удовлетворительно согласуется со значением, полученным из оптических измерений [4].

На рис. 3 приведены графики температурной зависимости электропроводности, измеренной в трех кристаллографических направлениях: *a*, *b*, *c* (2, 3, 1 соответственно). Измерения проводились в интервале температур от комнатной до 100°C. Величины электропроводностей, вычисленных, при комнатной температуре, в различных кристаллогра-

фических направлениях, оказались равными:  $\alpha_a = 2,1 \cdot 10^{-9} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ,  $\alpha_b = 1,1 \cdot 10^{-9} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ,  $\alpha_c = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ . Из приведенных значений

видно, что монокристаллы SbSI обладают сильной анизотропией. В направлении оси «С» электропроводность приблизительно в 40 раз больше, чем в направлениях, перпендикулярных оси «С».

Эти графики отчетливо демонстрируют фазовый переход в соединении SbSI при 20°C. Из температурной зависимости электропроводности была вычислена энергия активации донорных уровней для сегнетоэлектрических и параэлектрических фаз:  $u_1 = 0,81 \text{ эв}$ ,  $u_2 = 0,56 \text{ эв}$ , соответственно.

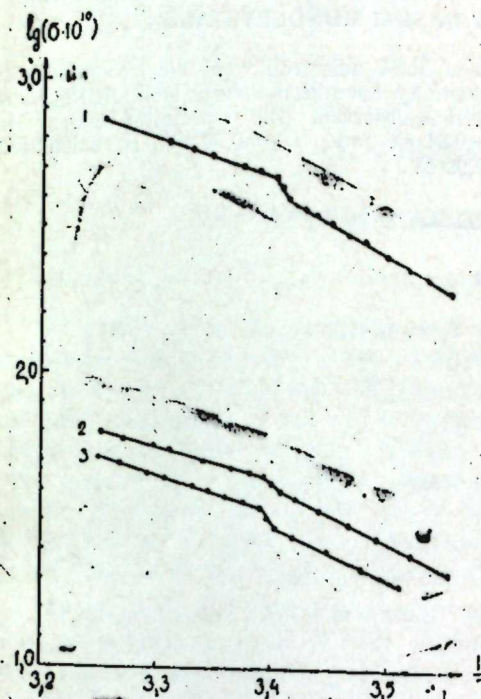


Рис. 3.

#### Литература

1. Toshio Mori and Hidemasa Tamura J. Phys. Soc. Japan, 19, 1247, 1964.
2. Бездетный Н. М., Зейналлы А. Х. Авт. свид. на изобретение №232288, 1969.
3. Kikuchi A., Oka Y. and Sawaguchi E. J. Phys. Soc. Japan, 23, 337, 1967.
4. Берга Д. М., Сливка В. Ю. Сб. "Полупроводниковая электроника", 1971.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 14. II 1979

Э. О. Элиев, И. С. Баукин, В. И. Таиров

#### SbSI МОНОКРИСТАЛЫНДА ЭЛЕКТРИККЕЧИРИЧИЛИЈИН АНИЗОТРОПИЈАСЫ ВЭ ФОТОКЕЧИРИЧИЛИЈИН СПЕКТРАЛ ХАРАКТЕРИСТИКАСЫ

Мағаләдә бөјүк өлчүдү SbSI монокристаллынын алынмасы, онун фотокечиричилијини спектрал характеристикасы вэ электриккечиричилијини анизотропијасы өјрөнил- вэ мүзјјөн олуиушдур ки, лај вэ лајлара перпендикулјар истигамәтдә электриккечи- мишдир. SbSI монокристаллында 20°C температурда фаза кечиди мүшәһидә олуиуш ричилијини гижәти 40 дәфәјә јакын фәргләнир. Сегнето вэ параэлектрик фазалар үчүн активләшмә енерјисинин гижәти ујгун олараг  $U_1=0,81 \text{ эв}$ ,  $U_2=0,56 \text{ эв}$  тапылмышдыр. Фотокечиричилијини спектрал асылыгындан гадаган олуиуш зонанын енини Eg-1,99 эв олдуғу мүзјјөн олуиушдур.

THE ANISOTROPY OF CONDUCTIVITY AND SPECTRAL CHARACTERISTIC OF PHOTOCONDUCTIVITY IN SBSI MONOCRYSTALS

The condition of single crystals growth of SbSI anisotropy of electroconductivity and the spectral characteristics of photoconductivity have been investigated. In the work a phase transition at 20° in this crystal of SbSI is observed. The activation energy in the ferroelectric and paraelectric phases  $U_1=0,81$  eV and  $U_2=0,56$  eV is calculated. It was found that the bound gap is equal to 1,99 eV.

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

У. С. ПАШАБЕКОВА

ПОЛЯРОНЫ В ПОЛУМЕТАЛЛАХ HgTe

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Б. Абдуллаевым)

В работе [1] была вычислена собственная энергия полярона для вырожденной валентной зоны в наименьшем приближении по константе электрон-фононной связи. Рассмотренная в [1] ситуация близко описывает дырочные зоны в полупроводниках типа  $A^{III}BV$  и  $A^{II}BVI$  сферическом приближении. Существенной чертой расчета является учет межзонного рассеяния, приводящего к изменению эффективной массы, полярона по сравнению с результатом для стандартной зоны. В частности, поляронная эффективная масса тяжелой дырки может даже стать меньше эффективной массы свободной дырки.

Известно, что HgTe обладает инвертированной зонной структурой полупроводников типа  $A^{III}BV$ , вследствие чего зона тяжелых дырок оказывается вырожденной в центре зоны Бриллюэна с зоной проводимости. За исключением этого обстоятельства зонная структура HgTe подобна зонной структуре полупроводников типа  $A^{III}BV$ , поэтому можно попытаться перенести схему расчета собственной энергии полярона из работы [1] к случаю зонной структуры HgTe.

Согласно формуле (7) работы [1] собственно-энергетическая часть содержит члены вида:

$$\sum_{\vec{k}'} (\vec{\kappa}, \vec{\kappa}') = \sum_{\vec{k}'} |M_{\vec{\kappa}\vec{\kappa}'}|^2 \frac{a + b \frac{(\kappa\kappa')^2}{\kappa^2 \cdot \kappa'^2}}{\frac{\kappa^2}{2m} - \frac{\kappa'^2}{2m'} - \omega} \quad (1)$$

здесь:

$$\left| \frac{M_{\vec{\kappa}\vec{\kappa}'}}{\kappa\kappa'} \right|^2 = \frac{2\pi e^2 \omega}{|\vec{\kappa} - \vec{\kappa}'|} \left( \frac{\epsilon_{\infty}^{-1}}{\epsilon_0^{-1}} - \frac{\epsilon_0^{-1}}{\epsilon_{\infty}^{-1}} \right) \quad (2)$$

Для внутризонных членов  $m=m'$  и  $a = \frac{1}{4}$ ,  $b = \frac{3}{4}$ , а для межзонных:  $m \neq m'$  и  $a = -b = \frac{3}{4}$ , при этом  $m$  и  $m'$  имеют разные знаки.

Введем следующие обозначения:

$$U = \sqrt{2m\omega}; \quad \beta = \frac{u}{k};$$

$$C = \frac{m/m'}{\beta^2 - 1}; \quad \alpha = \frac{e^2}{2} (\epsilon_\infty^{-1} - \epsilon_0^{-1}) \frac{u}{\omega} \quad (13)$$

Тогда после интегрирования по  $k'$  находим:

$$\sum (\bar{k}, \epsilon(\bar{k})) = -\alpha \omega \frac{\beta}{\beta^2 - 1} \left\{ \left( a - \frac{\beta c}{4} + \frac{\beta}{2} - \frac{\beta}{4c} \right) I_1(c) + \right. \\ \left. + \frac{\beta(1-c)}{2c} I_2(c) + \frac{\pi}{2} \frac{\beta}{4} \right\}, \quad (4)$$

где:

$$I_1(c) = \begin{cases} \frac{1}{c} \operatorname{arctg} \sqrt{c} & , \text{ если } c > 0 \\ 0 & , \text{ если } -1 < c < 0 \\ \pi/2c & , \text{ если } c < -1 \end{cases} \quad (5)$$

$$I_2(c) = \begin{cases} \frac{1}{2\sqrt{c}} & , \text{ если } c > 0 \\ 0 & , \text{ если } c < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Вычислим теперь сдвиг поляронной зоны и поправку к эффективной массе электронов и дырок. Полагая в (4),  $\beta \gg 1$  имеем:

$$\sum^{(0)} = -\frac{(\alpha_e - \alpha_h) \omega}{2}, \quad (7)$$

где  $\sum^{(0)}$  величина сдвига вершины валентной зоны и дна зоны проводимости.

Поляронная эффективная масса как для электронов, так и для дырок имеет одинаковый вид:

$$m_{e,h}^* = m_{e,h} \left( 1 + \frac{11}{60} \alpha_{e,h} \right)^{-1} \quad (8)$$

где  $\alpha_{e,h}$  определяется формулами [3] с соответствующими эффективными массами.

Из последнего выражения видно, что поляронная эффективная масса обоих типов носителей тока меньше, чем для свободных.

#### Литература

Beni G., Rice T. M. Phys. Rev. B. 15, 840, 1977.

АПИИ им. В. И. Ленина

Поступило 10. V. 1979.

У. С. Пашабэкова

#### Нг Те ЖАРЫММЕТАЛЛААРЫНДА ПОЛЖАРОНЛААР.

Нг, Те жарымметаллында электрон ба дешикларин полжарон эффектив кутлэси хесаблинмышдыр.

Көстөрлөмөшдир ки, һәм электронларын, һәм да дешикларин полжарон эффектив кутлэси сәрбәст жүкдашыжычыларын эффектив кутлэлэриндэн кичикдир.

U. S. Pashabekova

#### POLARONS IN HgTe SEMIMETALS

The polaron mass of the electrons and holes was calculated in HgTe semimetals. It has been shown, that polaron mass both of the electrons and holes is less than of free current carry mass.

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Н. Г. ГУСЕЙНОВ, Р. А. МАМЕДОВ

АНИЗОТРОПИЯ ШИРИНЫ ЛИНИИ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА  
В ОДНООСНЫХ СЛАБЫХ ФЕРРОМАГНЕТИКАХ И  
АНТИФЕРРОМАГНЕТИКАХ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Б. Абдуллаевым)

Экспериментальные исследования показывают, что ширина линии магнитного резонанса в антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках существенно зависят от кристаллографических направлений [1, 2, 3, 4]. Сопоставление теоретических расчетов по анизотропии резонансных линий с экспериментально полученными результатами позволяет судить о правильности выбранной модели магнетика, а также оценить некоторые параметры теории.

Рассмотрим одноосные слабые ферромагнетики типа  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{NiF}_2$ , феноменологические гамильтонианы которых имеют следующий вид [5]:

$$H = \frac{A}{2} m^2 + \frac{a}{2} m_z^2 + \frac{b}{2} l_z^2 + d(m_x l_y - m_y l_x) + P(3l_x^2 l_y^2 - l_y^3) l_z + c(l_x^6 l_y^6 - 15l_x^4 l_y^4 + 15l_x^2 l_y^2) - \vec{m} \vec{h} \quad \text{— для } \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \quad (1)$$

$$H = \frac{A}{2} m^2 + \frac{a}{2} m_z^2 + \frac{b}{2} l_z^2 + d(m_x l_y + m_y l_x) + \frac{p}{2} l_x^2 l_y^2 - \vec{m} \vec{h} \quad \text{— для } \text{NiF}_2, \quad (2)$$

где  $A$ —параметр обменного взаимодействия,  $a$  и  $b$ ,  $p$ ,  $c$ —константы магнитокристаллической анизотропии 2-го, 4-го, 6-го порядков соответственно,  $d$ —параметр Дзялошинского.

В (1) в качестве оси  $Z$  выбрана ось [111] кристалла, а ось  $X$  направлена по одной из осей 2-го порядка в плоскости (111); в (2) осью  $Z$  выбрана тетрагональная ось кристалла, а ось  $X$  направлена по одной из осей 2-го порядка в плоскости (111).

Для того, чтобы в обоих кристаллах реализовались слабоферромагнитные состояния должны выполняться следующие условия:

$$b > 0, c + p^2/4b > 0 \quad \text{для } \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \quad (3)$$

$$Aa + d^2 > 0, Ap + 4d^2 > 0 \quad \text{для } \text{NiF}_2 \quad (4)$$

В дальнейшем для обоих кристаллов будем рассматривать два случая: 1) магнитное поле лежит в плоскости  $xz$  и составляет угол  $\theta$

с осью  $z$  кристалла; 2) магнитное поле лежит в базисной плоскости, составляя угол  $\varphi$  с осью  $x$ .

Будем считать, что во 2-ом случае всегда  $m \parallel h$  для чего необходимо выполнение следующих условий:

$$h > 36A(l + p^2/4b)/d \quad \text{для } \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \quad (5)$$

$$h > (4d^2 + Ap)/d \quad \text{для } \text{NiF}_2 \quad (6)$$

правые стороны этих неравенств представляют собой эффективные поля анизотропии в базисной плоскости. Как видно из (6), анизотропия в базисной плоскости в  $\text{NiF}_2$  определяется параметром  $d$ .

Как показано в работе [5], ширина резонансного поля связана с шириной резонансной линии следующим соотношением:

$$\Delta H = \frac{\Delta \omega}{dH} \quad (7)$$

Для слабых ферромагнетиков и антиферромагнетиков  $\Delta \omega = 2\lambda A$  [6].

Решая динамические уравнения для намагниченностей подрешеток в спин-волновом приближении для низкочастотных ветвей получим:

$$\omega(\theta) = \gamma' \sqrt{H \sin \theta (d + H \sin \theta)} \quad (8)$$

$$\omega(\varphi) = \gamma' \sqrt{H(d + H) + H^2 \cos^2 \varphi} \quad (8)$$

для  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$

$$\omega(\theta) = \gamma' \sqrt{Ap + (H \sin \theta + d)(H \sin \theta + 4d)} \quad (9)$$

$$\omega(\varphi) = \gamma' \sqrt{Ap \cos^2 \varphi + (h + d |\cos 2\varphi|)(h + 4d |\cos 2\varphi|)}$$

для  $\text{NiF}_2$

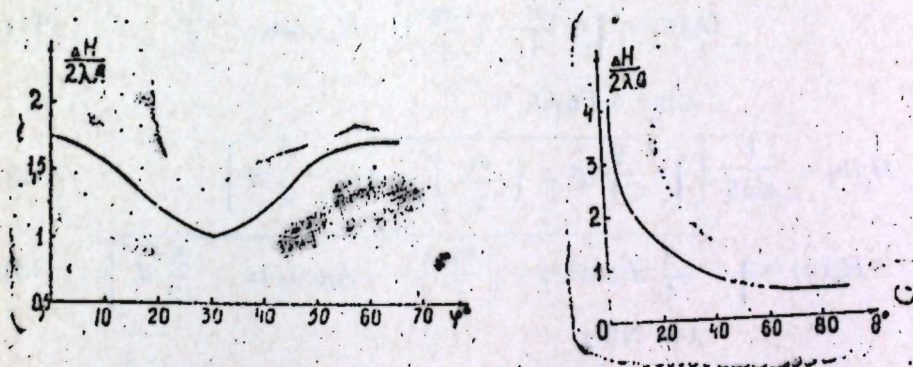


Рис. 1.

На основе (7), (8), (9) легко получить выражения для ширины резонансного поля. На рис. 1 и 2 представлены графики зависимостей

$\frac{\Delta H}{2\lambda A}$  от  $\theta$  и  $\varphi$  для  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{NiF}_2$  соответственно.

Величина резонансного поля является также анизотропной

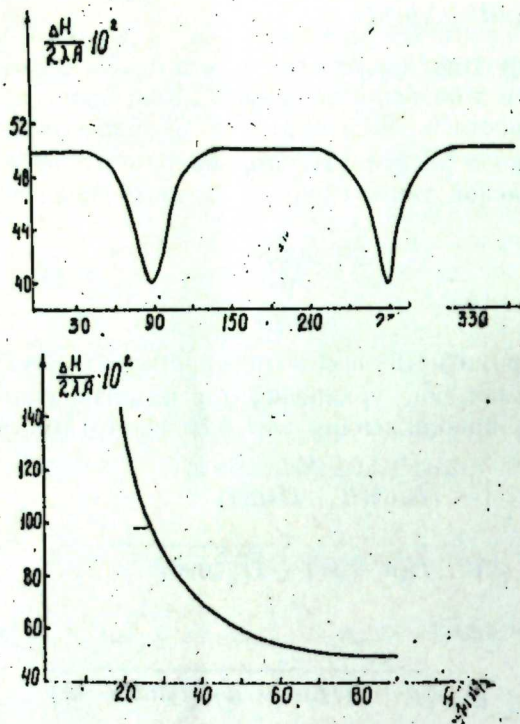


Рис. 2.

$$H_p(\theta) = \frac{1}{\sin\theta} \left[ \sqrt{\frac{d^2}{4} + \left(\frac{\omega_p}{\gamma}\right)^2} - \frac{d}{2} \right] \quad (10)$$

$$H_p(\varphi) = \sqrt{\frac{d^2}{4} + \left(\frac{\omega_p}{\gamma}\right)^2} - H_\Delta \cos 6\varphi - \frac{d}{2} \quad (11)$$

для  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  и

$$H_p(\theta) = \frac{1}{\sin\theta} \left[ \sqrt{\frac{9}{4}d^2 + \left(\frac{\omega_p}{\gamma}\right)^2} - A\rho - \frac{5}{2}d \right] \quad (12)$$

$$H_p(\varphi) = \sqrt{\frac{9}{4}d^2 \cos^2 2\varphi + \left(\frac{\omega_p}{\gamma}\right)^2} - A\rho \cos 4\varphi - \frac{5}{2}d \quad (13)$$

для  $\text{NiF}_2$

Как видно из (10) и (12)  $H_p(\theta)$  изменяется по закону  $\frac{1}{\sin\theta}$ , что хорошо согласуется с экспериментом [1, 2, 3, 4].

В работе [3] была экспериментально исследована угловая зависимость резонансного поля в случае, когда постоянное магнитное поле лежит в базисной плоскости. Сравнение показывает, что полученное выражение для  $H_p(\varphi)$  (11) прекрасно описывает экспериментальную кривую.

Используя результаты эксперимента и формулу (12) можно оценить параметр  $H_\Delta$ , а именно  $H_\Delta = 3300$  э.

#### Литература

1. Tasa:bi A. Oida. J. phys. soc. Japan, 18, 8, 1961.
2. Kitagaki H., Abe H. Phys. Rev., 99, 116, 1955.
3. Williamson S., Foner S. Phys. Rev., 136, M 6, 1964.
4. Кострюкова М. О., Каширская Л. М. Письма в ЖЭТФ, 9, 7, 5, 1969.
5. Гусейнов Н. Г. Канд. дисс. Баку, 1962.
6. Туров Е. А., Гусейнов Н. Г. ЖЭТФ, 38, 136, 1960.

Институт физики

Поступило 10. V 1979

Н. Г. Гусейнов, Р. Э. Мамедов

#### БИРОХЛУ ЗЭИФ ФЕРРОМАГНИТ ВЭ АНТИФЕРРОМАГНИТЛЭРДЭ МАГНИТ РЕЗОНАНС ХЭТТИНИН ЕНИНИН АНИЗОТРОПИЈАСЫ

Мэгалэдэ нэзэри олараг бирохлу зэиф ферромагнит вэ антиферромагнитлэрдэ резонанс хэттинин енинин анизотропијасы тэдгиг еднмишдир. Кэстэрилмишдир ки, резонанс саһэсинин гижэти дэ анизотропикдир.  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  вэ  $\text{NiF}_2$  типли кристаллар үчүн резонанс саһэсинин бучагдан асылылыг графиклэри гурулмушдур.

N. G. Guseinov, R. A. Mamedov

#### AN ANISOTROPY OF THE WIDTH OF THE RESONANCE LINE IN THE ANTIFERROMAGNETICS AND WEAK FERROMAGNETICS

Anisotropy of the width of the resonant field has been theoretically investigated. Angular dependences for  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{NiF}_2$  crystals have been plotted. It has been shown that the value of the resonant field is also anisotropic.

УДК 678.742.2/004.691:678.01:53

Р. М. АЛИГУЛИЕВ, С. А. АБАСОВ, Г. М. АЛИЕВ, Д. М. ХИТЕЕВА,  
С. И. МЕХТИЕВА, Я. Г. РАГИМОВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО КВАРЦЕВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. Б. Абдуллаевым)

Широкое использование полимерных материалов, и в частности, полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), в различных специфических областях техники предъявляет повышенные требования к комплексу физико-механических свойств и, в первую очередь, длительности срока службы изделий из него. Зачастую, для модифицирования свойств ПЭВП в желаемом направлении прибегают к механической модификации путем введения наполнителя, однако, вопросу изменения механической прочности и долговечности ПЭВП при введении в него последнего, несмотря на особую важность и актуальность, не всегда уделяется должное внимание.

Данная работа посвящена изучению наполнителя — тонкодисперсного кварца, на механическую прочность ПЭВП, получаемого в режиме среднего давления на окиснометаллических катализаторах. Тонкодисперсный кварц в расчетных количествах вводился непосредственно в полимерный раствор, отбираемый из отделения полимеризационной установки синтеза полиэтилена. Условия позволяли получать высокую однородность материала.

С целью установления оптимального количества кварца и выявления характера его воздействия на структуру на молекулярном уровне были первоначально изучены механические прочностные свойства ПЭВП исходного и его модификатов с различным содержанием кварца.

Долговечность образцов определялась при комнатной температуре (+25°C) на разрывной установке, обеспечивающей постоянство разрывного механического напряжения  $\sigma$  в течение опыта с помощью рычажного приспособления [1]. Как видно из рис. 1, отражающего полученные зависимости долговечности от разрывающего напряжения, для всех образцов при постоянной температуре выполняется формула [3]:

$$\tau = A \exp(-\alpha \sigma),$$

где  $A$  и  $\alpha$  — параметры, определяющие механические прочностные свойства материала. Из рис. 1 также видно, что механическая прочность (или долговечность при постоянном значении  $\sigma$ ) ПЭВП с увеличением количества кварца увеличивается и достигает наибольшего значения при 15%-ном содержании кварца. При дальнейшем увеличении содержания кварца наблюдается уменьшение прочности, что отчетливо прослеживается на примере изменения кратковременной механической прочности ПЭВП (рис. 2), в качестве которой принято меха-

ническое разрывающее напряжение  $\sigma$  при  $\lg \tau = 0$ , т. е. для  $\tau = 1$  сек. Следует отметить, что аналогичные экстремальные функции наблюдались при введении добавок селена и серы в полиэтилен [2].

С целью установления влияния кварца на энергетические характеристики процесса механического разрушения, в частности, на энергию активации, была изучена температурно-силовая зависимость долговечности (т. е. зависимость долговечности от механического напряжения при различных температурах) для образцов исходного ПЭВП и его модификата, содержащего 15% кварца (рис. 3). Температура варьировалась с помощью термокамеры с компенсацией жидким азотом, а ее постоянство в пределах опыта обеспечивалось терморегулятором типа ПП-4-08. Видно, что для наполненных и ненаполненных образцов при всех температурах выполняется указанная формула для долговечности, т. е. сохраняется линейное уменьшение  $\lg \tau$  от  $\sigma$ , причем с уменьшением температуры параметры  $A$  и  $\alpha$  увеличиваются. При экстраполяции прямых, соответствующих различным температурам в координатах  $\lg \tau - \sigma$  в сторону больших напряжений и малых долговечностей, наблюдается пересечение этих прямых в

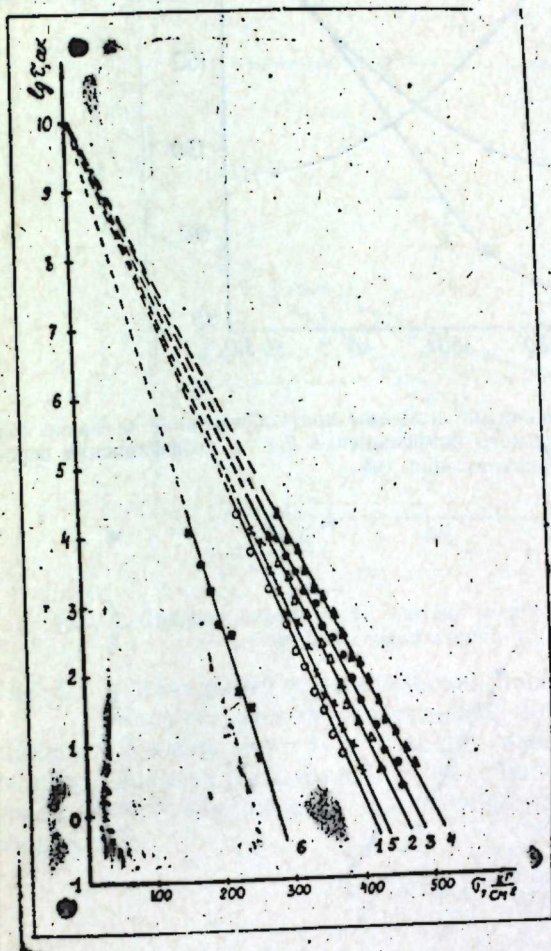


Рис. 1. Зависимость долговечности ПЭВП исходного (1) и модификатов, содержащих 5, 10, 15, 25 и 50 вес. % кварца (2, 3, 4, 5 и 6 соответственно) от разрывающего напряжения.

одной точке-полюсе при значении долговечности  $\lg \tau = -13$ , т. е.  $\tau = 10^{-13}$  сек. Обработка экспериментальных данных, приведенных на рис. 3 показала, что для изученных образцов температурные зависимости долговечности описываются экспоненциальным уравнением:

$$\tau = \tau_0 \exp \left[ -\frac{U(\sigma)}{RT} \right],$$

где предэкспоненциальный множитель  $\tau_0 = 10^{-13}$  сек совпадает с периодом собственных колебаний атомов около своих равновесных положений,  $U(\sigma)$  — энергия активации процесса механического разрушения,

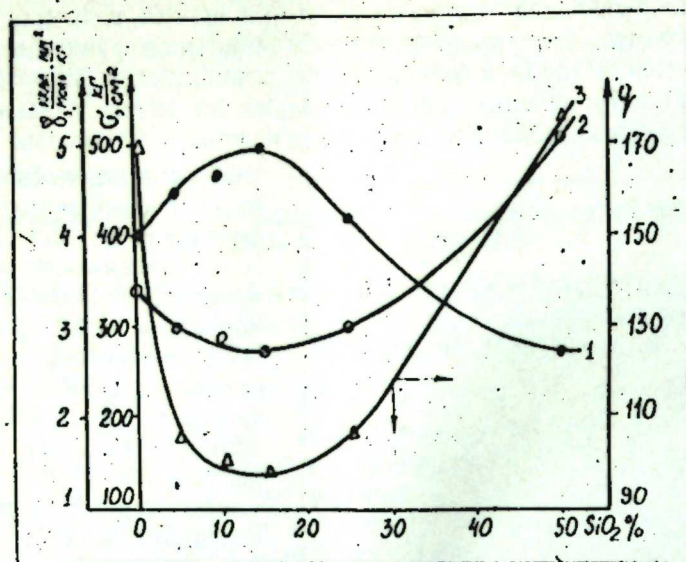


Рис. 2. Влияние степени наполнения на величины кратковременной механической прочности ( $\sigma$ ), структурно-чувствительного коэффициента ( $\gamma$ ) и коэффициента перенапряжения ( $q$ ).

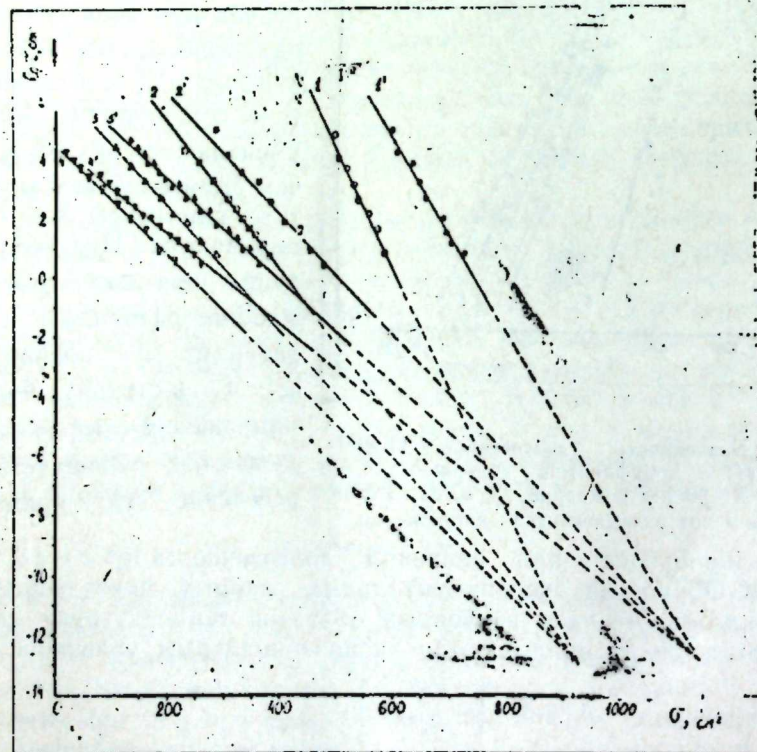


Рис. 3. Температурно-силовая зависимость долговечности ПЭВП и его модификатов: (1—4) — ПЭВП исходный, (1'—4') — ПЭВП+15 вес.% кварца. Прямые 1, 2, 3, 4 — даны для температур (-25°C), 25, 50 и 75°C соответственно.

зависящая от напряжения  $\sigma$ ,  $R$  — универсальная газовая постоянная. Приняв  $\tau_0 = -13$ , и подставив в формулу  $U(\sigma) = 2,3RT(\lg \tau - \lg \tau_0)$  [3,4], вычисляем значение энергетического барьера  $U$  для каждого значения логарифма долговечности и температуры  $T$ , приведенных на рис. 3. Зависимости  $U$  от разрывного напряжения (рис. 4) могут быть описаны уравнением:

$$U = U_0 - \gamma\sigma,$$

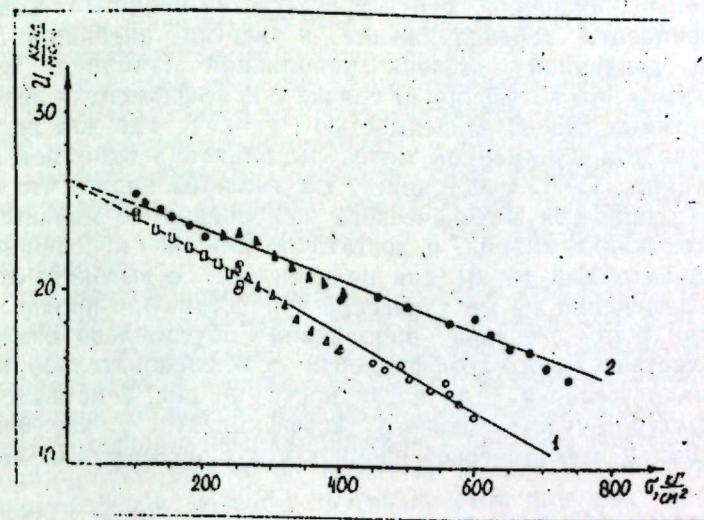


Рис. 4. Силовая зависимость энергии активации разрушения ПЭВП (1) и модификата, содержащего 15 вес.% кварца (2).

где  $U_0$  — начальный энергетический барьер при  $\tau=0$ ,  $\gamma$  — структурно-чувствительный коэффициент, определяемый из наклона прямой (рис. 4), т. е. для наполненного кварцем и ненаполненного полиэтилена выполняется общая закономерность температурно-силовой зависимости долговечности, выражаемая общезвестной формулой:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{RT}\right)$$

Вычисленные значения  $\tau_0$ ,  $U_0$  и  $\gamma$  для ПЭВП и ПЭВП+15% SiO<sub>2</sub> при-

Влияние степени наполнения на величины начальной энергии активации разрыва  $U_0$ , структурно-чувствительного коэффициента  $\gamma$  и коэффициента перенапряжения  $q$

Содержание кварца, %	$\sigma$ , кг/см <sup>2</sup>	$a$ , мм <sup>2</sup> /кг	$\gamma$		Коэффициент перенапряжения $q = \frac{\gamma}{Va}$	$U_0 = \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$
			$\frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$	$\frac{\text{мм}^2}{\text{кг}}$		
0	400	7,75	3,427	240	170	26
5	450	5,06	3,016	211	105,5	26
10	470	4,83	2,878	203	101,5	26
15	500	4,60	2,741	196	98	25
25	420	5,9	3,052	213	116,5	26
50	270	8,51	5,072	357	178,5	26

введены в таблицу, в которую включены также значения механической прочности  $\sigma$  при  $\tau = \text{сек}$ .

Используя для расчетов имеющиеся место зависимости на осно-

$$A = \tau_0 \exp \left( \frac{U_0}{RT} \right) \text{ и } \alpha = \frac{\gamma}{RT},$$

вании полученных экспериментальных исследований нами были определены значения структурно-чувствительного коэффициента, коэффициента перенапряжения и энергии активации  $U_0$  для модификатов различной степени наполнения (таблица, рис. 2). Следует отметить, что коэффициент связан с коэффициентом перенапряжения межатомных связей зависимостью  $\gamma = qV_a$ , где для полимеров  $V_a$  — объем участка полимерной молекулы длиной в одно межатомное расстояние (напр., С—С расстояние). Из таблицы видно, что начальный барьер  $U_0$  процесса механического разрушения не меняется с изменением содержания кварца, и достаточно близок к величине  $U_0$ , определенной авторами [5, 6] для полиэтилена с высокой степенью ориентации. Изменение же механической прочности, при прочих равных условиях, при росте степеней наполнения обусловлено изменением структурно-чувствительного коэффициента  $\gamma$  и, следовательно, коэффициента перенапряжения  $q$ . Для наглядности, на рис. 2 приведено изменение структурно-чувствительного коэффициента  $\gamma$ , коэффициента перенапряжения  $q$ , механической прочности в зависимости от содержания кварца.

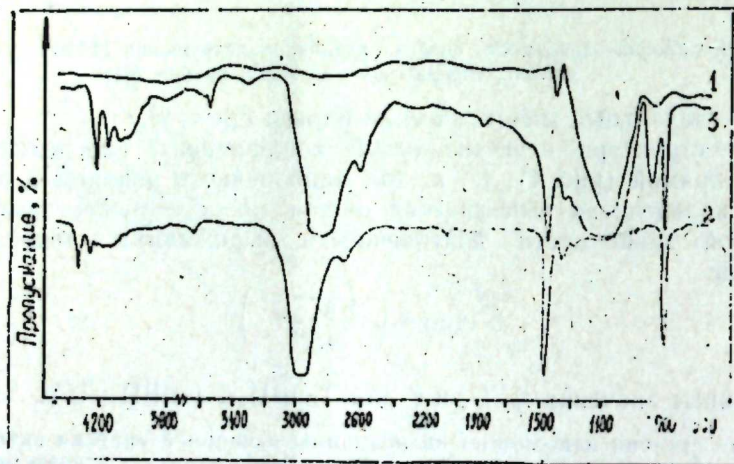


Рис. 5. ИК-спектры кварца (1), ПЭВП (2) и его модификата, содержащего 15 вес. % кварца (3).

Как видим, увеличению механической прочности соответствует симбатное уменьшение коэффициента перенапряжения  $q$  и наоборот. Максимуму механической прочности соответствует минимум коэффициента перенапряжения  $q$ .

Наблюдаемые нами весьма существенные изменения структурно-чувствительного коэффициента  $\gamma$  при практической неизменности величины  $U_0$  показывают интегральный характер воздействия на него целого ряда факторов, дифференцировать которые в чистом виде не представляется возможным. В то же время можно констатировать, что

неизменность  $U_0$  свидетельствует о том, что при механической модификации тонкодисперсным кварцем не наблюдается перехода из одного класса соединений в другой, даже при его значительных количествах. Нельзя не отметить наблюдавшегося факта частичного взаимодействия атомов кремния с полимерными макромолекулами, отразившегося на возникновении ряда новых полос поглощения в ИК-спектрах модификатов (рис. 5). Возникающие связи Si—C, если они достоверно имеют место, характеризуются меньшей энергией разрыва, чем связи С—С (58 и 80 ккал/моль соответственно) и поэтому определяющим в величине начальной энергии активации разрыва остается все же характерный «одноатомный» разрыв по С—С-связи.

Вполне вероятно, что при возникновении связей Si—C освободившаяся связь у углерода в макромолекулярной цепи может соединиться с таковой же другой макромолекулы, а это повлечет за собой возникновение сшитых структур. Последнее также является фактором, объясняющим увеличение прочности модификатов с увеличением степени наполнения, что однако наблюдается лишь при наполнении ПЭВП до 15 вес. % кварца.

Более существенный вклад в изменение структурно-чувствительного коэффициента  $\gamma$  и коэффициента перенапряжения  $q$  все же привносится за счет происходящих при наполнении структурных изменений на надмолекулярном уровне, поскольку надмолекулярная гетерогенность строения полимера, как легко представить, может вызвать значительные локальные перенапряжения в системе. Введение наполнителя в полимерную систему не может не вызвать изменений в микрогетерогенности среды, хотя бы по той простой причине, что частицы наполнителя, являясь своеобразными центрами кристаллизации, изменяют скорости формирования структуры, и, следовательно, меняют размеры ее элементов.

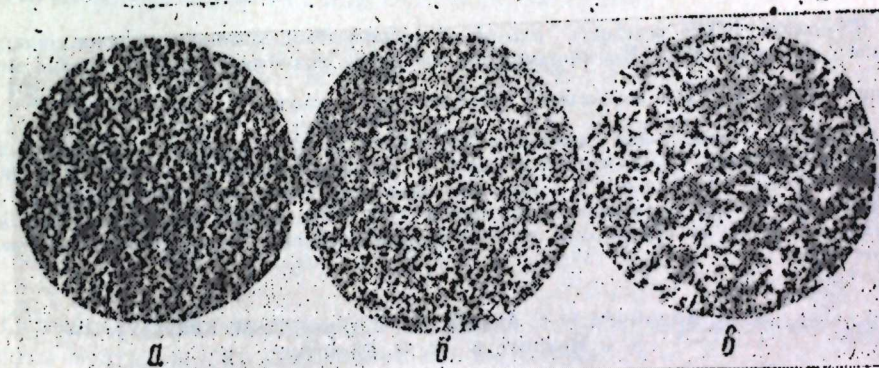


Рис. 6. Микрофотографии срезов образцов ПЭВП (а) и модификатов содержащих 15 (б) и 25% (в) кварца.

Электронно-микроскопическими исследованиями (рис. 6) образцов исходного ПЭВП и его модификатов показано улучшение микрогетерогенности среды при концентрациях кварца 5—15 вес. % и ухудшение диспергирования последнего в объеме полимера при более значительном содержании. В этой связи улучшение однородности в надмолекулярных образованиях повышает однородность распределения внеш-



него механического напряжения  $\sigma$ ; при этом уменьшается коэффициент перенапряжения  $\gamma$  (рис. 2) и увеличивается механическая прочность. Дальнейшее увеличение наполнения, вызывая ухудшение диспергирования, способствует возникновению как неплотно упакованных разрыхленных структур, характеризующихся массой микродефектов, так и, видимо, образованием собственной структуры наполнителя по типу многомерной решетки кремния, не обладающей, однако, достаточной прочностью. Все это в совокупности служит причиной развития перенапряжений, а ввиду большего количества граничных слоев «полимер-наполнитель» способствует ускорению разрывов по этой границе, как наиболее слабой, и естественно, ведет к уменьшению прочностных характеристик модификата.

#### Литература

1. Томашевский Э. Е., Слуцкер А. И., Зав. лаб., 29, 994, 1964.
2. Аббасов С. А., Мехтиева С. И., Ахмедов К. Р., Рагимов Я. Г., Исмаилов И. М. «Изв. АН Азерб. ССР, серия ФТМН», № 4, 1979.
3. Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. Изд-во «Наука» М., 1974.
4. Журков С. Н. ФТТ, 21, 3352, 1962.
5. Masayuki Leda Ukichi Shinchara. Mem. Fac. Eng. Nagoya Univ., 11, № 1—2, 121, 1959.
6. Амелин А. В., Поздняков О. Ф., Регель В. Р., Санфирова Т. П., ФТТ, 12, 2528, 1970.

АМИ им. Н. Нариманова

Поступило 14. II 1979

Р. М. Әлигулиев, С. А. Аббасов, Г. М. Әлиев,  
Д. М. Хитейева, С. И. Мехтиева, Я. Г. Рагимов

#### КИЧИК МЭСАМЭЛИ КВАРСЫН ЭЛАВЭСИНИН ЛУКСӘК СЫХЛЫГЛЫ ПОЛИЭТИЛЕНИН ЈАШАМА МУДДЕТИНЭ ТЭСИРИНИН ТӘДГИГИ

Мәғаләдә ЈСПЕ әсасында алыммыш модификатын механики мөһкәмәлинин дәјишмәси өјрәнилишидир. Көстәрилишидир ки, бүтүн модификатлар үчүн јашама мүддәтинин температурандан асылылығы экспоненционал гануила:  $\tau = \tau_0 \exp \left[ \frac{U_0 - \sigma \gamma}{RT} \right]$

иһадә олуһур. Кварс элаво еһадикдә механики дағылма просесинин башлангыч активләшмә еһәргиси  $U_0$  дәјишмәз галыр. Механики мөһкәмәлинин дәјишмәси өзүнү гурулуш-һәссасыг әһсалынын ( $\gamma$ ) дәјишмәсиндә әкс етдирир. Бу молекулар вә молекулар үстәү сәтнин модификасиясы заманы гурулушда кәдән дәјишкәликләрин нәтичәсидир ки, буну да ИГ-анализ, вә електрон-микроскопик тәдқиғатларын нәтичәләри тәсдиғ едир.

R. M. Aliyuliyev, S. A. Abbasov, G. M. Aliyev, D. M. Khiteyeva,  
S. I. Mekhtiyeva Ya. G. Ragimov,

#### AN INVESTIGATION OF THIN-DISPERSIONED QUARTZ FILLER ON THE EFFECT OF DURABILITY OF POLYETHYLENE WITH HIGH DENSITY

The measuring of mechanical density of modification on the basis of PEVP is investigated. It is shown that the temperature dependence of durability for all modifications is

described by exponential equation  $\tau = \tau_0 \exp \left[ \frac{U_0 - \sigma \gamma}{RT} \right]$ . During filling the quantity of

initial energy of activation of mechanical destroy process  $U_0$  is preserved. The change of mechanical density in the change of structure-sensitive coefficient  $\gamma$  is reflected. The latter is investigated by the happenings during the modification of structural changes on molecular equations which are confirmed with the results of ИК analysis and electron-microscopic researches.

УДК 546.289

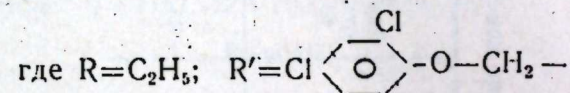
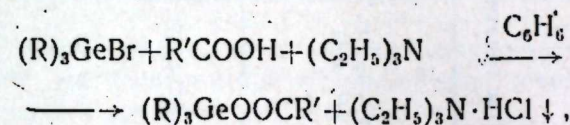
#### К. Г. ГАСАНОВ, В. С. АХМЕДОВ, М. М. ИСМАИЛОВ, Н. Г. РАДЖАБОВ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИЭТИЛГЕРМИЛОВОГО ЭФИРА 2,4-ДИХЛОРФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР - С. Д. Мехтевым)

Реакции, связанные с изменением функциональных групп у атома германия, чрезвычайно многочисленны. Гидроокиси, гексаалкилдигерманоксаны, алкилгерманиевые кислоты и их ангидриды легко реагируют с органическими и неорганическими кислотами, заменяя кислород на остаток кислоты [1—3]. Органические галогениды германия легко обменивают галонд на остаток кислоты при действии серебряных солей [4, 5]. Однако во многих случаях эти методы неудобны для синтеза чистых, индивидуальных германийорганических соединений.

В настоящей статье излагаются условия синтеза и результаты исследования (спектроскопическими методами) нового германийорганического соединения, структура которого состоит из кислотного остатка и алкилгермилового фрагмента.

Синтез триэтилгермилового эфира 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты осуществлен путем взаимодействия 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты с триэтилгермилбромидом в присутствии акцептора галондородо-триэтиламина в среде бензола, при соотношении компонентов 1:1:1 в инертной среде. Реакция протекает по схеме:



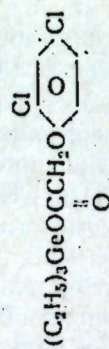
Строение триэтилгермилового эфира 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты подтверждено спектральными методами.

ПМР-спектр указанного соединения состоит из следующих групп сигналов резонансного поглощения: протоны этильного радикала, связанные с атомом германия, проявляются в виде триплета и квадруплета, соответствующий  $\text{CH}_3$  и  $\text{CH}_2$ -группам, с химическими сдвигами  $\delta = 0,65$  и  $\delta = 1,85$  м. д., соответственно. Малонитенсивный синглет с химическим сдвигом  $\delta = 4,65$  м. д. относится к метиленовой группе, соседствующей с атомом кислорода. Протоны ароматического кольца проявляются в виде мультиплетного сигнала в области  $\delta = 6,4—7,25$  м. д.

Интегральная кривая полностью подтверждает правильность структуры.

Физико-химические константы триэтилгермилового эфира 2,4-дихлорфенокснуксусной кислоты

Эфир	Выход, %	Т. кип., $C_p$ (P, мм)	$n_D^{20}$	$d_4^{20}$	MRD		Элементный анализ	
					выч.	найд.	Вычислено, %	Найдено, %
	65	178—179/3	1,5246	1,3212	88,41	88,18	C H Ge Cl	C H Ge Cl
							44,27 5,3 19, 118, 67	44,31 5,27 18,56 18,23



На ИК-спектре триэтилгермилового эфира 2,4-дихлорфенокснуксусной кислоты наблюдается колебание следующих полос поглощения: для триэтилпроизводного германия наблюдается две полосы Ge—C-колебаний  $\nu_s$  и  $\nu_{as}$  в области 545 и 587  $cm^{-1}$  соответственно. Полосы поглощения Ge—O-колебаний лежат в области 320 и 445  $cm^{-1}$ . Наличие в молекуле производного германия этильных групп может быть подтверждена целой серией ИК-полос поглощения, относящихся к колебаниям как  $C_2H_5$  групп, так и связей Ge—C. В частности, частоты при 703 и 790  $cm^{-1}$  соответствуют колебаниям группировок Ge—CH<sub>2</sub> и Ge—CH<sub>3</sub>. Известно, что при переходе от этильных производных к соединениям германия, содержащим группировки  $n-C_3H_7$ ,  $n-C_4H_9$ ,  $n-C_5H_{11}$ , GeSe<sub>3</sub> картина спектров усложняется. Такое усложнение спектров авторы [6, 7] связывают с тем, что молекулы, например  $n-C_3H_7$  GeCl<sub>3</sub> могут иметь несколько поворотных изомерных форм, а именно, гош- и транс-изомеров. Полосы поглощения в области 1730  $cm^{-1}$  относятся к C=O группе, а полосы поглощения в области 1600  $cm^{-1}$  — к ароматическому кольцу. В области 2880—3000  $cm^{-1}$  проявляются полосы поглощения валентных колебаний CH<sub>2</sub> и CH<sub>3</sub>-групп.

Элементарный анализ и другие физико-химические константы представлены в таблице.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

К 4,42 г (0,02 M) 2,4-дихлорфенокснуксусной кислоты, 1,46 мл (0,02M) триэтиламина и 100 мл абсолютного бензола при перемешивании и нагревании до 35—40°C, по каплям медленно прибавляют бензольный раствор 4,79 г (0,02M) триэтилгермилбромид.

Реакционную смесь кипятят при этой температуре в течение 7 ч.

После охлаждения смеси осадок отсасывают, а фильтрат испаряют в вакууме и получают 5,8 г (65%) триэтилгермилового эфира 2,4-дихлорфенокснуксусной кислоты с молекулярным весом 379,5, т. кип. 178—179/3 мм.

Измерение химических сдвигов (относительно гексаметилдисилоксана) выполнено на спектрометре «Вариан-Т-60», точность измерений которых колеблется в пределах  $\pm 0,02$  м. д.

ИК-спектр снят на следующих спектрофотометрах: UR — 20 (область 400—4000  $cm^{-1}$ ) и ИКС-22В (200—500  $cm^{-1}$ ).

#### Выводы

В присутствии акцептора галондводорода триэтиламина впервые синтезирован триэтилгермилловый эфир 2,4-дихлорфенокснуксусная кислота. Строение синтезированного соединения доказано методами ИК- и ПМР-спектроскопии.

#### Литература

1. Anderson H. H. IACS., 75, 814, 1953.
2. Bauer H., Burschkes K. Ber., 65, 956, 1932.
3. Johnson O. H., Nebergall N. JACS 1, 1720, 1934.
4. Morgan C. T., Drew H. D. J. Chem. soc. 125, 1261, 1949.
5. Schmidt M., Ruidisch J., Schmidbauer H. Ber. 4, 2451, 1961.
6. Schmidt M., Schmidbauer H. Angew. chem., 73, 408, 1961.
7. Ruidisch J., Schmidt M. Z., Naturforsch. 18 n. 580, 1963.
8. Гар Т. К., Минаева Н. А., Мионов В. Ф., Чумаевский Н. А. Инфракрасные спектры поглощения соединений германия. Изд-во «Наука», М., 1977.
9. Клиникова В. В., Чумаевский Н. А. Ж. приклад. спектр., 24, № 1, 81, 1976.

К. Һ. Һәсәнов, В. С. Әһмәдов, М. М. Исмајылов, Н. Һ. Рәчәбов

## 2. 4-ДИХЛОРФЕНОКСИСИРКӘ ТУРШУСУНУН ҮЧЕТИЛКЕРМИЛ ЭФИРИНИН СИНТЕЗИ ВӘ ТӘДГИГИ

Мәғаләдә, тәркиби үзәи туршу гадыгы илә алкилкермил фрагментиндән ибарәт олан иәк дәфә синтез едиламыш керманнум үзәи бирләшмәсини алынмасындаи пә онун спектроскопик тәдгигиндән бәһс едилаир.

Кәстәрламышдир ки, әвәзәтмә реаксиясы заманы мувафиг керманнум үзәи бирләшмә синтезиндә триетиламин аксептору јахшы зәмни јарадыр.

K. G. Gasanov, V. S. Akhmedov, M. M. Ismailov, N. G. Radjabov

### SYNTHESIS AND STUDY OF TRIETHYLGERMILUM ETHER OF 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID

The condition of synthesis and spectroscopic studies results of the first produced new germanium-organic compound, the structure of which consists of acidic residue and alkyl germilium fragment are described in the article.

The exchange reaction is shown to be carried out easily in the presence of triethylamine with formation of metallo-organic ethers of the corresponding acids.

АЗӘРБАЈҶАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘРҮЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXV ЧИЛД

№ 7

1979

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

УДК 661.725.85:547.56

Н. М. ИНДЮКОВ, Э. И. МАЙСТЕР, А. А. АГАЕВ

## ПОЛУЧЕНИЕ КРЕЗОЛОВ ТРАНСМЕТИЛИРОВАНИЕМ ФЕНОЛА ПОЛИМЕТИЛБЕНЗОЛАМИ (СООБЩЕНИЕ I)

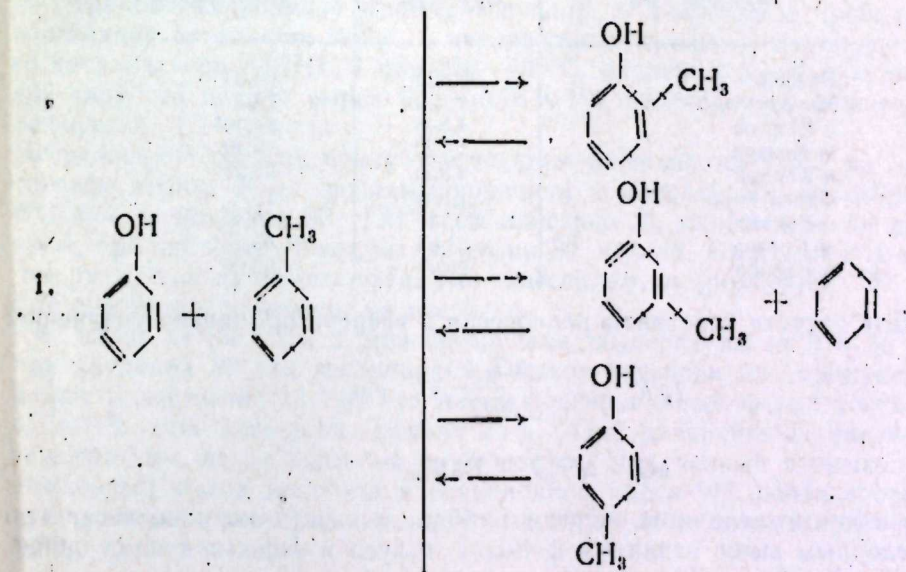
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР С. Д. Мехтиевым)

Крезолы применяются во многих органических синтезах для получения важных продуктов инсектицидов, красителей, пластификаторов, стабилизаторов и др. [5], необходимых в различных областях народного хозяйства.

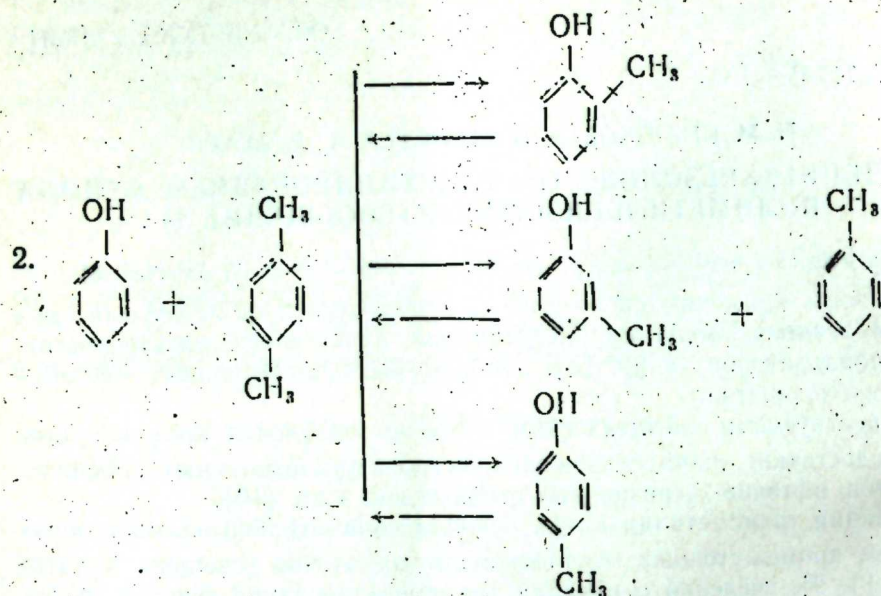
Существующим синтетическим способам получения крезолов присущи недостатки: значительное количество не утилизируемых побочных продуктов, наличие загрязненных сточных вод и др. [10].

Реакция трансметилирования бензола полиметилбензолами с образованием промежуточных метилбензолов достаточно освещена в литературе [4, 9], сведения о реакции трансметилирования фенола полиметилбензолами незначительны и в основном она была осуществлена на кислых катализаторах, таких как  $AlCl_3$ ,  $SnCl_4$ ,  $HF$ ,  $HBF_4$  и др. [6, 7], а также на цеолитном и алюмосиликатном катализаторах с незначительным образованием крезолов [2, 8].

Нами проведены исследования по получению крезолов трансметилированием фенола полиметилбензолами на цеолитсодержащем катализаторе. Вначале была оценена термодинамическая возможность протекания реакций с применением толуола и *m*-ксилола по схемам 1 и 2.



Основные термодинамические величины, используемые для этих реакций, исходных и получаемых продуктов заимствованы из литературы



[3] и представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Основные термодинамические величины исходных и получаемых продуктов

Углеводород газообразный	$H_{293}^0$ ккал/моль	$S_{298}^0$ ккал/моль град.
Бензол	19,820	64,31
Толуол	11,950	76,42
o-Ксилол	4,540	84,301
m-Ксилол	4,120	85,49
p-Ксилол	4,290	84,23
Фенол	-22,500	78,5
o-Крезол	-30,740	85,47
m-Крезол	-31,63	85,27
p-Крезол	29,97	83,09

Для расчета константы равновесия и энергии применено уравнение

$$\lg K_p = - \frac{\Delta G_T}{2,3RT} \quad \text{где}$$

$$\Delta G_T = \Delta H_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0$$

Подсчитанные величины энергии Гиббса и константы равновесия по приведенным выше реакциям фенол-, толуол и фенол-*n*-ксилол приведены в табл. 2.

Таблица 2

Константы равновесия и энергии Гиббса для компонентов реакции трансметилирования фенола толуолом и *n*-ксилолом

Т°К	Энергия Гиббса, ккал/моль			$K_{p0}$	$K_{pM}$	$K_{pH}$
	$\Delta G_0$	$\Delta G_M$	$\Delta G_H$			
Фенол-толуол						
573	2,558	1,782	4,691	0,1059	(,208)	0,01026
623	2,813	2,048	5,066	0,1030	0,1914	0,01671
673	3,069	2,313	5,440	0,1009	0,1774	0,01710
723	3,324	2,579	5,815	0,0986	0,1663	0,01740
773	3,580	2,844	6,189	0,0973	0,1570	0,01778
Фенол- <i>n</i> -ксилол						
573	-0,19	-0,884	2,025	1,096	2,188	0,1698
623	-0,067	-0,832	2,186	1,047	1,950	0,1698
673	0,025	-0,780	2,347	1,023	1,778	0,1738
723	0,017	-0,728	2,508	0,9772	1,66	0,1738
773	0,059	-0,674	2,669	0,9550	1,549	0,1778

На основе подсчитанных констант равновесия реакций 1 и 2 были рассчитаны равновесные выходы продуктов реакций по заимствованному уравнению (1)

$$X = \frac{K_p \pm \sqrt{K_p}}{K_p - 1}$$

В опытах использовался фенол чистотой 99,5%, толуол — 99,8% и *n*-ксилол — 99,85%.

Трансметилирование фенола толуолом и *n*-ксилолом проводилось в реакторе проточного типа с неподвижным слоем цеолитсодержащего катализатора АШНЦ-3 при 350—500°C, давлении до 50 атм, объемной скорости подачи сырья 0,25—0,75 ч<sup>-1</sup> и соотношении фенол:метилбензола 2—1:1—4 моль.

Исследование жидких продуктов реакции проводилось ГЖХ на хроматографе «Хром-3», с программированием температуры, со скоростью 8°C/мин. в пределах 80—170°C, на апнезоне М, нанесенном на сферохром, при скорости газоносителя гелия 50 мл/мин. Смесь *m*- и *p*-крезолов разделяли на диметилфталате, нанесенном на хромосорб W. Данные опытов представлены на рис. 1—4.

Как видно из рис. 1 и 2, при повышении температуры от 375 до 475°C при давлении 30 атм увеличивается выход крезолов на пропущенный фенол и достигает 13,7%, что на прореагированный фенол составляет 47 мол%, при конверсии фенола 25%. При дальнейшем увеличении температуры выход крезолов уменьшается. Полученный в опытах максимальный выход крезолов в реакционной смеси 9% почти соответствует рассчитанному равновесному выходу в этом пределе температур 9,7%.

Повышение давления до 30 *ати* дает заметное увеличение выхода крезолов на пропущенный фенол, но дальнейшее увеличение давления нецелесообразно, так как при этом протекает ряд побочных реакций с образованием дифенилового эфира и смолистых отложений на катализаторе, что отрицательно влияет на селективность реакции. При трансметилировании фенола *n*-ксилолом при повышении температуры от 350 до 450°C при давлении 10 *ати* увеличивается выход крезолов на

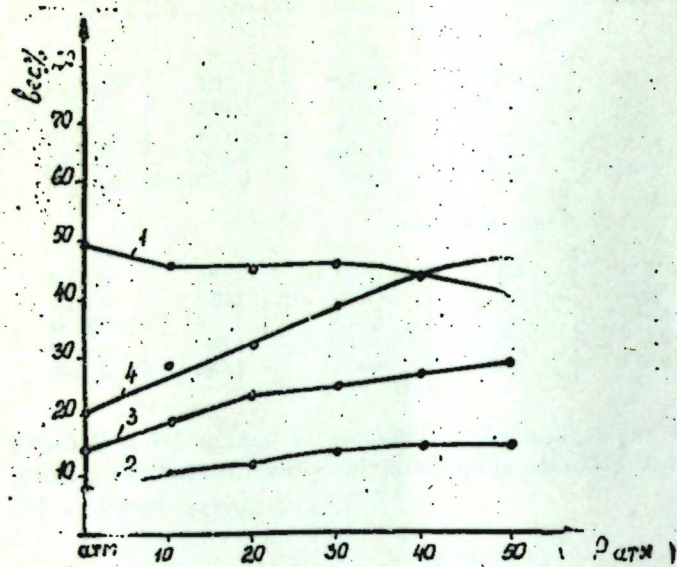


Рис. 1. Влияние температуры (при  $P = 30 \text{ атм}$ ) и давления (при 475°C) на выход крезолов и конверсию фенола и толуола в реакции трансметилирования фенола толуолом; 1 — выход крезолов на прореагировавший фенол от теории; 2 — выход крезолов на пропущенный фенол; 3 — конверсия фенола; 4 — конверсия толуола.

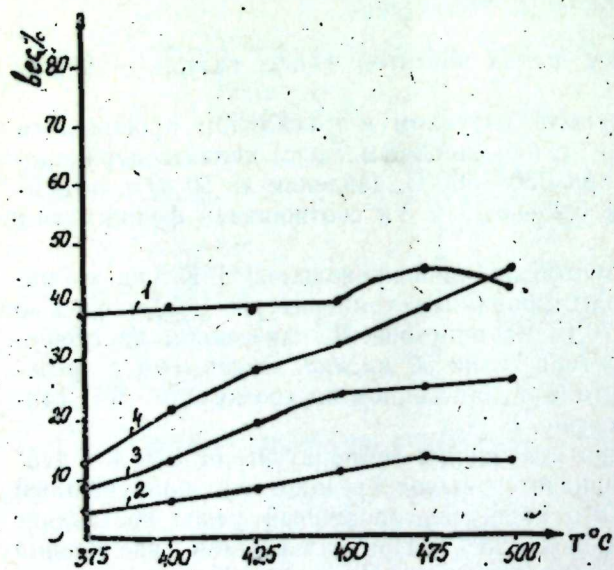


Рис. 2. Влияние температуры (при  $P = 30 \text{ атм}$ ) и давления (при 475°C) на выход крезолов и конверсию фенола и толуола в реакции трансметилирования фенола толуолом; 1 — выход крезолов на прореагировавший фенол от теории; 2 — выход крезолов на пропущенный фенол; 3 — конверсия фенола; 4 — конверсия толуола.

пропущенный фенол от 3 до 25%, что на прореагировавший фенол составляет 63 мол%, при конверсии фенола 34,5% (рис. 3, 4). Дальнейшее повышение температуры и давления, хотя и увеличивает конверсию

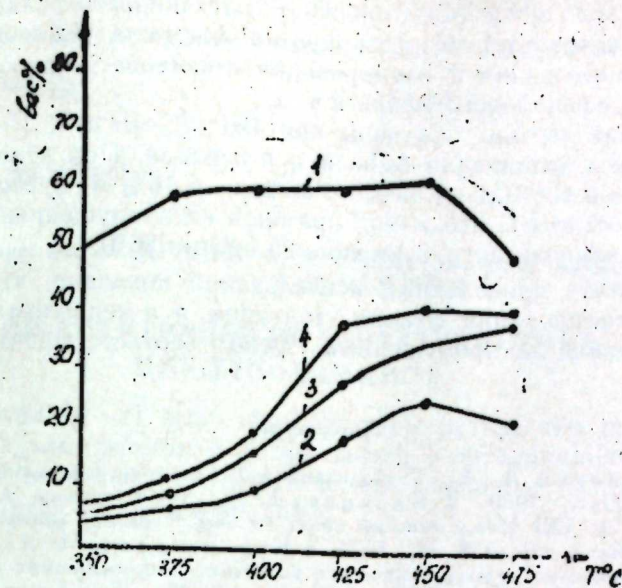


Рис. 3. Влияние температуры (при  $P = 10 \text{ атм}$ ) и давления (при 450°C) на выход крезолов и конверсию фенола и *n*-ксилола в реакции трансметилирования фенола *n*-ксилолом; 1 — выход крезолов на прореагировавший фенол от теории; 2 — выход крезолов на пропущенный фенол; 3 — конверсия фенола; 4 — конверсия *n*-ксилола.

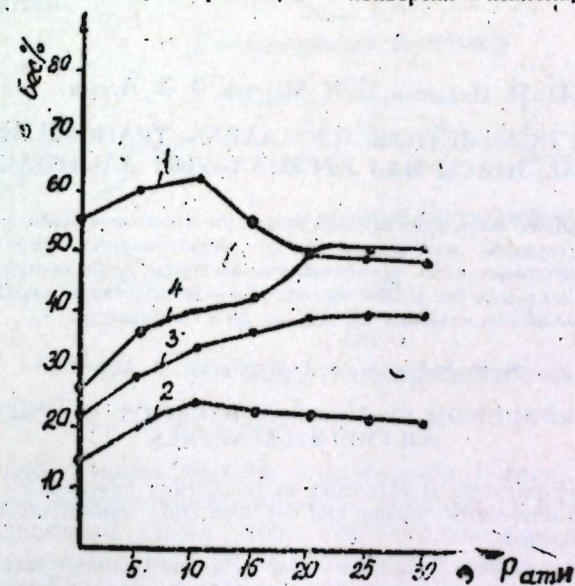


Рис. 4. Влияние температуры (при  $P = 10 \text{ атм}$ ) и давления (при 450°C) на выход крезолов и конверсию фенола и *n*-ксилола в реакции трансметилирования фенола *n*-ксилолом; 1 — выход крезолов на прореагировавший фенол от теории; 2 — выход крезолов на пропущенный фенол; 3 — конверсия фенола; 4 — конверсия *n*-ксилола.

фенола и *p*-ксилола, но резко снижает селективность реакции, так как значительно возрастает скорость протекания ряда побочных реакций: диспропорционирования и изомеризации *p*-ксилола, образование диметилфенолов, дифенилового эфира и т. д.

Наилучшие выходы получены при 450°, *P*—10 атм, *V*—0,25 ч<sup>-1</sup> и эквимолярном соотношении фенола и *p*-ксилола. При этом изомерный состав крезолов состоит из 52% *o*-, 32% *m*- и 16% *p*- крезолов.

Следует отметить, что выход крезолов на пропущенный фенол почти достигает равновесного, а именно, 25 против 26%.

В результате проведенных исследований показано, что при реакции трансметилирования фенола толуолом и *p*-ксилолом наибольшие выходы крезолов на пропущенный фенол соответственно составляют 13,8 и 25%.

#### Литература

1. Введенский А. А. Термодинамические расчеты нефтехимических процессов. Госоптехиздат, 1960.
2. Вдовцева Е. А., Кочеткова Э. А., Султанов А. С. В сб. «XI Менделеевский съезд по общ. приклад. химии». Реф. докл. и сообщ. № 2. Наука, стр. 338, М., 1974.
3. Карапетьянц М. Х., Карапетьянц М. Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. «Химия», М., 1968.
4. Мамедалиев Г. М., Топчиев А. В. и др. «Изв. АН СССР» ОХН, № 4, стр. 637, 1961.
5. Пац Б. М. Жур. ВХО им. Д. И. Менделеева, № 1, 1969, стр. 32.
6. Пат. Англии № 1180215 кл. C2c. (C07 c), 1970.
7. Пат. Японии № 49—28742 кл. 16C411.12 (C07c39/06), 1974.
8. Пат. США № 3706807 кл. 260—624 C, (C07c.37/12), 1972.
9. Топчиев А. В., Мамедалиев Г. М., Ковалева Л. С. «Изв. АН СССР», ОХН № 5, 1961, стр. 868.
10. Харлампович Г. Д., Чуркин Ю. В., «Фенолы», «Наука», М., 1974.

ИНХП

Поступило 14. II 1979

Н. М. Индюков, Е. И. Мајстер, Э. Э. Агајев

### ФЕНОЛУН ПОЛИМЕТИЛБЕНЗОЛАРЛА ТРАНСМЕТИЛЛЭШМЭ РЕАКСИЈАСЫ ИЛЭ КРЕЗОЛАРЫН АЛЫНМАСЫ

Магаләдә фенолла толуолун вә пара-ксилолуи трансметилләшмә реаксияларынын ахар системдә тәдгигинин нәтичәлери вә бу реаксияларын таразлыг гарышыгда крезолларын чыхымларына көрә термодинамик һесабаты верилмишдир. Мүәјјән олуи муш шәрантдә крезолларын ән јахшы чыхымлары пакки фенола көрә, мувафиг оларга, 47 мол.% вә 63 мол.% сечичиликә 13,8% вә 25% олмушдур.

N. M. Indukov, E. I. Maister, A. A. Agaev

### CRESOL PRODUCTION BY TRANSMETHYLATION OF PHENOLS BY POLYMETHYLBENZENES

Thermodynamic calculations of cresols in equilibrium mixtures of transmethylation reaction products of phenols by toluene and *p*-xylene and results of the reactions in flow system are presented.

The conditions under which the best cresol yields per phenols passed are 13,8% and 25,0%, respectively, whereas the selectivity being 47% and 63% is determined.

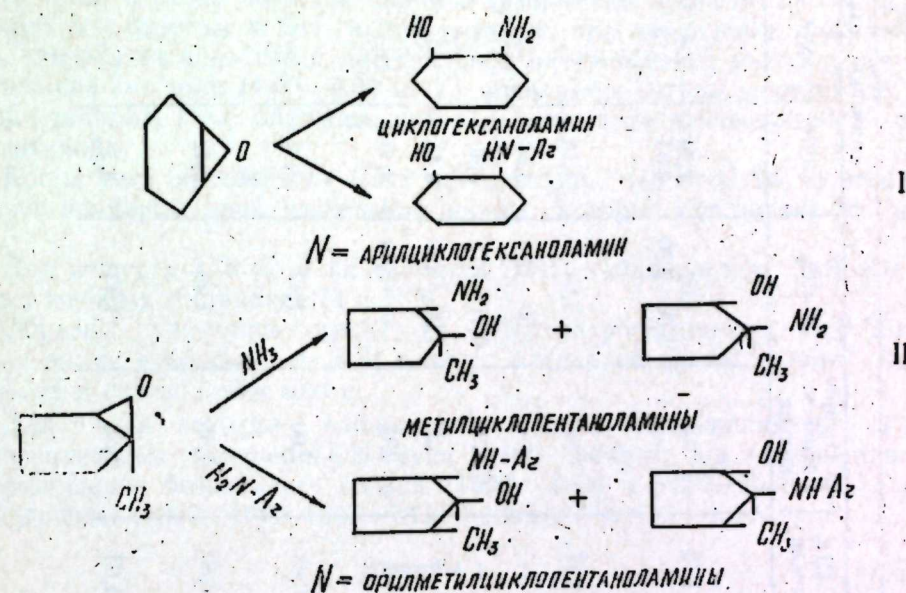
УДК 543.42:547.593.212

НЕФТЕХИМИЯ

Чл.-корр. Ал. М. КУЛИЕВ, А. И. ГАСАНОВ, Ф. З. АБДУЛЛАЕВ,  
А. С. МЕХТИЕВ

### ПМР- И ИК-СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ЦИКЛАНЛАМИНОВ

В работах [1—2] были опубликованы результаты по синтезу аминоспиртов взаимодействием альфа-оксидей 1-метилциклопентена и циклогексена с аммиаком и ароматическими аминами, образование которых согласуется со схемой реакции:



Как видно, взаимодействие альфа-оксида 1-метилциклопентена с аммиаком и ароматическими аминами (реакция I) приводит к образованию неразделяемой смеси двух структурных изомеров, получение которых обусловлено двойкой возможностью раскрытия оксиранового кольца — со стороны наиболее гидрогенизированного и наименее гидрогенизированного атомов углерода.

Методом ГЖ-хроматографического анализа искусственной смеси синтезированных метилциклопентаноламинов и продуктов реакции ранее был определен количественный состав образующихся изомеров и показано, что разрыв оксиранового кольца альфа-оксида

Продукты	Химические сдвиги, $\delta$ , м. д.							Интегральная интенсивность сигналов
	$-\text{CH}_2$ цикла	$-\text{CH}_3$ ароматическ. кольца	$-\text{CH}_2$	$-\text{OH}$	$-\text{NH}_2$	$-\text{NH}$	Бензольн. кольца	
1. 2-метилциклопентанол-2-амин-1 и 2-метилциклопентанол-1-амин-2	1,12	—	1,62 1,00—2,20	2,46 3,83	2,46 3,23	—	—	3:6:3 8:1:2
2. Циклогексанол-2-амин-1	1,17	—	1,67	3,16	—	3,76	6,20—7,20	3:6:1:1:5
3. <i>N</i> -фенил-2-метилциклопентанол-2-амин-1 и <i>N</i> -фенил-2-метилциклопентанол-1-амин-2	—	—	1,60—1,90	3,36	—	3,10	6,50—7,30	8:1:1:5
4. <i>N</i> -фенилциклогексанол-2-амин-1	—	1,95	0,91—1,75	3,40	—	2,98	6,40—6,90	3:8:1:1:4
5. <i>N</i> - <i>n</i> -толилциклогексанол-2-амин-1	—	2,23	1,00—1,90	3,46	—	3,10	6,4—7,00	3:8:1:1:4
6. <i>N</i> - <i>o</i> -толилциклогексанол-2-амин-1	—	2,15	1,15—2,00	4,33	—	3,23	7,13—7,56	3:8:1:1:4
8. <i>N</i> - <i>n</i> -толил-2-метилциклопентанол-2-амин-1 и <i>N</i> - <i>n</i> -толил-2-метилциклопентанол-1-амин-2	0,98	2,00	1,42	3,32	—	3,42	6,20—6,90	3:3:6:2:4
9. <i>N</i> - <i>o</i> -толил-2-метилциклопентанол-2-амин-1 и <i>N</i> - <i>o</i> -толил-2-метилциклопентанол-1-амин-2	0,50	1,95	1,33	3,42	—	3,42	6,10—7,10	3:3:6:2:4
10. <i>N</i> - <i>n</i> -толил-2-метилциклопентанол-2-амин-1 и <i>N</i> - <i>n</i> -толил-2-метилциклопентанол-1-амин-2	1,03	1,88	1,40	3,37	—	3,37	6,25—6,90	3:3:6:2:4

1-метилциклопентана в соответствии с правилом Краусского происходит преимущественно у наиболее гидрогенизированного атома углерода [3].

В настоящей работе представлены результаты идентификации синтезированных циклоламинолов методами ПМР- и ИК-спектроскопии.

Спектры ПМР снимались на спектрометрах фирмы Варриан-«XL-100» и «Т-60» с частотой 100 и 60 Мгц, соответственно. Образцы брались в виде раствора  $\text{CCl}_4$  с внутренним эталоном ГМДС. Химические сдвиги даны по шкале  $\delta$  в м. д., точность измерения химических сдвигов  $\pm 0,02$  м. д.

Для правильного отнесения сигналов ПМР ОН- и NH-группы для всех веществ применялся метод дейтерообмена с тяжелой водой. При этом химические сдвиги NH-групп оставались практически без изменения, а сигналы гидроксильных групп смещались в слабое поле.

В таблице даны химические сдвиги и отнесения сигналов ЯМР.

Для вещества 1 наблюдается линия для  $\text{CH}_3$ -групп, мультиплетная линия для  $\text{CH}_2$ -группы цикла и триплетная линия с химическим сдвигом 2,72 м. д., которая относится к сигналу ПМР для  $\text{CH}$ -группы цикла. Относительно широкая линия с химическим сдвигом 2,46 м. д., которую мы относим к ОН- и  $\text{NH}_2$ -группам, при добавлении тяжелой воды уменьшается по своей интегральной интенсивности на один протон и в слабом поле (4,00—5,00 м. д.) появляется сигнал, соответствующий протонам  $\text{H}_2\text{O}$ , образовавшийся в результате дейтерообмена с ОН-группой.

Кроме того, на спектрах ПМР четко видно, что продукт состоит из двух изомеров, приблизительная оценка которых составляет 85 и 15%.

Для веществ 3, 8 и 9 на спектрах ПМР наблюдаются изомеры, оценка которых составляет 74 и 26%.

Образцы снимались также на ИК-спектрофотометре «UR-20» между двумя крышками из КВг в виде раздавленной капли или же эмульсии в вазелиновом масле.

Для всех веществ наблюдается полоса поглощения в области валентных колебаний ОН-групп ( $3380\text{—}3400\text{ см}^{-1}$ ), а также полосы поглощения бензольного кольца ( $1500$ ,  $1600$  и  $3020\text{—}3030\text{ см}^{-1}$ ) и аминогруппы ( $1260\text{—}1270$ ,  $1305\text{—}1330$  и  $1595\text{ см}^{-1}$ ),

### Выводы

Изучены ПМР- и ИК-спектральные характеристики новых, не описанных в литературе *N*-арилциклоламинолов.

Даны отнесения сигналов ПМР и частот поглощения ИКС.

### Литература

- Кулиев Ал. М., Мехтиев А. С., Абдуллаев Ф. З. «Азерб. хим. ж.», № 3, 1977, стр. 66.
- Кулиев Ал. М., Багиров Р. А., Абдуллаев Ф. З., Мехтиев А. С. «Азерб. хим. ж.», № 5—6, 1974.
- Кулиев Ал. М., Мехтиев А. С., Абдуллаев Ф. З. «Азерб. хим. ж.», № 1, стр. 56, 1978.

Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт по переработке и транспортировке газа

Поступило 2.1 1979

Ә. М. Гулијев, А. И. Гәсәнов, Ф. З. Абдуллаев, А. С. Мехдијев

### БӘЪЗИ ТСИКЛАНОЛАМИНЛАРИН ПМР-ВӘ ИГС ХАРАКТЕРИСТИКАСЫ

Мәғаләдә арилтсикланоламинларин ПМР вә ИГС-спектрларинин характеристикалары биринчи дәфә өјрәнишдир. ПМР-сигналларынын вә ИГС удулма тезликларинин мұафиг ујғунауглары верилмишдир.

A. M. Guliev, A. I. Gasanov, F. Z. Abdullaev, A. S. Mekhtiev

### NMR- and IR-SPECTRAL CHARACTERISTICS OF SOME CYCLANOAMINES

NMR and IR-spectral characteristics of new N-aryl-cyclanoamines previously not described have been studied.

The assignments of NMR signals and IR absorption frequencies have been given.

АЗӘРБАЈҶАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ  
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXV ЧИЛД

№ 7

1979

УДК 541.128.183

ХИМИЯ

Н. Г. РАГИМОВ, Д. М. ГАНБАРОВ, С. Т. АМИРОВ, Ш. А. АЛИЕВА,  
чл.-корр. АН Азерб. ССР Х. С. МАМЕДОВ

### ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ПРИ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЦЕОЛИТА ТИПА АНАЛЬЦИМА

Исследования превращения цеолитов в гидротермальных условиях привели к некоторым выводам, позволяющим судить об их различном поведении в зависимости от типов структур, катионных форм цеолита и растворителя [1—4]. Катионы самих цеолитов и растворителей существенно влияют на направление фазовых переходов. Фазовые переходы можно рассматривать как процессы, идущие по механизму «шаблон».

Кроме того, примесные фазы также играют определенную роль при фазовых превращениях цеолитов в гидротермальных условиях [5].

Целью настоящего исследования является изучение влияния природы катионов и примесей, а также и других факторов на фазовые переходы при перекристаллизации анальцима в гидротермальных условиях.

Объектами исследования служили образцы природного анальцима с сопутствующими примесями кварца, глины, полевого шпата. Образцы, так называемой породы анальцима, взяты из его крупного месторождения Ханларского района Азербайджанской ССР.

Количественным рентгенофазовым анализом определено содержание анальцима в породе, количество которого оказалось более 90%. В серийных опытах использованы однородные образцы-породы с меньшим содержанием примесных фаз, т. е. максимальным содержанием анальцима. Дифрактометрические данные анальцима с примесями представлены в табл.

1. (условия съемки: ДРОН-2,0;  $\text{CuK}_\alpha$ -излучение, Ni-фильтрат).

Приведенные данные показали существование фаз — анальцима, кварца, глины, полевого шпата в исследуемой породе. Индексирование линий анальцима позволило определить параметры кубической элементарной ячейки:  $a = 13,66 \text{ \AA}$ .

Контроль фазовых переходов при изложенных превращениях осуществляли дифрактометрически при этих же условиях съемки.

Опыты проводились при 100, 150 и 250°C. Значения коэффициентов заполнения (во всех опытах  $f = 0,08$ ) позволили оценить давление в автоклавах. Соотношение твердой и жидкой фаз Т:Ж = 1:8.

Для установления влияния природы катионов на направление реакции превращения анальцима опыты проводились в NaOH и KOH-средах с концентрациями от 1 до 5 N.

Учитывая существенное влияние температуры на устойчивость цеолитовых каркасов, мы сочли целесообразным провести перекристаллизацию при трех разных температурах.



Дифрактометрические данные аналцимсодержащей породы (условия съемки: ДРОН-20;  $CuK\alpha$ -излучение, Ni-фильтр)

$hKl$	$d, \text{Å}$	$J_{отн}$	$hKl$	$d, \text{Å}$	$J_{отн}$	$hKl$	$d, \text{Å}$	$J_{отн}$
211	16,61	6	420	3,24	14	661	2,82	5
	12,56	2					2,23	3
	9,96	10					2,22	9
	8,38	3					2,22	9
	6,02	3					2,215	5
	5,57	70					3,17	3
	4,82	17					2,16	6
	4,23	3					1,92	7
	4,22	6					1,91	22
	3,78	10					1,897	7
321	3,77	2	422	2,78	7	620	1,879	9
	3,65						13	
	3,63						15	
400	3,41	100	431	2,76	7	640	1,74	8
	3,34						6	
	3,33						6	
	3,32						4	
	3,31						13	
	3,28						17	
							10	
							18	
		521	2,50	13	1,681	8		
		410	2,425	4	1,655	4		
			2,415	10	1,62	2		
					1,61	2		
					1,59	7		

Опыты по перекристаллизации аналцима с указанными примесями при  $100^\circ\text{C}$  в течение 50 ч в интервале концентрации NaOH 1—5N показали, что исходные фазы в 1—2 N растворах не изменяются. Од-

Таблица 2

Условия и продукты превращения аналцима в NaOH-среде в гидротермальных условиях ( $t=0,8$ )

№ опыта	Т-ра перекристаллизации $T, ^\circ\text{C}$	С, NaOH, N	Продолжительность опыта, $\epsilon, \tau$	Установленные фазы
250—251	100	1—2	50	Ан + Пш + Кв + Гл
252	.	3	.	Ап
253	.	4	.	Ан + HS (сл.)
254	.	5	.	Ан + HS
260, 261	100	1—2	100	Ан + Кв (сл.)
262	.	3	.	Ап
263, 264	.	4—5	.	Ан + HS
256, 257	150	1—2	50	Ан + сл. [Пш + Кв + Гл]
258	.	3	.	Ан + HS (сл.)
259	.	4	.	Ан + HS
255	.	5	.	HS + NS
265, 266	200	1—2	50	Ап
267	.	3	.	Ан + HS (сл.)
298, 269	.	4—5	.	HS + Ал

Обозначения: Ан—анальцим, Пш—полевопшпат, HS—гидросодалит, Кв—кварц, Гл—глина, NS—натросанидин, Ал—альбит. сл.—следы фазы.

нако в 3N растворе NaOH, как показывает дифрактограмма образца, примесные фазы исчезают и остается только фаза аналцима. Перекристаллизация в 4 N растворе приводит к образованию слабой гидросодалитовой фазы. Преобладающей фазой оказывается аналцим (табл. 2).

При этой концентрации образование гидросодалитовой фазы сопровождается перекристаллизацией примесных фаз, а дальнейшее увеличение содержания гидросодалитовой фазы в массе пропорционально уменьшению количества аналцимовой фазы.

Вторую серию опытов проводили при  $150^\circ\text{C}$  и постоянстве всех остальных параметров условий перекристаллизации, результаты которых собраны в табл. 2.

Третья серия опытов проведена при  $100^\circ\text{C}$  в течение 100 ч в растворах NaOH в интервале концентрации 1—5 N. При этой продолжительности уже в 1—2 N растворах примесные фазы полностью исчезают, за исключением следов кварца. В 3 N растворе устойчивой фазой является только аналцим. Повышение концентрации NaOH (4—5 N) благоприятствует образованию и развитию кристалликов гидросодалита (табл. 2).

Подобные результаты получаются и в четвертой серии опытов по перекристаллизации аналцимсодержащей породы в интервале концентрации NaOH 1—5 N при  $200^\circ\text{C}$  в течение 50 ч (табл. 2).

Полученные результаты по перекристаллизации аналцимсодержащей породы в гидротермальных условиях приводят к выводу, что увеличение концентрации растворителя — NaOH и температуры приводит к образованию менее гидратированных фаз, а в некоторых случаях — безводных каркасных алюмосиликатов.

Серийные опыты по перекристаллизации аналцима в гидротермальных условиях приведены также и в KOH-среде (табл. 3).

Таблица 3

Условия и продукты превращения аналцима в KOH-среде в гидротермальных условиях ( $t=0,8$ )

№ опыта	Т-ра перекристаллизации, $^\circ\text{C}$	$C_{\text{кон}}, N$	Продолжительность перекристаллизации, $\tau, \epsilon$	Установленные фазы
270, 271	100	1—2	50	Ан + Пш + Кв + Гл
272	.	3	.	Ан(сл.) + Пш + Кв + Гл
273, 274	.	4—5	.	W
280, 282	100	1—2	100	Ан + Пш + Кв + Гл
281	.	3	.	W (сл.)
283, 284	.	4—5	.	W
275	150	1	50	Ан + Пш + Кв + Гл
276	.	2	.	W
277, 279	.	3—5	.	W
265	200	1	50	Ан + W + сл. [Пш + Кв]
286, 287	.	2—3	.	W + L
288, 289	.	4—5	.	Кф + Ок

Первая серия опытов поставлена при температуре  $100^\circ\text{C}$  в течение 50 ч в интервале концентрации KOH от 1 до 5 N. При концентрации растворителя 1—2 N наблюдалась частичная деструкция исходных фаз, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности дифракционных линий. По сравнению с другими фазами интенсивность аналцимовых

линий уменьшается в большей степени, а в 3 N растворе КОН степень разрушения кристаллической фазы анальцима составляет ~70%. В последнем случае на дифрактограмме присутствуют очень слабые пики исходных примесных фаз. При переходе от 3N к 4—5N растворам происходит основательное превращение: образуется характерная для катионов  $K^+$  цеолитовая фаза W. При увеличении продолжительности опытов до 100 ч при тех же условиях в 1—2 N растворах КОН существенных изменений не наблюдалось. В отличие от 50-часовой экспозиции в течение 100 ч уже в 3N растворе появляется слабая фаза W. Увеличение концентрации растворителя (4—5N КОН) улучшает качество цеолита W (табл. 3). Повышение температуры превращения анальцима (опыты при 150°C) на 50°C в течение 50 ч указывает на образование цеолита W даже в 2N растворе КОН. В 4—5N растворах масса полностью перекристаллизовывалась в цеолит W с высокой степенью кристалличности, о чем свидетельствует определение влагоемкости, которая составила 18,2%.

Перекристаллизация анальцимовой породы при 200°C в течение 50 ч приводит к выводу, что в сравнительно разбавленном растворе (1N КОН) на основе аморфизированной доли исходного материала образуется цеолит W. В растворах со средними концентрациями (2—3N КОН) исчезают все исходные фазы и, кроме ярко выраженной кристаллической фазы W образуется цеолит L. Повышение концентрации (4—5N КОН) приводит к образованию безводных каркасных алюмосиликатов (табл. 3).

Исследование перекристаллизации анальцима с примесями показало возможность установления области устойчивости анальцима в гидротермальных условиях. Область устойчивости предопределяет область применения данного цеолита в технологических процессах. Анальцим по сравнению с другими цеолитами может применяться в более «жестких» условиях благодаря стабильности его структуры в более основных средах.

Перекристаллизация анальцима с примесями в растворах NaOH и КОН существенно различается. Отношение растворителей к составляющим фазам является разнообразным. Так как в NaOH-среде сначала происходит деструкция примесей, а в КОН-среде — основной фазы. Как видно из результатов серийных опытов растворители служат не только для создания среды, но и активно участвуют при формировании продуктов перекристаллизации в качестве составляющих компонентов. С участием катионов  $K^+$  при перекристаллизации образуются более гидратированные фазы, нежели с катионами  $Na^+$ .

В присутствии катионов  $Na^+$  или  $K^+$  формируются те каркасы, существование которых (за исключением реакции обмена) непосредственно связано с этими катионами.

#### Литература

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. Изд-во «Мир», М., 1976. 2. Сендеров Э. З., Хитаров Н. И. Изд-во «Наука», М., 1970. 3. Амиров С. Т., Мамедов Х. С., Елчиев Я. М., Ганбаров Д. М. «Азерб. хим. ж.», № 5, 1977. 4. Крупенинкова А. Ю., Мамелашвили М. В., Цицишвили Г. В. Труды симпозиума по вопросам исследования и применения клиноптилолита. «Клиноптилолит», Тбилиси, 1974. 5. Гогишвили В. Г., Хундадзе А. Г., Амриханова Н. Г. Труды симпозиума по вопросам исследования и применения клиноптилолита. «Клиноптилолит», Тбилиси, 1974.
- Институт неорганической и физической химии

Поступило 29. III 1979

Н. К. Рагимов, Д. М. Ганбаров, С. Т. Амиров, Ш. Э. Алиева, Х. С. Мамедов

#### АНАЛСИМ ТИПЛИ СЕОЛИТИН ЈЕНИДЭН КРИСТАЛЛАШМАСЫ ЗАМАНЫ ФАЗА КЕЧИДЛЭРИ

Мәғаләдә аналсим типли сеолитин NaOH, КОН мұһитләриндә 100, 150 ва 200° С-дә даваматлыг области мұәјјән едилмишдир. Тәмчигини, һәлледици мұһитини катионларынни тәбиғитини кристаллашма заманы фаза кечирмәләринни истигамәтинә тәсир өјрәшилмишдир.  $K^+$  катионларынни иштиракы илә W сеолити, каллофилиит, ортоклаз,  $Na^+$  — илә һәә һидросодалит вә албит фазалары алынмишдир.

N. G. Ragimov, D. M. Ganbarov, S. T. Amirov, Sh. A. Aliyeva, Kh. S. Mamedov

#### PHASE TRANSFORMATIONS DURING ZEOLITE RECRYSTALLIZATION OF ANALSITE TYPE

Recrystallization of analcite-containing rock in hydrothermal conditions in NaOH and KOH mediums at temperatures 100, 150 and 200° has been investigated. The effect of cation nature on the direction of phase transformation during analcite recrystallization is stated.

УДК 552.539.217.553.982.

Акад. А. Д. СУЛТАНОВ, А. И. КАЛАНТАРОВ

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ ГРАНУЛЯРНЫХ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ

Традиционный метод определения пористости гранулярных коллекторов по результатам анализа кернов требует специального отбора последних, что удлинняет срок и удороживает стоимость проводки скважин. Кроме того, очень часто керны, отобранные из несцементированных песчаных коллекторов, не могут быть использованы для определения величины пористости ( $m$ ) из-за рыхлости образца.

Наряду с этим, из-за технических трудностей редко удастся методически правильно отобрать керны так, чтобы они были распределены равномерно по разрезу и по площади. Из-за этого часто даже при значительном числе кернов средняя величина  $m$ , определенная по результатам их анализа, естественно, будет сильно отличаться от истинной средней  $m$ , в связи с неоднородностью по мощности и по площади. Поэтому весьма важно найти новый, свободный от указанных недостатков, метод определения величины пористости залежи на основе таких параметров последней, определение которых в процессе проводки скважин составляет необходимые элементы технологии.

С целью решения этого вопроса нами была поставлена задача выявить, нет ли связи между безразмерным параметром  $h_n$ , являющимся отношением величины песчаной мощности залежи к ее общей мощности и средневзвешенным диаметром зерен ( $d_{cp}$ ) пород-коллекторов.

Песчанистость по мощности ( $h_n$ ) определяется как среднее арифметическое из значений относительной песчанистости в отдельных скважинах:

$$h_n = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_{nec}}{h_{общ}}}{n} \cdot 100 \%,$$

где  $h_{скв}$  — суммарная мощность прослоев коллекторов в отдельной скважине, м;  $h_{общ}$  — общая мощность пласта, м;  $n$  — число скважин.

В данной работе величина  $d_{cp}$  определялась вычислением, при этом средний диаметр частиц: первой ( $>0,25$  мм); второй (0,25—0,1 мм), третьей (0,1—0,01 мм) и четвертой ( $<0,01$  мм) фракций условно был принят 0,250, 0,175, 0,055 и 0,01 мм, соответственно.

Для этого мы использовали приведенные в работах [1, 2] результаты анализа более, чем 5000 кернов, отобранных на месторождениях ПТ в районе Апшеронского полуострова.

Обработка этих данных по методу наименьших квадратов показала, что между  $h_n$  и  $d_{cp}$  имеется корреляционная связь,  $d_{cp}$  растет с увеличением  $h_n$  [3].

Линия I, характеризующая эту связь по рассмотренным месторождениям, представлена на рисунке, а соответствующие уравнения имеют

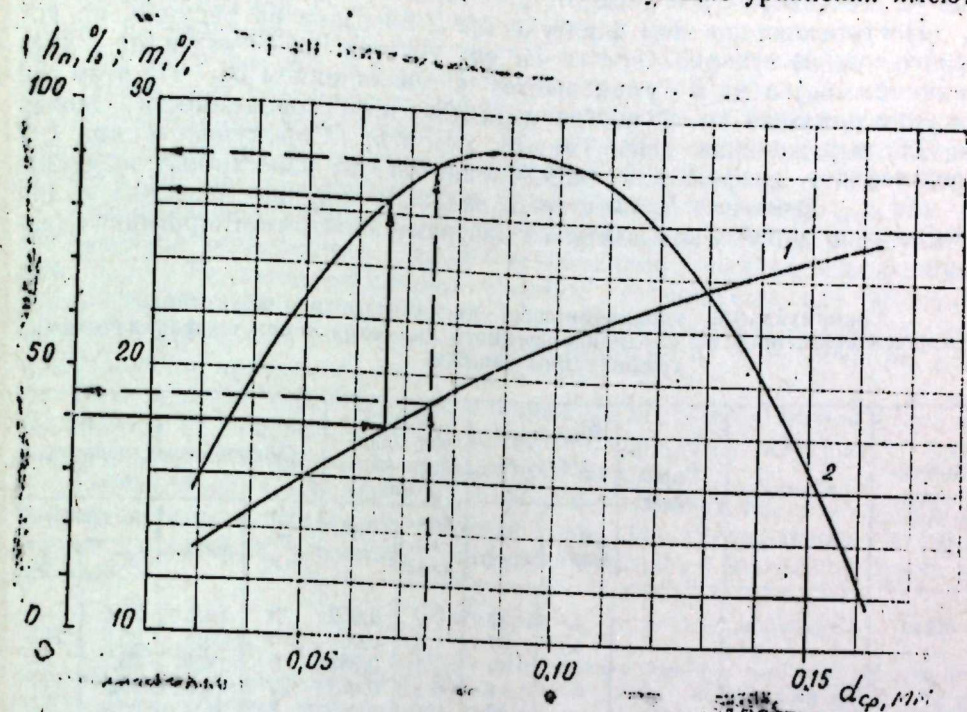


График зависимости песчанистости ( $h_n$ ) и пористости ( $m$ ) от средневзвешенного диаметра зерен ( $d_{cp}$ ) пород коллекторов: 1— $h_n = f(d_{cp})$ ; 2— $m = f(d_{cp})$ .

вид:

$$h_n = -5,8 + 814,1 d_{cp} - 1861,03 d_{cp}^2$$

значение  $d_{cp}$  выражено в мм; а  $h_n$  — в %. Характер этой корреляционной связи, по-видимому, зависит от условий осадконакопления. Из работы [4] следует, что большие значения  $h_n$  приурочены к таким ритмам, в которых происходило преимущественно бурное вихровое осаждение частиц пород, а соответственно малые значения  $h_n$  обусловлены преобладанием медленного выпадения осадков.

Таким образом, установленная связь между песчанистостью по мощности и размерности зерен пород-коллекторов является ценным ключом, который позволяет более простым способом оценить ряд технологических параметров многопластовых нефтяных горизонтов. В данном случае, имея достаточное количество гранулометрического анализа по эксплуатационному объекту и пользуясь аналитическим выражением  $h_n = f(d_{cp})$  или по графику (п. 1), можно определить песчанистость по мощности пласта.

Для пользования установленной зависимости  $h_n = f(d_{cp})$  при определении пористости пород-коллекторов, следуя выводам работ [1, 2, 3, 4, 5, 6 и др.], и применив способ наименьших квадратов, нашли более четкую корреляционную связь между  $m$  и  $d_{cp}$  для всех горизонтов ПТ месторождения Бузовны—Маштаги, используя данные работ [1, 2] по керному анализу. Уравнение этой связи имеет вид параболы 2-го порядка:

$$m = a + bd_{cp} + cd_{cp}^2,$$

где:  $a = -0,000109$ ;  $b = +628,07$ ;  $c = -3433,48$  ( $m, \%$ ;  $d_{cp}, \text{м.м.}$ ).

Построенная по этой формуле кр. 2 показана на рисунке, из которого видно, что она делится на два участка: на I— $m$  растет с увеличением  $d_{cp}$ , а на II—уменьшается с увеличением  $d_{cp}$ . На этом же рисунке показана кр. 1, построенная для всей совокупности данных по III, выражающая связь между  $d_{cp}$  и  $h_n$ . Совокупность кр. 1, 2 представляет график для определения  $m$  по известному значению  $h_n$  или  $d_{cp}$ . Значения  $h_n$  по старым залежам хорошо известны, а для новых—они могут быть взяты из диаграмм электрометрирования скважин.

Сравнительная характеристика песчанности и пористости перед-коллекторов от средневзвешенного диаметра зерен по фактическим, графическим данным

Месторождение	Свита	Горизонт	Песчанность, %		Средневзвеш. диаметр зерен, м.м.		Общая пористость, %					
			по факт.	по граф.	кол-во анал.	ср. знач.	кол-во анал.	по факт.	по графику			
									$d_{cp}$	$h_n$		
Кала	Сурханск.	сс-1	—	37	2	0,062	8	24,1	25,6	—	—	
			49	37	2	0,062	5	25,5	25,6	26,5	—	
			—	39	1	0,065	6	24,4	26,2	—	—	
	Ср. по свите	II	—	37	5	0,062	22	24,5	25,5	—	—	
			—	39	3	0,066	7	25,3	26,4	—	—	
	Ср. по свите*	V	36	36	40	0,061	52	26,3	25,5	25,5	—	
			—	50	11	0,085	9	26,1	28,4	—	—	
	Ср. по свите*	VI	—	49	11	0,084	11	27,9	28,2	—	—	
			—	50	22	0,084	20	27,0	28,3	—	—	
	НКГ	КС	КС <sub>1-2</sub>	—	25	5	0,043	2	21,3	20,4	—	—
				32	39	23	0,064	19	24,6	26,0	23,2	—
				—	21	7	0,045	6	21,1	21,1	18,2	—
				—	33	18	0,054	18	22,9	23,9	—	—
				—	26	7	0,052	7	24,4	23,0	21,0	—
				—	32	35	70	0,059	63	23,3	25,0	23,3
—				40	72	59	0,139	59	19,8	21,2	—	—
—				—	—	—	—	—	—	—	—	—
Балаханы	Сабунчинск.	Ср.	—	39	453	0,065	304	27,8	26,4	26,5	—	
			—	48	171	0,081	92	26,6	28,2	—	—	
			34	36	41	0,060	40	24,2	25,2	23,9	—	
			68	70	159	0,135	129	21,4	22,1	23,6	—	
			—	68	45	0,129	38	21,1	23,9	—	—	
			—	69	30	0,130	25	24,5	23,7	—	—	
			—	68	75	0,129	63	23,0	23,9	—	—	
			—	32	57	0,054	55	24,0	23,8	—	—	
			—	29	52	0,049	51	24,3	22,5	24,1	—	
			—	35	41	0,058	45	24,9	24,8	—	—	
			—	39	88	0,065	82	25,1	26,4	—	—	
			—	35	36	0,058	39	24,3	24,8	—	—	
Бинагады	КС	КС <sub>1</sub>	—	37	89	0,060	101	25,1	25,3	—	—	
			—	66	41	0,124	41	23,8	24,8	—	—	
			—	58	56	0,137	58	23,4	21,5	—	—	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* В средних значениях принимает участие все накопленные аналитические материалы,  $d_{cp}$ —пористость оценена по средневзвешенным диаметрам,  $h_n$ —пористость оценена по песчанности и мощности.

Пример пользования рисунком. Пусть известно, что  $h_n = 40\%$ , требуется определить  $m$ . Двигаемся от оси ординат  $h_n$  вправо до пересечения с прямой 1, затем—по вертикали до пересечения с кр. 2, находим значения  $m = 26,6$  (указано стрелками). Предлагаемый рисунок также дает возможность оценить пористость и песчанность по  $d_{cp}$  одновременно. Если известно, что средние значения средневзвешенного диаметра зерен объекта составляют  $0,075 \text{ м.м.}$ , то  $h = 45\%$ ,  $m = 28\%$  (на рисунке указывается составными пунктирными линиями).

Сопоставление результатов, полученных по рисунку, с результатами анализов кернов было сделано по объектам соседних месторождений Кала, Балаханы—Сабунчи—Раманы и Бинагады, где имелось достаточное количество анализов кернов с определением гранулометрического состава (по ним, которое определяется  $d_{cp}$  пористости. Это сопоставление приводится в таблице.

Как видно из таблицы, определенные по рисунку значения  $m$  мало отличаются от таковых, определенных по керновому материалу, что подтверждает надежность предложенного метода.

Таким образом, предложенный способ позволяет оценить значения  $m$  гранулярных коллекторов нефти и газа, без специального отбора кернов из скважин, что может обеспечить большую экономию труда и средств.

#### Литература

1. Алиев А. Г., Ахмедов Г. А. Коллекторы нефти и газа мезозойских отложений Азербайджана. Баку, 1958.
2. Ализаде А. А., Ахмедов Г. А., Аванесов В. Т. Каталог коллекторских свойств продуктивной толщи Азербайджана. Изд-во «Элм», Баку, 1972.
3. Калантаров А. И., Кулиев А. М., Пляш А. М. Изв. АН Азерб. ССР, серия наук о земле, 1977, № 1.
4. Рухии А. Б. Основы литологии. Гостоптехиздат, 1960.
5. Шейдегер А. Э. Физика течения жидкостей через пористые среды. Гостоптехиздат, 1960.
6. Ханин А. А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. Изд-во «Недра», 1969.

Институт геологии

Поступило 11. XI 1978

Э. Ч. Султанов, А. И. Калентеров

#### ДӘНЭВӘР НЕФТ ЛАЈЛАРЫНДАКЫ МӘСАМӘЛИЛИЈИН ТӘЈИН ОЛУНМАСЫ ҮСУЛУ

Мәғаләдә кеофизики-мә дән мә думатларына әсасән мәһсулдар лај кәсилишиндәки гүмәгуғун фәзи, гүм дәнәчкәришини орталашдырымыш диаметри вә мәсамәлилик арасындакы емпирик асылылыг көстәриләр.

Алынмыш асылылыг, кеоложи-кәшифјат ишләрини илк мәрһәләсиндә лајдакы мәсамәлилијин орта гүмәтини тапмаға имкан верир.

A. D. Sultanov, A. I. Kalantarov

#### METHOD OF DETERMINATION OF GRANULAR OIL BEDS POROSITY

On the base of the field geological data the present work states empiric dependences of porosity and sandy formation along the cutaway from the average weighted diameter of productive strata grains. The obtained dependence allows to evaluate the average meaning of rocks porosity at early stages of exploratory works and to determine these values in separate blocks or parts of deposits being developed.

А. А. БУРЯКОВСКИЙ, Р. Д. ДЖЕВАНШИР

### ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА НЕДОУПЛОТНЕННЫХ ГЛИН

(На примере продуктивной толщи Бакинского архипелага)

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Г. А. Ахмедовым)

Глинистые породы играют огромную роль в процессах формирования и сохранения залежей углеводородов, а также являются важнейшим фактором при выявлении, изучении и прогнозировании аномально высоких пластовых давлений. В связи с этим представляет большой интерес изучение петрофизических параметров глинистых пород, в частности, структуры порового пространства.

Нами изучены структурные и текстурные особенности образцов глин, извлеченных из глубоких скважин, пробуренных на площадях Бакинского архипелага. При этом использованы прямые методы наблюдения и измерения структурных элементов.

Поскольку элементы мезоструктуры имеют размеры от нескольких тысяч до 5 мкм, они изучались в шлифах с помощью поляризованного микроскопа. Размеры микроструктуры элементов менее 5 мкм. Они изучались на снимках, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа<sup>1</sup>.

Основную массу глинистых минералов, входящих в состав глин продуктивной толщи (средний плиоцен) Азербайджана, составляют минералы монтмориллонитовой и гидрослюдистой групп.

Были изучены образцы пород в интервале глубин от 1415 до 5132 м. Макроскопически глины представляют собою темно-серую листоватую массу чистых глин с тонкими прослоями алевролитистой глины. Кое-где встречаются прослои светло-серого глинистого алевролита. Просмотр шлифов под микроскопом показал, что структура пород является алевропелитовой. Текстура микрослоистая, пятнистая. Порода представлена чередующимися полосами известковистой глины с чистой глиной, что и обуславливает ее микрослоистость, пятнистость. Пятна не имеют резких границ в основной массе. В тонкодисперсной известковисто-глинистой массе рассеяны зерна кварца, полевого шпата, рудных минералов, которые составляют 15—18% всей породы.

При исследованиях на сканирующем микроскопе основное внимание было уделено изучению глинистых прослоев. Увеличение на растворяемом электронном микроскопе устанавливалось в 100, 300, 1000, 3000 и 10000 раз. Всего сделано 102 снимка. Часть образцов изучена в сколах, параллельных наложению, а часть по косым по отношению к

<sup>1</sup> Снимки выполнены в лаборатории физических методов исследования ИГИРГИ старшим научным сотрудником Р. А. Конишевой.

наложению сколам или в направлении перпендикулярном наложению. На рис. 1 с увеличением в 100 и 300 раз структура глин представляется весьма однородной и почти не дифференцированной. Если уве-

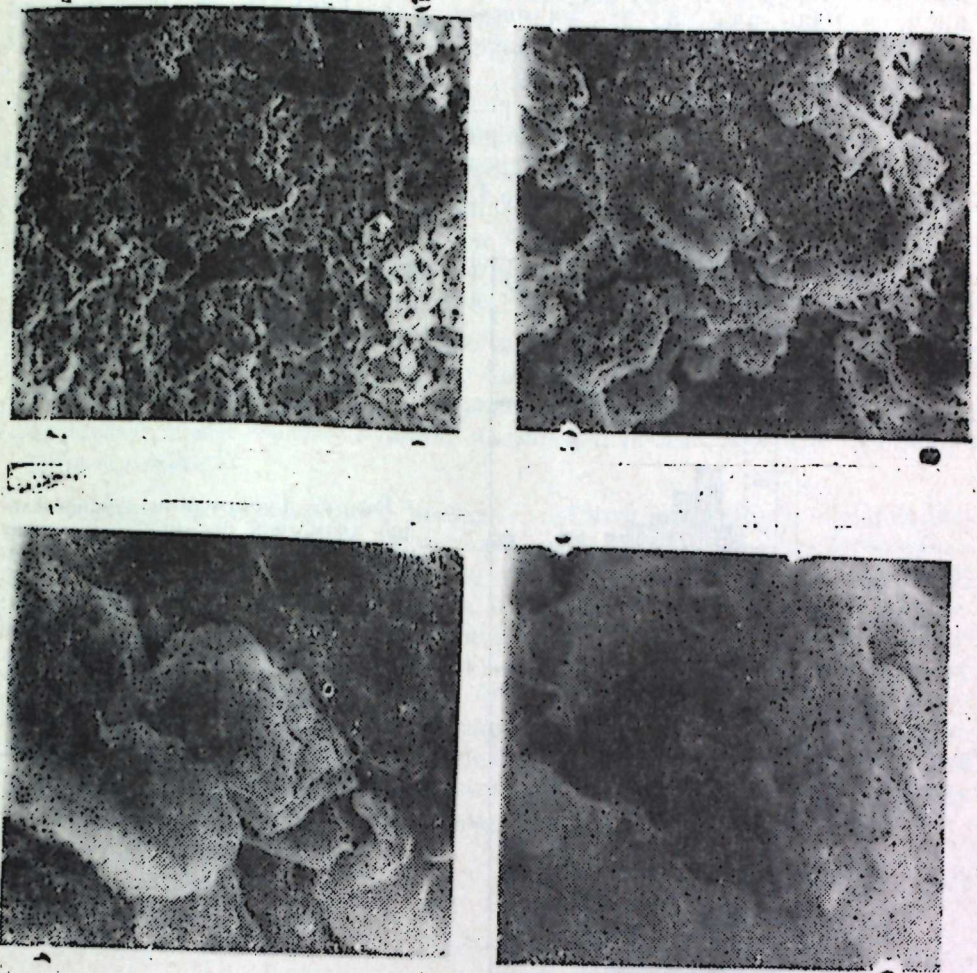


Рис. 1. Структура порового пространства образца глины площади Дуванный-море. Сква. 529, глубина 1700—1705 м: а — ув. 300; б — ув. 1000; в — ув. 3000; г — ув. 10000.

личение возрастает до 1000 и 3000 раз, то дифференциация увеличивается и на снимках отчетливо проступают как отдельные кристаллы, так и поры между ними. Каждое последующее увеличение уточняет строение центральной части предыдущего снимка.

Общий характер фотоснимков свидетельствует о том, что изучаемые глины являются недоуплотненными, плохо отсортированными образованиями с довольно заметной межагрегатной и межгранулярной пористостью. На снимках отчетливо видна структура порового пространства и форма глинистых частиц. Для монтмориллонита характерны агрегаты весьма сложной конфигурации с нечеткими краями. Гидро-

слюды представлены частицами пластинчатой формы — удлиненными или изометрическими — с довольно четкими краями.

Непосредственно на рисунках были измерены поперечные сечения пор. Для этого использованы снимки с увеличением в 3000 раз, но наличие и конфигурация пор контролировались на снимках с увеличением в 1000 раз, а их размеры — на снимках с увеличением в 10000 раз. Всего были выделены и измерены 202 поры на 24 фотоснимках.

Размеры пор измеряются в пределах от 0,6 до 10,3 мкм. Как видно из рис. 2, распределения размеров пор являются правоасимметричными. Обращает внимание, что среднее арифметическое, равное 2,22 мкм, превышает медианное, равное 1,75 мкм.

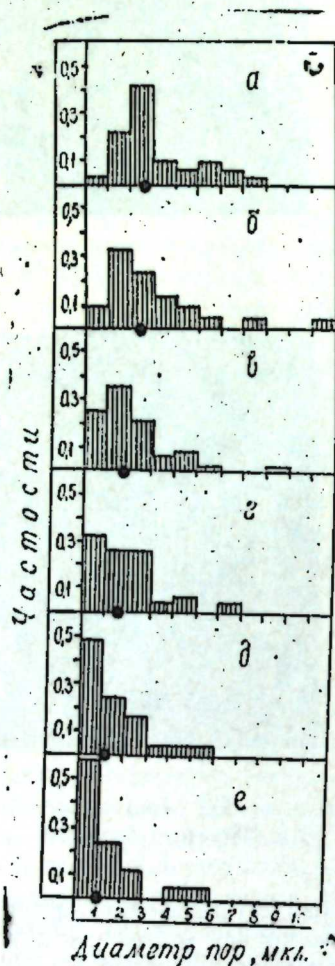


Рис. 2. Гистограммы распределений диаметров по образцам глинистых пород продуктивной толщи (черными кружками показаны медианные значения диаметров пор): а — Дуваный-море, скв. 529, интервал 1415—1420 м, 1450—1455 м; б — Дуваный-море, скв. 529, интервал 1700—1705 м; в — Дуваный-море, скв. 275, интервал 3318—3323 м; г — Сангачали-море, скв. 534, интервал 4295—4303 м; д — о. Булла, скв. 537, интервал 4993—5000 м; е — Булла-море, скв. 15, интервал 5128—5132 м.

Выполненные измерения показывают, что изучаемые глины действительно являются недоуплотненными, так как в них сохранилось до 75% пор размером более 1 мкм. Такие размеры характерны для более крупнозернистых образований типа мелко- и тонкозернистых алевроитов, однако минералогический состав образцов свидетельствует о том, что это действительно глины. Сказанное подтверждается сравнением данных по образцам, извлеченным из скважин 537 и 15. Первый из них

представлен песчаником с медианным диаметром пор 1,10 мкм, а второй — глиной с диаметром пор 0,88 мкм. Учитывая несколько большую глубину отбора образца глины из скважины 15 можно полагать, что размеры пор в обоих образцах близки.

Представляет интерес изучение размеров пор с увеличением глубины отбора образцов от 1415 до 5132 м. Как видно из рис. 2, с увеличением глубины залегания размеры пор закономерно уменьшаются по кривой экспоненциального типа, уравнение которой следующее:

$$d = 4,6 e^{-0,000305311 H}$$

где  $d$  — медианный диаметр пор, мкм,  $H$  — глубина залегания, м,  $e$  — основание натурального логарифма.

Этот результат хорошо согласуется с данными об изменении с глубиной пористости, проницаемости, плотности и других петрофизических параметров глинистых пород.

Структура порового пространства недоуплотненных глин ПТ Бакинского архипелага сопряжена с высокой пористостью их и интенсивным развитием аномальных поровых давлений. Эти же параметры оказывают существенное влияние на экраняющие свойства глинистых пород-покрышек.

Исходя из полученного вывода о недоуплотненности среднеплотных глин Бакинского архипелага можно полагать, что экраняющие свойства глинистых покрышек этого района в основном определяются наличием в них аномальных поровых давлений и продолжающегося в настоящее время гравитационного отжатия поровой воды. Установленная же закономерность снижения с глубиной медианного диаметра пор позволяет утверждать, что на больших глубинах интенсивность развития аномальных давлений должна снизиться, а экраняющие свойства глинистых покрышек будут в основном определяться высокими капиллярными давлениями, закономерно увеличивающимися по мере снижения диаметра поровых каналов.

Институт проблем глубинных  
нефтегазовых месторождений

Поступило 5. X 1978

Л. А. Буряковски, Р. Ч. Чананишв

### ТАМ БЭРКИМЭМИШ КИЛЛЭРИН МЭСАМЭЛИЛИК СТРУКТУРУНУН ХАРАКТЕРИ

(Бақы архипелагынын мөсулдар гатынын нүмунэсиндэн)

Мөгаләдә петрографик вә электрон-микроскопик тәтбигләрлә килли сүхурлар нүмунэсиндә Бақы архипелагы нефт вә газ јатагларынын дәрин гујуларындан котүрүлмүш Орта Пласен киллэринин мөсамэлилик характеристикасы биринчи дөфә оларак өјрэнилмишдир.

Мүэјјән едилмишдир ки, өјрэнилмиш сүхурлар там бәркимэмишләр вә мөсамэлилик медиан диаметри экспоненсал гануна ујгун оларак, 1415 м дәринликдән 5132 м дәринликә гәдәр кичиләр.

Киллэрин бу типли мөсамэ структура на малли олмасы онларда аномал тәзјиг ичкишафы вә килли покрышкаларынын экран хүсусијјәтләринин тәсири алтында јаранмасы һаггында нәтичә әлдә едилмишдир.

CHARACTERISTIC OF THE STRUCTURE OF A POROUS  
MEDIUM OF NOT ENOUGH CONSOLIDATED CLAY

For the first time the porous characteristic of Middle Pliocene clays are studied by petrographical and scanning microscope investigation on the examples of clayish rocks removed from deep wells of oil and gas fields of the Baku archipelago. It is established that the studied rocks are not enough consolidated and the medium pore diameter decreases according to the exponential law in the intervals 1415 m to 5132 m.

УДК 553.982.51.011.57

НЕФТЕДОБЫЧА

Акад. Ш. Н. МАМЕДОВ, Ч. А. СУЛТАНОВ, И. С. БЕЛОВ  
ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВАЯ ОЦЕНКА НЕФТЕОТДАЧИ  
В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО РЕЖИМА

Вследствие различия физико-химических свойств жидкости, неоднородности нефтеносных пород, их различий по физическим и петрографическим особенностям, а также наличия значительного влияния капиллярных и молекулярно-поверхностных явлений в пористой среде при движении нефти — все это значительно осложняет изучение вопросов отдачи в этих условиях, сводилось к изучению парных связей между нефтеотдачи в условиях гравитационного режима. Большинство теоретических и лабораторных исследований, связанных с вопросами нефтеотдачи в этих условиях, сводилось к изучению парных связей между отдачей и одним из определяющих его факторов [1, 2]. Без этих исследований невозможно было определить роль того фактора, который оказывает наибольшее влияние на нефтеотдачу. Самое близкое значение коэффициента нефтеотдачи может быть достигнуто лишь на основе геолого-промыслового анализа всех материалов, связанных с разработкой истощенных залежей. Поэтому исследование нефтеотдачи в условиях гравитационного режима и выявления степени влияния на нее геологических факторов является вопросом огромной важности. Данная работа охватывает Балахано-Сабунчино-Раманнинское месторождение, обладающее различными физико-химическими особенностями и эксплуатирующееся в условиях гравитационного режима [3]. При выборе тектонически изолированных блоков и определении нефтеотдачи при гравитационном режиме соблюдались следующие условия.

1. Выбираемая площадь блока не должна быть подвергнута воздействию различных методов интенсификации.

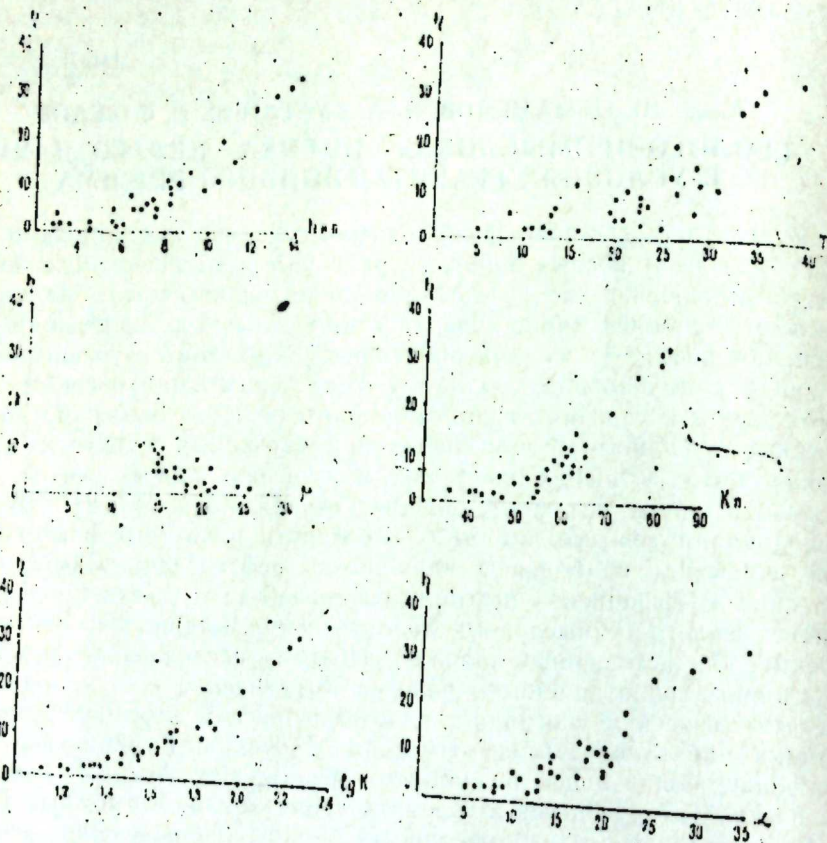
2. Эксплуатация скважин в пределах блока должна осуществляться с одного горизонта.

3. Разрабатываемая площадь должна быть представлена безводной зоной при незначительном газовом факторе.

Одним из основных вопросов является определение времени проявления гравитационного режима. Для этой цели были построены по блокам кривые изменения статистических уровней и при помощи их в каждом конкретном случае определяли время перехода данного блока на гравитационный режим. Момент нахождения статического уровня ниже кровли исследуемого горизонта является время его перехода. После определения времени перехода и вычисления начальных запасов нефти по блокам, производили подсчет общей добычи нефти как при начальном, так и гравитационном режиме.

Таким образом, для создания статистической модели на основании анализа геолого-промысловых результатов были привлечены данные по 32 блокам, входящие в «обучающую» выборку.

На рисунке приведены парные зависимости между нефтеотдачей и определяющими факторами. Предварительные исследования парных зависимостей показали, что изменения эффективной мощности и плотности сетки скважин (0,4—4,4 га/сква) заметного влияния на нефтеот-



дачу не оказывают, поэтому эти параметры при дальнейшем анализе были исключены.

Таким образом, после анализа парных зависимостей функция может быть представлена в следующем виде:

$$q = f(\lg K, \alpha, K_n, h_{n-p}, T, \mu).$$

В качестве параметра фазовой проницаемости принято значение его логарифма ( $\lg K$ ), углы падения ( $\alpha$ ) горизонта в блоках вычислены при помощи построенных профилей, коэффициент песчаности ( $K_n$ ), который был определен как отношение суммарной мощности нефтенасыщенных объектов к общей мощности; средняя нефтенасыщенная мощность пропластка ( $h_{n-p}$ ) взята как отношение средней продуктивной мощности к среднему количеству пластов в данном объекте; продолжительность разработки ( $T$ ) подсчитывалась как среднее время работающих скважин в период гравитационного режима; вязкость нефти ( $\mu$ ) в *спузах*. Интервал изменения значения параметров следующий:  $\lg K$  от 1,11394 до 2,40993;  $\alpha$  от 5 до 35°;  $K_n$  от 39,9 до

81,2%;  $h_{n-p}$  от 2,8 до 13,8 м; средняя продолжительность эксплуатации блока от 4,7 до 39,3 лет и вязкость нефти от 5 до 25,5 *спуз*. Нефтеотдача при этих значениях колебалась от 1,4 до 33,0%.

Как видно из этих данных, интервал значений достаточно большой, т. е. взятые для исследования блоки охватывают почти весь диапазон существующих особенностей истощенных залежей Азербайджана, эксплуатирующихся в условиях гравитационного режима. Из рисунка видно, что все зависимости правильно отражают физическую сущность влияния этих параметров на нефтеотдачу, а их полигоны распределены нормальному закону.

Для решения этой задачи нами используется широко применяемый в кибернетике принцип «черного ящика», заключающийся в том, что не имея информации о существе внутренней структуры процесса для его математического описания, используют лишь зависимости выходных величин от входящих [4]. Методами корреляционного и регрессионного анализов была получена искомая многомерная зависимость в виде линейной модели:

$$q = 9,11 \lg K + 0,275 K_n - 0,338 \mu + 0,313 h_{n-p} + 0,132 \alpha + 0,0357 T = 21,9 \quad (1)$$

Коэффициент множественной корреляции уравнения (1) составил 0,91, а средняя ошибка фактических и расчетных величин нефтеотдачи — 9,7%.

Величины критерия Стьюдента для полученных коэффициентов регрессии соответственно составили 2,9, 4,2, 3,6, 2,2; 2,0, 2,4, они существенны при достоверности 0,95—0,99 (с учетом количества исследуемых данных и числа степеней свободы, равного 26).

Из анализа корреляционной матрицы исследуемых параметров видно, что наиболее тесная связь существует между нефтеотдачей и проницаемостью, т. е. коэффициент корреляции  $r = 0,88$ , для песчаности 0,83, а мощности нефтенасыщенных пропластков 0,78, углом падения горизонта 0,57, продолжительностью эксплуатации блока 0,52 и обратной зависимостью вязкости нефти — 0,53. Среднее квадратическое отклонение во всех случаях превышает абсолютную среднюю ошибку более, чем в пять раз, т. е. вариация параметров превосходит ошибку их определений [5]. Отношение остаточной дисперсии к общей составило 10%, т. е. взятые для анализа факторы на 90% предопределяют нефтеотдачу.

Для проверки полученной модели были привлечены данные шести блоков («экзаменационная» выборка, которая не входила в «обучающую» выборку). Средняя ошибка полученной расчетной нефтеотдачи по этим блокам составила 9,3%. Это, наряду с высокой статистической надежностью модели, установленной с помощью критерия Стьюдента и коэффициента множественной корреляции, показывает, что полученная модель адекватна изучаемому процессу, и, следовательно, имеет большое практическое значение, так как на базе полученных расчетных данных можно установить не только приемлемость месторождения к разработке, но и определить систему и технологию извлечения нефти при подземной разработке.

#### Литература

1. Надарейшвили А. В. Нефтеотдача песков при гравитационном режиме. Канд. дисс. Ин-т нефти АН СССР, 1954.
2. Хиггинс Р. В. Факторы, влияющие



на гравитационный дренаж. Petroleum Engineer, vol. 25, № 5, 1953. 3. Мамедов Ш. Н., Мирзоев Р. Х. Перспективы рудничной разработки нефтяных месторождений Азербайджана. Изд-во «Элм», 1971. 4. Эшби Р. Введение в кибернетику. ИЛ, 1959. 5. Комаров И. С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. Изд-во Недра, 1972.

Институт геологии

Поступило 14.11 1979

Ш. Н. Мамедов, Ч. А. Султанов, И. С. Белов

### ГРАВИТАСИЈА РЕЖИМИ ШЭРАИТИНДЭ НЕФТВЕРМЭНИН КЕОЛОЖИ-МЭДЭН БАХЫМЫНДАН ГИЈМЭТЛЭНДИРИЛМЭСИНЭ ДАИР.

Балаханы—Сабунчу—Рамана јатагларынын 32 тектоник блоку үзрә кеоложи-физици факторларын гравитасија режими шэраитиндә нефтвермәјә тәсиринин статистик үсулларла өјрәнилмәси, чохөлчүлү хәтти моделин алынмасына имкан вермишдир.

Алынган модел, өјрәнилән процес үчүн статистик чәһәтдан чох етибарлыдыр вә нефтин јералты үсулла ишләдилимәсиндә, һабелә нефтвермәни мүәјјилләшдирмәкдә бөјүк тәчрүби әһәмијјәт кәсб едир.

Sh. N. Mamedov, Ch. A. Sultanov, I. S. Belov

### GEOLOGICAL-MINING ESTIMATION OF OIL OUTPUT IN THE CONDITIONS OF GRAVITATIONAL REGIME

The study of the influence of geological-physical factors on the oil output in the conditions of gravitational regime by 32 tectonic blocks of Balakhany-Sabunchi-Ramany deposit allowed to get multidimensional linear model by statistical methods.

The obtained model with high statistical reliability is adequate to the studied process and is of great practical importance during prediction the oil output in the conditions of underground working.

АЗЕРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘРҮЗӘЛӘРИ  
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXV ЧИЛД

№ 7

1979

УДК — 635,5

СЕЛЕКЦИЯ

С. Б. ЗЕЙНАЛОВ

### ВЛИЯНИЕ ОБРЕЗКИ РОЗОВОГО КУСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЦВЕТКОВ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. М. Кулиевым)

Количество и качество цветков на розовом кусте тесно связаны со своевременными обрезками куста. Поэтому в Советском Союзе с начала 1940 г. изучается количество и качество цветков, образующихся на розовом кусте под влиянием обрезок.

Таким образом, влияние обрезки на урожайность и качество цветков роз исследовано вполне достаточно, но до сих пор в нашей республике совершенно не изучались потенциальные возможности их в зависимости от обрезки на оставшихся побегах почек.

Наблюдения показали, что у тех растений, обрезка которых производилась в зависимости от количества почек, меняется способность кустов к цветению. Отсюда видно, что для полного изучения данного вопроса и определения условий нормального цветения следует вести учет за количеством почек на побегах в зависимости от местных условий.

Было изучено цветение 30 сортов роз путем сохранения различного количества почек с учетом биологических и хозяйственных особенностей растений в условиях Куба-Хачмасской зоны.

Для исследования этого вопроса мы брали два куста роз от каждого сорта с определенным числом почек 4,6 и 8 на ветвь. Известно, что розы — кустарниковые растения и без обрезки невозможно получить высокие урожаи цветков. В основном обрезка кустов роз бывает трех способов: 1) длинная; 2) средняя; 3) короткая.

Большинство ученых предлагает при длинной обрезке оставлять на побегах 10—12 почек, при средней — 8—10, а при короткой — 4—6 почек.

Спустя 50—60 дней после начала вегетации начинается цветение роз, растения готовятся к повторному цветению с коротким перерывом, в конце вегетации развитие останавливается. Сорта чайногибридной группы в настоящее время широко распространены в розоводстве. Большинство сортов этой группы отличается от других групп бурным развитием молодых побегов, хорошим ветвлением, быстрым возобновлением срезанной части, что обеспечивает непрерывное цветение чайногибридных роз и является биологической особенностью этой группы.

Результаты проведенных 3-летних исследований показывают, что развитие сортов чайногибридной группы, начинающееся с набухания почек до цветения, продолжается 40—45 дней. Побеги первого цветения

ния развиваются от почек второго порядка, период второго цветения — от почек третьего порядка, период третьего цветения — от почек четвертого порядка и в конце вегетации цветоносный побег развивается от почек пятого порядка до цветения. После проведения обрезки сортов чайногибридной группы основным условием обильного цветения является правильное и точное соблюдение агротехники. Массовое цветение сортов этой группы при благоприятных погодных условиях продолжается 13—15 дней, изменение температуры влияет на длительность этого срока. Так, увеличение температуры в период второго и третьего цветения сокращает срок массового цветения до 8—10 дней. Понижение температуры в конце вегетации удлиняет срок цветения до 20—25 дней, благодаря более медленному распусканию бутонов. Как отмечено, бурное развитие молодых побегов у сортов чайногибридной группы сокращает срок между цветением и поэтому создается впечатление, что оно происходит непрерывно. Для обеспечения массового цветения в период весеннего и осеннего цветения необходимо срезать ранее образовавшиеся бутоны. Это ускоряет быстрое развитие других цветоносных побегов и обеспечивает цветение.

Сорта, входящие в ремонтантную группу, отличаются бурным развитием и асимметричностью расположения ветвей. В отличие от чайногибридной группы, не все почки дают цветоносные побеги. Основные из них развиваются от почек верхней части кустов. В зависимости от биологических особенностей в сортах ремонтантной группы 2-годовалые побеги дают больше генеративных почек. Эта особенность учитывалась при обрезке сортов данной группы. В сортах ремонтантной группы при повторном цветении развиваются почки второго порядка. Побеги, образовавшиеся от почек второго порядка, в большинстве случаев, остаются вегетативными.

В основном цветение обеспечивают те почки, которые закладываются в верхней части куста. Почки, заложенные в средней и нижней части куста, цветут мало или совсем не цветут. При следующем цветении этот процесс повторяется.

У сортов чайногибридной группы рост и развитие побегов одновременно происходит в разных частях куста. Поэтому на одном кусте одновременно можно увидеть новые побеги, цветки и плоды. У сортов же ремонтантной группы после первого цветения побеги почти не развиваются. Почки и побеги, расположенные в верхней части куста, хорошо обеспечиваются питательными веществами, находятся в благоприятных условиях и поэтому развиваются более интенсивно. Побеги и почки, расположенные в средней и нижней части куста, развиваются сравнительно слабо.

У сортов чайногибридной и ремонтантной группы, у которых обрезку проводят ранней весной, развитие происходило приблизительно одинаково. Количество и качество цветков у обеих групп менялось в зависимости от количества почек, оставленных на побегах при обрезке. Таким образом, если на побегах чайногибридной и ремонтантной группы оставить при обрезке по 4 почки, то количество образовавшихся цветков уменьшается. Однако при этом улучшается их качество и удлиняется цветоносный побег. Наряду с образованием вегетативных побегов, отмечено появление и генеративных (сорта Глория ден, плетистые формы, Красная Москва, Отто фон Бисмарк, Пол Нерон, Фрау Карл Друшки).

В варианте с 6-ю почками, оставленными при обрезке на побеге, число цветков увеличивается, при этом длина и прочность цветоносного побега образовавшихся роз не отличается от первого варианта, где на одном побеге оставлялось по 4 почки. Количество образовавшихся роз на 3—5 шт. оказалось больше, чем на побегах с 4 почками. При оставлении на побегах 6 почек хороший урожай получили у сортов чайногибридной группы: Глория ден (плетистая и кустовая формы), Миранди, Кайзерин Августа, Виктория, Гранат, Мад. Жюль Буше, Лауренткал, Юбилейная, Баккара, Кримсон Глори, Супер Стар и у сорта ремонтантной группы Ульрих Брюннер.

При оставлении на побеге 8 почек у подавляющего большинства сортов образуется значительно большее количество цветков (5—7 шт.). У некоторых сортов (Мад. Жюль Буше, Гранат, Гадлейроз, Фрау Карл Друшки) оно было еще выше. Однако качественные показатели образовавшихся цветков низкие. Цветки отличаются тонкостью, цветоносный побег у них короткий в первом и втором варианте, кроме того наблюдалось уменьшение диаметра образовавшихся роз.

Летом обрезка производилась после первого и второго цветения, что, наряду с увеличением урожайности кустов одновременно придает им хорошую форму. Благодаря обрезке вегетативных веток и слабых побегов можно правильно регулировать рост и развитие кустов. Летнюю обрезку производили через 5—7 дней после цветения. Обрезки производили на сортах обеих групп. При этом, на побегах верхней части куста производилась длинная обрезка в средней и нижней части куста — средняя и короткая. При летней обрезке, в зависимости от особенностей развития, на ветвях сохранилось 4, 6 и 8 почек.

В связи с сильной жарой в Куба-Хачмаской зоне после второго цветения развитие роз приостанавливается до 10—15 августа, а потом вновь возобновляется. Начинается развитие побегов 3-го порядка и обеспечивается повторное цветение. В это время у большинства сортов чайногибридной и ремонтантной групп цветение резко уменьшается. У многих изученных сортов вегетативные ветви развиваются более интенсивно. Например, сорта чайногибридной группы: Офелия, Нарцисс, Виктория, Мад. Баттерфляй, Мевроу Г. А. ван Россен, Маршал Нил, Олде Франс, из сорта ремонтантной группы: Пол Нерон. У сорта ремонтантной группы Пол Нерон после первого цветения, Фрау Карл Друшки — после второго цветения резко уменьшается урожайность. Большую часть новых побегов, образующихся на указанных сортах, составляют вегетативные органы.

Осенние обрезки производят в конце сентября — в начале октября после третьего цветения. Ввиду того, что в условиях Куба-Хачмаской зоны в октябре среднемесячная температура составляет более 15—20°C, развитие растений продолжается у таких сортов чайногибридной группы, как Глория ден (плетистая и кустовая формы), Миранди, К. А. Виктория, Гранат, Мад. Жюль Буше, Юбилейная, Баккара, Кримсон Глория, Утро Москвы, Супер Стар, а у сорта Ульрих Брюннер ремонтантной группы наблюдается четвертое цветение.

В Куба-Хачмаской зоне, в зависимости от биологических особенностей, на побегах каждого отобранного сорта необходимо сохранить следующие количества почек: для сортов чайногибридной группы — Глория ден (плетистая форма), Красная Москва, Клементина по 8 почек (длинная обрезка); для сортов Глория ден (кустовая форма)

К. Августа Виктория, Мадам Жюль Буше, Гранат, Миранди, Куин Мери, Отто фон Бисмарк, Юбилейная, Баккара, Утро Москвы, Супер Стар, Лауренткал, Мевроу Г. А. ван Россем, Вирго, Крымская почва, Кримсон Глори и т. д. по 6 почек, а у сортов Офелия, Нарцисс, Гадлейроуз, През. Герберт Гувер, Мад. Баттерфляй, Олде Франс, Маршал Ниел по 4 почки. На сортах ремонтантной группы Фрау Карл Друш-ки 8, Пол Нерон и Ульрих Брюннер необходимо оставлять по 6 почек. Таким образом, основываясь на результаты трехлетних исследований для Куба-Хачмасской зоны во время обрезки указанных сортов роз целесообразно на ветвях оставлять по 6 почек. В период обрезки количество оставленных веток не должно превышать 5—6 штук.

#### Литература

1. Ижевский С. А. Розы. М., 1958. 2. Клименко В. Н. Розы. Изд-во «Крым», 1966. 3. Лучник Э. И. Обрезка кустарников. М., 1960. 4. Номеров Б. А. Садовые розы. МГУ, 1973. 5. Сааков С. Г., Риекста Д. А. Розы. Изд-во «Зинабе», Рига, 1973.

Институт географии

Поступило 24. II 1979

С. Б. Зеиналов

### БУДАМАНЫН ГЫЗЫКУА КОЛУНУН МЭХСУЛДАРЛЫГЫНА ВЭ КЕҖФИЈЭТИНЭ ТЭСИРИ

Мәгәләдә гызыкүә колларының будамасының мәхсулдарлыгы вә күлүн кеҖфијәтинә тәсири кеңиш өҗрәнилмишдир. Ләкин индијә гәдәр республикамызда бу мәсәлә кифәјәт гәдәр өҗрәнилмишдир. Оду кн, тәдгигат мүддәтиндә Губа—Хачмаз зонасында өҗрәнилмиш гызыкүә сортаары үзәриндә мүхтәлиф сајда тумурчуг сахламагла, колларын күлвермә габиләјјәти өҗрәнилмишдир.

Апарылыш тәдгигат нәтиҗәсиндә Губа—Хачмаз зонасында гызыкүә коллары үзәриндә будама апараркән зог үзәриндә 6 әдәд тумурчуг сахламаг мәгсәдә ујғунду. Будама дөврүндә колда будагларын сајы 5—6 әдәдән чох олмамалыдыр.

S. B. Zeinalov

### THE INFLUENCE OF CUTTING OF ROSE BUSH ON PRODUCTIVITY AND QUALITY

According to the investigation carried out in Guba-Khachmas zone it is revealed that it is better to have 6 buds on the branch of rose bush. During the cutting period the number of branches must not exceed 5—6.

Э. Х. ХАЛИЛОВ

БОТАНИКА

### НОВЫЙ ВИД АСТРАГАЛА (ASTRAGALUS BADAMLIENSIS CHAL. SP. NOVA) ИЗ НАХИЧЕВАНСКОЙ АССР

При критической обработке астрагалов Нахичеванской АССР были обнаружены экземпляры из секции *Myobroma* Bunge, которые резко отличались от близких видов по морфологическим признакам генеративных и вегетативных органов. Автор полагает, что эти отличительные признаки не связаны непосредственно с влиянием географических и экологических условий, а поэтому данные экземпляры были выделены как самостоятельный вид.

*A. badamliensis* Chal. sp. nova.

Planta perennis, acaulis, valde albo-villosis, ad 30 cm. alt. Stipula lanceolata ad basim adnata. Folia ad 30 cm long.; foliola 30 jura, oblongo-elliptico-lanceolata, utrinque dense patule villosa, apice mucronata, 20 mm long. 10 mm lat. Inflorescentia semiglobosa, multiflora longepetiolata. Flores picellati 10 mm long. Calyx 14 mm long.; tubus calycinus patulo-albo-villosus, campanulatus; dentes calycini lanceolato-subulati, mucronati, 4 mm long.; tubo calycino breviores, ad basim vix dilatati. Corolla flava vexillum late obovatum, 19 mm long., 9 mm lat., apice rotundatum, vix emarginatum; alae oblongi, apice rotundati; ovarium dense patule albo-villosum; stylus omnino dense squarrose longovillosus, fl. V. VI; fr. VI—VII.

Ab affini *A. declinato* species nostro differt: stylo omnino dense squarrose longovilloso (non sub stigma sparse piloso); foliolla apice mucronatis, utrinque dense pilosis; dentibus calycino lanceolato-subulatis.

Hab. Nachtshevan montanus.

Typus: Nachtshevan, distr Schachbus, p. pag. Badamli, in declivibus ladiposis herbosis. 6. VII 1972 Leg. R. Nuriev.

Многолетнее, бесстебельное, сильно-беловолосистое растение, до 30 см высоты. Прилистники ланцетные, в основании сросшиеся. Листья до 30 см длины, состоят из 30 пар продолговато-эллиптически ланцетных, с обеих сторон густо-отстояще волосистых, на верхушке острых, в 20 мм длины листочков; чашечка колокольчатая, зубцы ее ланцетно-шиловидные, острые, 4 мм длины, в 1,5-раза короче трубочки чашечки, в основании немного расширенные. Венчик желтый, значительно превышает чашечку; флаг широко-обратно-яйцевидный, 19 мм длины, 9 мм ширины, на верхушке выемчатый; завязь густоотстояще-беловолосистая; столбик по всей длине оттопыренно-длинно-волосистый. Цв. V—VI, пл. VI—VII.

От близкого вида *A. declinatus* наш вид отличается столбиком по всей длине густо оттопыренно-беловолосистыми (не опущенным толь-

ко под рыльцем) листочками с обеих сторон густо-волосистыми; зубцы чашечки ланцетно-шиловидные.

Распространение: в горной части Нах. АССР.

Тип: Нах. АССР, Шахбузский район, сёл. Бадамлы, на каменистых травянистых склонах. 6.VII 1972, Р. Нуриев

Сравнительная таблица

признаков *A. declinatus* Willd. и *A. badamliensis* Chal.

<i>A. declinatus</i> Willd.	<i>A. badamliensis</i> Chal. sp. nova
Высота растения	
Прилистники	
перепончатые	травянистые
Листья	
Из 9—20 пар яйцевидных или удлиненно-яйцевидных голых листочков, на верхушке с маленьким остроконечием	Из 30 пар продолговато-ланцетных на верхушке острых, с обеих сторон волосистых листочков
Соцветие	
Малоцветковые, на короткой ножке	Многоцветковые, на длинной ножке
Завязь	
Коротко слабопушистая	Густо-длинно-волосистая
Зубцы чашечки	
Треугольно-ланцетные, в два раза короче трубочки чашечки	Шиловидные в основании чуть расширенные, в 1,5 раза короче трубочки чашечки
Столбик	
Только под рыльцем рассеянно-коротко-волосистый	По всей длине густо-длинно-волосистый

Астрагал бадамлинский произрастает на сухих каменистых склонах и обладает довольно богатой надземной зеленой массой, а потому и может быть использован как корм для скота.

Институт ботаники

Поступило 13. XII 1978

Э. Х. Халилов

НАХЧЫВАН МССР-иНИ ЖЕНИ КЭВЭН НӨВҮ—

*Astragalus badamliensis* Chal. sp. nova

нагда

Мөгаләдә Нахчыван МССР-и Бадамлы кәнди әтрафындан топланымыш һәр бәрн материаллары әсасында сам үчүн жени кәвән нөвү *Astragalus badamliensis* Chal. sp. nova тәсвир олуишдур. Жени нөв она јахын олан *A. declinatus* нөвүндән дишичијини лансетвари биз шәкилли олмасы илә фәргләнир.

E. Kh. Khalilov

ASTRAGALUS BADAMLIENSIS  
CHAL. SP. N. IN AZERBAIJAN FLORA

In the results of critical investigations of the *Astragalus* species of Nakhichevan ASSR *A. badamliensis* sp. n. (sectio *Myobroma* (Bunge)) is established.

А. А. АЗИМОВА  
К ВОПРОСУ О ДЕНЕЖНОМ ОБРАЩЕНИИ  
В ГОСУДАРСТВЕ САЛАРИДОВ

(941—984 гг.)

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР З. М. Буниятовым)

Феодальное государство Саларидов сложилось на территории Азербайджана в середине X в. Отдельные аспекты истории Саларидов отражены в работах зарубежных авторов: Хьюарт<sup>1</sup>, Ахмеда Кесреви<sup>2</sup>, В. Ф. Минорского<sup>3</sup>. История государства освещена в работе советского ученого М. Х. Шарифли<sup>4</sup>. Видный нумизмат Р. Фасмер на основе исторических и нумизматических данных в 1927 г. издал статью<sup>5</sup>, где дал хронологию Саларидов.

В начале X в. усиливаются дейлемиты — народность Южного побережья Каспия, а с 330 (941 г. н. э.) годов хиджры начинается «экспансия дейлемитов на север»<sup>6</sup>. С этого времени на развалинах государства Саджидов возникает новое феодальное государство Саларидов (941—984 гг.). Город Ардебиль становится его столицей.

Ибн Мискавейх<sup>7</sup> (ум. 1030 г.) отмечает, что в 330 г. х. (941 г. н. э.) дейлемиты завладели Азербайджаном. Ибн Хаукал (X век)<sup>8</sup> относит это событие к 331 году хиджры (942), когда Марзбан разрушил стены Ардебилья — столицы Азербайджана.

При Марзбане (330—346=941—957) власть саларидов распространялась на Арап, Ширван, Армению, Дербенд вплоть до Кавказского хребта<sup>9</sup>.

В 332 г. х. (943/4) Марзбан защищает Барда'а от русов<sup>10</sup>, а в 337 г. х. (948/9) он предпринимает поход на Рей, но был взят в плен правителем этой области Руки ад-Даулей и заключен в крепость Семирам<sup>11</sup>. Власть временно перешла к отцу Марзбана-Мухаммаду ибн Мусафиру, он вскоре вынужден был удалиться к себе в Таром<sup>12</sup>. На этом заканчивается первый период правления Саларидов в Азербайджане.

Средневековые авторы<sup>13</sup> сообщают, что в 342 г. х. (953/4) правитель Азербайджана Дайсам, услышав об освобождении Марзбана, ушел в Армению, а затем в Багдад. По Ибн Маскавейху Дайсам был в Багдад и получил убежище у Мунза ад-Даули в 343 г. х.<sup>14</sup>

На основании монет, чеканенных от имени Марзбана в 341 г. х. (952/3), следует считать, что его приход к власти совершился в этом году. С этого времени Салариды на долгие годы прочно укрепились в Азербайджане и дали государству целую династию.

Марзбан ибн Мухаммад

1. Азербайджан, 341 г. х., дирхем, диам. — 25,5—26,6 мм; вес — 2,97 г. из клада куфических монет Масаллинского р-на. Азерб. ССР 1958 г.<sup>15</sup>

Лиц. ст.: в поле в линейном круге аббасидский символ веры в трех строках<sup>16</sup>. Над символом веры — полукруг:  $\smile$  / нет божества кроме /Аллаха единого/ нет ему сотоварища». Все это охвачено двумя круговыми легендами: внутренняя — город и дата чекана, внешняя — стих из Корана<sup>17</sup>. Ободок из тонкого и широкого линейных кругов.

Об. ст.: в поле в двух линейных кругах символ веры в трех строках, четвертая строка — прозвище халифа, пятая — имя правителя, шестая — титул правителя: «Богу! /Мухаммад/ посланник Аллаха /ал-Мутти лиллах/ ал-Марзбан бин Мухаммад/ал-Малик». Все это охвачено круговой легендой — стих из Корана<sup>18</sup>.

2. Азербайджан, 341 г. х., дирхем, диам. — 26 мм, вес — 3,17 г<sup>19</sup>. Аналогичен вышеупомянутому.

3. Ардебиль, 343 г. х., дирхем, диам. — 27 мм, вес — 3,78 г<sup>20</sup>.

Лиц. ст.: в поле — нет божества, кроме /Аллаха единого/ нет ему сотоварища /ас-Салар Абу Мансур». Две круговые легенды.

Об. ст.: в поле в круге: «Богу /Мухаммад/ посланник Аллаха /ал-Мутти лиллах/ал-Малик ал-Мунд/ал-Марзбан бин Мухаммад/Абу Наср». Круговая легенда обычна.

4. Ардебиль 343 г. х., динар<sup>21</sup>. Аналогичен вышеупомянутому. В рамазане 346 г. х. (ноября 957) умер Марзбан и правителем Азербайджана по завещанию отца стал его сын Джастан, «а братья его повиновались ему»<sup>22</sup>.

Джастан ибн ал-Марзбан и Ибрахим ибн ал-Марзбан

5. Марага, 347 г. х., динары (песк. экз.), диам. — 3,78; 4,1; 3,60; 3,47 мм, вес — 20; 22; 21; 21,5 г<sup>23</sup>.

Лиц. ст.: в поле: «  $\zeta$  /нет божества, кроме /Аллаха единого/ нет ему сотоварища /Ибрахим бин ал-Марзбан». Две круговые легенды.

Об. ст.: в поле, в линейном круге: « $\circ$  Богу  $\circ$  /Мухаммад/ посланник Аллаха /ал-Мутти лиллах /Джастан бин ал-Марзбан». Круговая легенда.

6. Ардебиль, 347 г. х., дирхем, диам. — 28 мм, вес — 3,37 г<sup>24</sup>. Все как на вышеописанном, не достает знаков: лиц. ст.  $\zeta$  об. ст.: двух кружочков по обем сторонам слова « $\circ$  Богу  $\circ$ ».

Вахсудан ибн Мухаммад и ан-Насир ибн ал-Марзбан

7. Ардебиль, 351 г. х., 1/4 и 3/4 потертых дирхемов. Обе монеты из клада куфических монет Нахичеванской АССР, 1935 г.<sup>25</sup>. Первый экземпляр: из оставшейся надписи восстанавливается: лиц. ст. имя «ан-Насир бин...»; об. ст. «ал-Мутти...» и «Вахсудан б...». Остаток круговой легенды заключен между двумя линейными кругами.

Второй экземпляр из надписи восстанавливается: лиц. ст.: «нет божества, кроме Аллаха /единого нет ему сотоварища/.../...». Вероятно, третья и четвертая строки носили имя ан-Насира бин ал-Марзбана.

Об. ст.: в линейном круге: « $\circ$  Богу  $\circ$  /Мухаммад/ посланник Аллаха /ал-Мутти лиллах /ас-Салар Вахсудан/бин Мухаммад».

Е. А. Шахомов называет ан-Насира сыном Вахсудана (ан-Насир б. Вахсудан)<sup>26</sup>. На самом же деле ан-Насир является сыном ал-Марзбана<sup>27</sup>.

**Вахсудан ибн Мухаммад и Исмаил ибн Вахсудан**

8. Ардебиль, 351 г. х., потертый дирхем (край обломан), диам. — 23 мм, из вышеуказанного клада<sup>28</sup>.

Лиц. ст.: «нет божества кроме /Аллаха единого/ нет ему сотоварища /Исмаил/ бин Вахсудан». Две круговые легенды обычны.

Об. ст.: «Богу /Мухаммад/ посланник Аллаха /ал-Мути лиллах/ ас-Салар Вахсудан/бин Мухаммад». Круговая легенда заключена между двумя линейными кругами.

9. Ардебиль, 351 г. х., 2 дирхема, диам. — 27 и 26 мм, вес — 3,49 и 2,84 г, из клада куфических монет Ставропольского уезда Самарской губернии 1890 г.<sup>29</sup> и клада Везенбург (Эстония) 1906 г.<sup>30</sup>.

Лиц. ст.: надпись аналогична вышеописанной.

Об. ст.: в поле в линейном круге надпись аналогична вышеописанной. Круговая легенда.

**Ибрагим ибн ал-Марзбан и везир Саид ибн Абдаллах**

10. Ардебиль, 354 г. х., дирхем, диам. — 29 мм, вес — 4,04 г, из клада куфических монет Казанской губернии 1907 г.<sup>31</sup>.

Лиц. ст.: в поле, в линейном круге: « /о/ нет божества, кроме Аллаха/ единого нет ему сотоварища /ал-везир Саид/бин Абдаллах «Две круговые легенды. Об. ст.: в поле в круге: «Богу /Мухаммад/ посланник Аллаха /ал-Мути лиллах/ас-Саллар ал-Мансур/Ибрахим ибн ал-Марзбан». Круговая легенда.

**Вахсудан ибн Мухаммад**

11. Ардебиль, 355 г. х., дирхем, диам. — 29 мм, вес — 4,16 г, из клада Переяславского уезда, ныне Полтавская обл. УССР, 1912 г.<sup>32</sup>.

Лиц. ст.: в поле, в круге: «Нет божества, кроме /Аллаха единого/ нет ему сотоварища /ал-Мути лиллах/». Две круговые легенды.

Об. ст.: в поле, в круге: «Богу /Мухаммад/ посланник Аллаха/ Вахсудан бин Мухаммад/ Саид Али Мухаммад». Круговая легенда.

**Вахсудан ибн Мухаммад и Нух ибн Вахсудан**

12. Ардебиль, 355 г. х., дирхем, диам. — 24 мм, вес — 4,05 г, из клада куфических монет мыса Ботелье 1840 г. (о-в Готланд)<sup>33</sup>.

Лиц. ст.: в поле в круге: «... /нет божества, кроме Аллаха/ единого нет ему сотоварища /Нух бин Вахсудан/ Абу-л-Хасан». Две круговые легенды.

Об. ст.: в поле в круге: «Богу /Мухаммад посланник Аллаха/ ал-Мути лиллах /ас-Салар ас-Саид/ Вахсудан бин Мухаммад». Круговая легенда.

**Ибрахим ибн ал-Марзбан, Вахсудан ибн Мухаммад и Руки ад-Дауля Абу Али**

13. Ардебиль, 355 г. х., дирхем (2 экз.), диам. — 27,5 мм, (оба экз.) вес — 4,95 и 5,05 г.<sup>34</sup>.

Лиц. ст.: в поле, в круге: «нет божества, кроме /Аллаха единого/ нет ему сотоварища /Руки ад-Дауля/ Абу Али». Две круговые легенды.

Об. ст.: в поле в двух кругах, между которыми расположены четыре кружочка: «Богу /Мухаммад посланник Аллаха/ ас-Салар Абу Мансур/ Ибрахим бин ал-Марзбан/ Вахсудан бин ас-Салар».

В 373(983) году после 24-летнего правления умер Ибрахим<sup>35</sup> и

фактически государство Саларидов прекратило свое существование. Таким образом, на основании нумизматического материала, автор пришел к выводу, что за 43 года (941—984 г. н. э.) существования саларидского государства оно выступало как самостоятельное и независимое наравне с другими государствами Аббасидского Востока; правители этой династии чеканили в городах Ардебиль, Марга дирхемы и динары; ареал распространения кладов куфических монет, содержащих монеты Саларидов, свидетельствуют о том, что саларидские монеты, наравне с халифскими, играли заметную роль в международной торговле; хотя выпуск монет обоих номиналов протекал по установленной денежно-весовой системе арабского халифата, наблюдаются колебания в весе: для дирхемов от 2,84 до 5,05 г, для динаров — от 3,60 до 4,1 г. Надписи монет соответствовали той форме, которая была установлена Аббасидами. Монеты Саларидов носили на себе знаки

و; س; 0; .0; 0الله

**Примечание**

<sup>1</sup> Cl. Huart. Les Mosafirides de l'Aderbaidjan.—«Ajab-nama». A volume of oriental Studies presented to E. G. Browne. Gamburg, 1922, p. 228—256.

<sup>2</sup> Ахмед Кесреви. Шахриярани гомнам, т. 1, Изд. II, Тегеран, 1935, Научный архив Ин-та истории АН Азерб. ССР, д. № 6122, стр. 5—113 (фотокопия на персидск. яз.).

<sup>3</sup> Minorsky. Studies in Caucasian History. London, 1953. Его же. История Ширвана и Дербенда, М., 1963.

<sup>4</sup> М. Х. Шарифли. Феодальные государства Азербайджана второй половины IX—XI вв. Автореф. докт. дисс. Баку, 1965, стр. 42—50; см. «История Азербайджана», т. 1, Баку, 1968, стр. 129—130.

<sup>5</sup> R. Vasmer. Zur chronologie der Gastaniden und Sallariden. Separatum. «Islamica» fasc. 2. Lipsiae, MC M XX VII, p. 165—186.

<sup>6</sup> В. Ф. Минорский. История Ширвана и Дербента, стр. 86, в.

<sup>7</sup> Ибн Мискавейх. Перев. с арабск. П. К. Жузе. Научный архив Ин-та истории АН Азерб. ССР, д. № 162, стр. 21.

<sup>8</sup> Ибн Хаукал, В. Г. А. П. Лейден, 1967, стр. 334 (на арабск. яз.).

<sup>9</sup> Моисей Каганкатваци. История Агван. СПб., 1861, стр. 275; V. Minorsky. Studies, p. 114; М. Х. Шарифли. Ук. соч., стр. 42.

<sup>10</sup> Ибн ал-Асир. Тарих ал-Камиль. Мат-лы по истории Азербайджана. Баку, 1940, стр. 96; Ибн Мискавейх, стр. 23—33, год 331; См.: А. Ю. Якубовский, Ибн Мискавейх о походе русов в Барда'а в 331 г. х.=943/4. Виз. время т. XX, IV, 1926, стр. 63—92.

<sup>11</sup> Ахмед Кесреви, стр. 75—77; Ибн ал-Асир, стр. 99—100.

<sup>12</sup> Ахмед Кесреви, стр. 77—78; М. Х. Шарифли, ук. соч., стр. 45.

<sup>13</sup> Ибн ал-Асир, стр. 101; Ибн Мискавейх, стр. 36, год 342.

<sup>14</sup> Ибн Мискавейх, год 343; см. также: Ахмед Кесреви, стр. 85.

<sup>15</sup> Е. А. Пахомов. Монетные клады Азербайджана и других республик, краев и областей Кавказа. Баку, 1959, вып. IX, стр. 37, № 2107.

<sup>16</sup> В. Тизенгаузен. Монеты Восточного Халифата. СПб., 1873, XIV.

<sup>17</sup> Коран, сура 30, стих IV и V.

<sup>18</sup> Коран, сура IX, стих 33 и сура 61, стих 9; В. Тизенгаузен. Ук. соч. XIV.

<sup>19</sup> А. Марков. Инвентарный каталог мусульманских монет императорского Эрмитажа. СПб., 1896, стр. 305.

<sup>20</sup> В. Тизенгаузен. Нумизматические новинки (отдельный оттиск из «Записок восточного отдела императ. русского археологич. об-ва»), т. V, стр. 229—264; б. м. и г., стр. 6—7, см. примечание 2-е; R. Vaster, p. 171 № 4.

<sup>21</sup> R. Vasmer, № 5.

<sup>22</sup> Ахмед Кесреви, стр. 95; Ибн ал-Асир, стр. 104.

<sup>23</sup> А. Марков. Инв. кат., стр. 305, № 2; R. Vasmer, p. 172, № 6, см. примеч. 1-е.

Э. Ш. ГУСЕИНОВА

О ПРОИСХОЖДЕНИИ СТАТЬИ М.-Ф. АХУНДОВА  
ПОД НАЗВАНИЕМ «ОТВЕТ ФИЛОСОФУ ЮМУ»

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ф. К. Кочарли)

В 1938 г. в Сочинениях<sup>1</sup> М. Ф. Ахундова была впервые опубликована рукопись фрагмента, условно названная издателями «Ответ философу Юму», оригинал которой на персидском языке в настоящее время хранится в Республиканском рукописном фонде АН Азербайджанской ССР<sup>2</sup>.

Рукопись начинается с того, что будто в 1868 г. английский философ Давид Юм обратился к бомбейским богословам с вопросом о том, что та аргументация, с помощью которой они доказывают существование бога, логически не состоятельна! Богословы утверждают, что «всякое бытие предполагает какую-либо причину, ибо никакое бытие в существующем мире не может произойти само по себе; следовательно, эта Вселенная, как бытие, в своем существовании нуждается в причине и эта причина есть ее создатель»<sup>3</sup>.

На это философы отвечают: «В таком случае и сама причина, представляющая собою известное бытие, должна стоять в зависимости от другой причины, а эта последняя — от следующей (причины) и так далее до бесконечности»<sup>4</sup>. А это противоречит логике, здравому смыслу, ибо причинно-следственная связь не может бесконечно продолжаться, а должна где-то остановиться, то есть должно существовать беспричинное бытие. «Так почему же мы не можем утверждать, — говорят атеисты, — что это беспричинное бытие именно и есть видимая и ощущаемая Вселенная, а не то воображаемое и предполагаемое существо, которое известно под прозвищем «создатель»<sup>5</sup>.

При опубликовании рукописи издатели сочли, что указанная дата является опиской, ибо в то время Д. Юма не было в живых и переправили эту дату на 1768, более подходящую по времени. Кроме того, поскольку Д. Юм — идеалист, а М.-Ф. Ахундов — материалист, они озаглавили рукопись «Ответ философу Юму».

Исследование материалов архива М.-Ф. Ахундова дает возможность установить происхождение этой рукописи, показать, что она неудачно озаглавлена и исправление в ней даты ничем не обосновано. В личной библиотеке М.-Ф. Ахундова; наряду со многими, хранится в книжке английского историка философии Дж. Г. Льюиса «История философии от начала ее в Греции и до наших времен», изданной в русском переводе в Санкт-Петербурге в 1865 г. Из пометок, сделанных

<sup>1</sup> М.-Ф. Ахундов. Сочинения, т. III. Баку, 1938 (на азерб. яз.).  
<sup>2</sup> Республиканский рукописный фонд АН Азерб. ССР, АРХ-2, инв. № 176.  
<sup>3</sup> М.-Ф. Ахундов. Избранные философские произведения. М., 1962, стр. 180.  
<sup>4</sup> Там же, стр. 180.  
<sup>5</sup> Там же, стр. 181.

- <sup>24</sup> А. Марков. Инв. кат., стр. 305, № 3; R. Vaster, № 7.  
<sup>25</sup> Музей истории Азербайджана. Инв. № 40360, 40359; См.: Е. А. Пахомов. Монетные клады, III, стр. 39, № 826.  
<sup>26</sup> Е. А. Пахомов. Монетные клады, III, стр. 39, № 826.  
<sup>27</sup> Ибн ал Асир, стр. 106. См. Ахмед Кесреви, I, стр. 41, 95, 113.  
<sup>28</sup> Муз. ист. Азерб. инв. № 40362; Е. А. Пахомов. Монетные клады, III, стр. 39, № 826.  
<sup>29</sup> А. Марков. Инв. кат., стр. 305, № 4. Его же. Топография кладов восточных монет (сасанидских и куфических). СПб., 1910, стр. 42, № 229; Е. А. Пахомов. Монетные клады, вып. I. Баку, 1926, стр. 81, 273; В. Тизенгаузен. Нумизм. новинки, стр. 7; R. Vasmer, p. 173, № 8.  
<sup>30</sup> А. Марков. Инв. кат., стр. 305, № 4; Е. А. Пахомов. Монетные клады, вып. 2, Баку, 1938, стр. 77, № 628; R. Vaster, № 8.  
<sup>31</sup> А. Марков, стр. 977, № 5а; Е. А. Пахомов, II, стр. 71, № 615. Его же, вып. III, стр. 76, № 985, вып. VIII. Баку, 1959, стр. 102 к вып. II, № 615; R. Vasmer, p. 174, № 11.  
<sup>32</sup> Е. А. Пахомов, II, стр. 72, № 616. Его же, вып. III, стр. 77, № 986; вып. VIII, стр. 102, к вып. II, № 616; Р. Фасмер. Куфические монеты Переяславского клада. Пг., 1914, стр. 1; 12, 49, № 52. Его же, см.: R. Vasmer. Zur chronologie..., p. 175, № 12.  
<sup>33</sup> А. Марков. Топ. клады, стр. 70, № 94; Е. А. Пахомов, вып. II, стр. 85, № 286; см. также: R. Vasmer, № 13.  
<sup>34</sup> А. Марков. Инв. кат., стр. 306, № 6; R. Vasmer, № 14.  
<sup>35</sup> Подробно об Ибрахиме за период 355 по 373 г. х. см. в работах: V. Minorsky. Stuchies, p. 162—165; Мунаджим башни. Джами ад-дувал, гл. IV, перев. с арабск. А. Дж. Мамедова. Труды Ин-та истории АН Азерб. ССР, вып. XII. Баку, 1957, документы, стр. 215.

Сектор археологии  
и этнографии

Поступило 26. VII 1978

Л. А. Азимова

САЛАРИЛЭР ДӨВЛЭТИНДЭ ПУЛ ДӨВРИЙЖЭСИ  
МЭСЭЛЭСИНЭ ДАИР (941—984)

Деятели Азербайджана мухаджилли натичесинде онун эразисинде феодал Саларилар довлети жараныр (941—984). Довлэтин пайтахты Эрдебил шәһэри олар. Нумизматик материал музалифе бир сыра натичелер чыхармага имкан верир: Саларилар довлэти Азербайчанда һөкм сүрдүю 43 ил эрзинде Аббасилар Шәргинини башга довлэтлэри кими мустангил олмушдур. Сулаал һакимлэри Эрдебил вә Марага шәһэрлэринде дирһәм вә динар зәрб етмишләр. Куфи сиккэлэри илә барабәр Салари сиккэлэри дэ олан дэфиндэлэрини јазылма ареалы (Русия, Прибалтика, Готланд адасы) Салари сиккэлэринини бејнәлхааг тичарәтдә эһмијјәтли рол ојнадыгына дәләләт едир; һәр ики номиналда сиккэлэрини бурахылмасы үмумијјәтлә эрәб хилафәтиндә мүјјәндәшмиш пул-чәки системи эсасында олмушдур, бууула белә, дирһәмләрдә 2,84-дән 5,05 г-дәк, динарларда 3,60-дан 4,1 г-дәк чәки фәргини мушаһидә олунур; сиккэлэрини јазыллары Аббасилар тәрәфиндән тәсис едилмиш формаја мувафиг иди. Салари сиккэлэри үзәриндә ашагыдакы ишарәләр вардыр: ☪; S; ○; ; ° ☪.

L. A. Azimova

ABOUT THE MONEY CIRCULATION IN THE SALARIDS STATE  
(941—984)

As the result of Deylemit's expansion the Salarid's state (941—984) was formed in Azerbaijan. The capital of the state was the city Ardebil.

Numismatic materials allow the author to come to some results: during 43 years of existence of Salarid's state in Azerbaijan it showed itself as independent and equal with other states of Abbasid's East; the rulers of dynasty minted coins in the cities Ardebil and Maraga—dirham and dinar; areal spreading of treasures, kufies coins in the time of Salarid's (Russia, Baltic, Ireland, Gotland) indicated that the Salarid's coins played a great role in the international trade; the issue of coins of two nominals (face-values entirely proceeded according to the determined money-weight system of Arab caliphate, however vibration in the weight was observed, for the dinar from 3.60 to 4.1 gram, for the dirham from 2.84 to 5.05 gram; the inscriptions of coins corresponded to that form which was fixed by Abbasid's. The Salarid's coins had marks ☪; S; ○; ; ° ☪ on them.

рукою М.-Ф. Ахундова на полях, видно, что азербайджанский мыслитель в борьбе с мутакаллимистской концепцией причинности, доказывающей существование бога с помощью вышеприведенной аргументации, пользовался именно книгой Дж. Г. Льюиса. Прочитав эту книгу, М.-Ф. Ахундов сделал дополнение в виде названной рукописи к своему философскому трактату «Три письма индийского принца Кемаль-уд-Довле к персидскому принцу Джелаль-уд-Довле и ответ на них сего последнего», законченному в 1863—1864 гг.<sup>6</sup>

М.-Ф. Ахундову импонирует следующее рассуждение Дж. Г. Льюиса о несостоятельности богословской аргументации существования первопричины. «...Каждое бытие предполагает какую-либо причину своего существования *ex nihilo nihil fit*. Эта формула употребляется против атеистов для доказательства, что мир не мог произойти сам собой из ничего, *ergo* должен иметь причину, и так *in infinitum*, что противно разуму: разум и признает, что где-нибудь цепь причин и следствий должна остановиться и, таким образом, обличает ложность формулы причинности, что каждое бытие должно иметь причину»<sup>7</sup>.

Подчеркивая приведенное место в книге Дж. Г. Льюиса, М.-Ф. Ахундов сделал на полях следующую пометку: «Надо показать шейх-аль-Исламу»<sup>8</sup>, что свидетельствует о значении, которое придавал азербайджанский мыслитель обсуждению данного вопроса с главою мусульманского духовенства Закавказья того времени.

Согласно Дж. Г. Льюису, единственный выход из дилеммы, поставленной атеизмом, заключается в доктрине Д. Юма, рассматривающего положение «каждое бытие предполагает причину», не более как психологический закон<sup>9</sup>. Видимо, это обстоятельство дало М.-Ф. Ахундову повод приписывать английскому философу точку зрения атеистов.

Таким образом, выясняется, что рукопись М.-Ф. Ахундова, условно названная «Ответ философу Юму», написана непосредственно под влиянием книги Дж. Г. Льюиса «История философии от начала ее в Греции и до наших времен» (СПб., 1865). Надо полагать, что дата, указанная в рукописи (1868), является датой написания, ее не надо было переправлять на 1768 г.

Кроме того, из содержания статьи видно, что она в сущности не заключает в себе никакого ответа английскому философу Д. Юму. Нам неизвестно, на самом ли деле Давид Юм в свое время обратился с таким вопросом к бомбейским богословам. Думается, что это скорее лишь литературный прием, которым пользовался автор, чтобы противопоставить друг другу взгляды мусульманских богословов и философов на первопричину. Статья носит полемический характер, поэтому, на наш взгляд, ее можно условно озаглавить «Диалог философов и богословов о первопричине».

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

Отрывок из книги Дж. Г. Льюиса «История философии от начала ее в Греции и до наших времен». СПб., 1865, стр. 686—687.

«...Уэвель говорит, что предложение «каждое событие должно иметь

<sup>6</sup> Республиканский рукописный фонд АН Азерб. ССР, \*Арх-2, инв. № 101.

<sup>7</sup> Дж. Г. Льюис. История философии от начала ее в Греции и до наших времен. СПб., 1865, стр. 687.

<sup>8</sup> Там же.

<sup>9</sup> Там же.

\* Из ничего ничего не происходит.

причину» не может быть ложным ни в коем случае. По нашему мнению, есть один такой случай, и мы надеемся, что даже сам г. Уэвель согласится с нами в этом. Для объяснения его мы заменим слово «событие» другим равнозначным. Вот абстрактная формула причинности: «Каждое бытие предполагает какую-либо причину своего существования *ex nihilo nihil fit*\*. Эта формула употребляется против атеистов для доказательства, что мир не мог произойти сам собой, *ergo*\*\* должен иметь причину. На это отвечали, что в таком случае сама причина должна иметь причину и так *in infinitum*\*\*\*, что противно разуму: разум и признает, что где-нибудь цепь причин и следствий должна остановиться и, таким образом, обличает ложность формулы причинности, что каждое бытие должно иметь причину.

Да не подумает читатель, что это только игра слов. Мы указываем на слабый пункт теории причинности. Если теория верна, если ее формула необходима, истинна как объективно, так и субъективно, то ее аргумент против атеизма падает сам собой. В ответ на ее аргумент атеизм ставит дилемму: или цепь причин и следствий должна быть продолжена до бесконечности, или вы должны остановиться где-нибудь и признать какое-нибудь бытие не имеющим причины. В первом случае вы впадете в безграничный скептицизм, а во втором — в атеизм: так как мир есть бытие, в существовании которого мы уверены, то спрашивается, почему не признать его последним бытием, т. е. бытием, не имеющим причины? Какое обоснование имеете вы предполагать, что существованию мира предшествует какая-либо причина, и если уже надо остановиться где-нибудь, не рациональнее ли всего остановиться именно на этом.

Эта дилемма представляет только один возможный исход: признать, что формула «каждое бытие предполагает причину» есть не более, как только психологический закон. Замечательно, что этот единственный выход из дилеммы, поставленной атеизмом, ведет к доктрине Д. Юма, к той самой доктрине, которая в течение стольких лет считалась выражением религиозного скептицизма».

АЗНЕФТЕХИМ им. Азизбекова

Поступило 5. VI 1978

Е. Ш. Гусейнова

#### М. Ф. АХУНДОВУН «ҲАКИМИ-ИНКИЛИС ЈУМА ЧАВАБ» МЭГАЛЭСИНИН ЈАРАНМАСЫ ҲАГҒЫНДА

1938-чи йилда М. Ф. Ахундовун эсэрларинда ilk дэфә наширләр тәрғифиндән шәрһи оларағ «Ҳақими-инқилис Јума чаваб» адландырылан элјазмасы чап олунмуш-дур. Элјазмасынын фарс дилинде орижиналы Азәрб. СС ЕА Элјазмалары Фондуна сақланылдыр.

М. Ф. Ахундовун шәхси архивинин материалларынын тәдқиғи кәстәрир ки, бу элјазмасы Ч. Г. Луисин «Башланғычындан бизим күнләрә гәдәр Јунаныстанда фәлсә-фәнин тарихи» (СПб., 1865) китабынын тәсрири алтында адсыз јазылмышдыр. Соңра мөғаләдәки тарих наширләр тәрғифиндән эсассыз оларағ дәјишдирилмиш вә оуну мээ-мунуна ујғун олмајан ад верилмишдир.

Мүғаллиф бу элјазмасынын «Философларла илаһијјатчыларын илкин сәбәб һағғын-да диалогу» адландырмағы тәклиф едир.

\*\* Следовательно.

\*\*\* До бесконечности.



THE NATURE OF M. F. AKHUNDOV'S ARTICLE  
«AN ANSWER TO THE PHILOSOPHER UME»

In 1938, for the first time the manuscript, which the editors named arbitrary «An Answer to the Philosopher Ume», was published in the works of M. F. Akhundov. The original of the work in Persian language is now in the manuscript fund of the Azerbaijan Academy of Sciences.

According to materials of the personal archives of M. F. Akhundov, the author of the article comes to a conclusion that the manuscript is written under the direct influence of George G. Lewis's book named «The History of Philosophy from the Times of Its Beginning in Greece up to Our Days». Besides, its title is not quite correct and the improving of the date has no grounds.

The author suggests to name the manuscript «The Dialogue of Philosophers and Theologians on the Matter of Initial Cause».

МҮНДӨРИЧАТ

Ријазийјат

- М. М. Сабзалијев. Үчүнчү тәртіб бирхарактеристикалы тәлиик үчүн гојуадуш сәрһәд мәсәләсинин һәллинин асимптотикасы 3  
Редә Әмин Әл Баркуки. Әмтәәләр фәзасы сонсуз өлчүлү олан үмуми иғтисадли моделләрдә таразлыгыны варлыгы 8  
Г. Ә. Оручов. Там функциянын тәртіби вә типин һагғында 14  
Ҷ. Е. Аллаһвердијев, Р. М. Чаббарзадә. Спектрал параметрдән полиномиал асылы өз-өзүнә гошма олмајан операторларын мәхсуси элементләринә нәзәрән дүәәлиниш чохат ајрылышларын абел үсулу илә јыгылмасы һагғында. 19

Јарымкечирчиләр физикасы

- М. И. Әлијев, Д. Н. Араслы, Р. Н. Рәһимов. InS b-In<sub>2</sub>GeTe-ун истиликкечирмәси вә температур кечирмәси 25  
Ә. О. Әлијев, И. С. Баукин, В. И. Таһиров. SbSI монокристалында електриккечирчиләјин анизотропијасы вә фотокечирчиләјин спектрал характеристикасы 29  
У. С. Пашабәјова. HgTe јарымметалларында полјаронлар 33  
Магнит һадисәләри физикасы  
Н. Г. Һусејнов, Р. Ә. Мәммәдов. Бирохлу зәиф ферромагнит вә антиферромагнитләрдә магнит резонанс хәттинин еинини анизотропијасы. 36

Полимерләр физикасы

- Р. М. Әлигулијев, С. А. Аббасов, Г. М. Әлијев, Д. М. Хитәјева, С. И. Мехдијева, Ј. Г. Рәһимов. Кичик мәсәәли кварсын элапстисинин јүксәк сыхлыгы полиетиленин јашама мүддәтинә тәсиринин тәдгиги. 40

Үзви кимјә

- К. Н. Һәсанов, В. С. Әһмәдов, М. М. Исмајылов, Н. Н. Рәчәбов. 2,4-дихлорфенокисиркә туршусуун үчетилкермил ефиринин синтези вә тәдгиги 47  
Н. М. Индјуков, Е. И. Мајстер, Ә. Ә. Агајев. Фенолуи полиметилбензолларла трансметилләшмә реаксиясы илә крезолларын алынмасы 51  
Нефткимјасы  
Әл. М. Гулјев, А. И. Һәсанов, Ф. З. Абдуллајев, А. С. Мехдијев. Бәзи тсиклааноламинларин ПМР вә ИГС характеристикасы 57

Кимјә

- Н. К. Рәһимов, Д. М. Гәибәров, С. Т. Әмиров, Ш. Ә. Әлијева, Х. С. Мәммәдов. Аналсим типли сеолитин јенидән кристаллашмасы заманы фаза кечидләри 61

Литолокија

- Ә. Ҷ. Султанов, А. И. Кәләнтәров. Дәнәвәр нефт ләјларындакы мәсәәләлијин тәјин олунамасы үсулу 66  
Л. А. Бурјаконски, Р. Ҷ. Чаваншир. Там бәркимәлиш килләрин мәсәәләлик структурунун характери 70

Нефтчыхарма

- Ш. Н. Мәммәдов, Ҷ. А. Султанов, И. С. Белов. Гравитасија режими шәрантиндә нејтвәрмәнин кеоложи—мәдән бахымындан гүјмәтәндирилмәсинә даир 75

Селексија

- С. Б. Зејналов. Будаманын гызылқуа колунун мәһсулдарлығына вә кејфијәтинә тәсири 79

Ботаника

- Ә. Х. Хәлилов. Нахчыван МССР-ин јени кәдән лөвү *Asrtagalus badainliensis* Cml sp. nova һагға 83

Тарих

- Л. А. Әзимова. Салариләр довләтиндә пул дәвријјәси мәсәләсинә даир (941—984) 88

Фәлсәфә тарихи

- Е. Ш. Һусејнова, М. Ф. Ахундовун «Һәкими—инкилис Јума чаваб» мәғаләсинин јаранмасы һагғында 91

# СОДЕРЖАНИЕ

## Математика

- М. М. Сабзалев. Асимптотика решения краевой задачи для однохарактеристического дифференциального уравнения третьего порядка с малым параметром 3
- Реда Амин Эль Баркуки. Существование равновесия в общих экономических моделях с бесконечномерным пространством товаров 8
- Г. А. Оруджев. О порядке и типе целых функций 14
- Дж. Э. Аллахвердиев, Р. М. Джабарзаде. О суммировании кратных разложений по методу Абеля рядов по с. н. элементам операторов, полиномиально зависящих от спектрального параметра 19

## Физика полупроводников

- М. И. Алиев, Д. Г. Араслы, Р. Н. Рагимов. Теплопроводность и температуропроводность  $2\text{InSb}-\text{InGeTe}$  25
- А. О. Алиев, И. С. Баукин, В. И. Тагиров. Анизотропия электропроводности и спектральная характеристика фотопроводности в монокристаллах  $\text{Sb}_2\text{SI}$  29
- У. С. Пашабекова. Полярны в полуметаллах  $\text{HgTe}$  33

## Физика магнитных явлений

- Н. Г. Гусейнов, Р. А. Мамедов. Анизотропия ширины линии магнитного резонанса в одноосных слабых ферромагнетиках и антиферромагнетиках 36

## Физика полимеров

- Р. М. Алигулиев, С. А. Абасов, Г. М. Алиев, Д. М. Хитеева, С. И. Мехтиева, Я. Г. Рагимов. Исследование влияния тонкодисперсного кварцевого наполнителя на долговечность полиэтилена высокой плотности 40

## Органическая химия

- К. Г. Гасанов, В. С. Ахмедов, М. М. Исмаилов, Н. Г. Раджабов. Синтез и исследование триэтилгермилового эфира 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты 47
- Н. М. Индюков, Э. И. Майстер, А. А. Агаев. Получение крезолов трансметилированием фенола полиметилбензолами (сообщение I) 51
- А. М. Кулиев, А. Г. Гасанов, Ф. З. Абдуллаев, А. С. Мехтиева. ПМР- и ИК-спектральная характеристика некоторых циклоламиннов 57

## Химия

- Н. Г. Рагимов, Д. М. Ганбаров, С. Т. Амиров, Ш. А. Алиева, Х. С. Мамедов. Фазовые переходы перекристаллизации цеолита типа анальцима 61

## Литолягия

- А. Д. Султанов, А. И. Калантаров. Способ определения пористости гранулярных нефтяных пластов 66
- Л. А. Буряковский, Р. Д. Джебашир. Характеристика структуры порового пространства недоуплотненных глин 70

## Нефтедобыча

- Ш. Н. Мамедов, Ч. А. Султанов, И. С. Белов. Геолого-промысловая оценка нефтегаза, в условиях гравитационного режима 75

## Селекция

- С. Б. Зейналов. Влияние обрезки розового куста на урожайность и качество цветков 79

## История

- А. А. Азимова. К вопросу о денежном обращении к государству Саларидов (941—984 гг.) 83

## Ботаника

- Э. Х. Халилов. Новый вид астрагала (*Astragalus badamliensis* Chal. sp. nova) Нахичеванской АССР 88

## История философия

- Э. Ш. Гусейнова. О происхождении статьи М.-Ф. Ахундова под названием «Ответ философу Юму» 91

10. Текст статьи должен быть изложен кратко, тщательно отредактирован и подписан авторами в печать. В математических статьях желательно избегать доказательств теорем, лемм и т. п. При использовании в тексте сокращенных названий (кроме общепринятых) необходимо давать их расшифровку.

11. Математические и химические формулы и символы в тексте должны быть вписаны четко. Следует избегать громоздких обозначений, применяя, например, дробные показатели степени вместо радикалов, а также exp. Заномерованные формулы обязательно выключаются в красную строку, номер формулы ставится у правого края страницы. Желательно нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки. Подстрочные и надстрочные индексы и степени следует отмечать карандашом, дугами сверху и снизу:

$$R^n, r_n$$

Греческие буквы нужно обводить (в кружок) красным карандашом. Буквы готического шрифта и рукописные в рукописях не использовать, векторные величины — подчеркивать черным, буквы латинского рукописного шрифта следует отметить на полях (например, H рукоп.).

Во избежание ошибок следует четко обозначать прописные (заглавные) и строчные буквы латинского алфавита, имеющие сходное начертание (Cc; Kk; Pp; Oo; Ss; Uu; Vv; Ww и т. д.), буквы I(i) и J(j), букву l и римскую единицу I, а также арабскую цифру 1 и римскую I, (вертикальная черта), 1 и штрих в индексах, I (латинское) (эль) и e. Прописные буквы подчеркивают карандашом двумя черточками снизу (C), а строчные — сверху (c).

Следует избегать значков типа  $\sim$  (волна),  $\odot$ ,  $\oplus$ ,  $\otimes$ ,  $\square$ ,  $\square$ ,  $\diamond$ ,  $\nabla$   $\wedge$  (крышки) над и под буквами, а также знаков:

$$h \quad \times \quad \underline{\epsilon}, \quad \text{ff}, \quad \text{f}, \quad \text{€}$$

Латинские названия пишутся на машинке.

Слова «теорема», «лемма», «следствие», «определение», «замечание» и т. п. следует подчеркивать штриховой чертой, а текст утверждений типа теорем — волнистой чертой (исключая математические символы).

При выборе единиц измерения рекомендуется придерживаться международной системы единиц СИ.

12. При описании методики исследования следует ограничиваться оригинальной ее частью. При элементном анализе приводить только усредненные данные.

13. Необходимо тщательно проверить написание местных географических названий.

14. Цитируемая литература приводится общим списком на отдельной странице: ссылки в тексте даются порядковым номером в круглых скобках над строкой (например, <sup>1</sup>). Список литературы оформляется следующим образом:

для книг: инициалы и фамилии авторов, полное название книги, место и год издания;

для журнальных статей: инициалы и фамилия авторов, название журнала, номер тома, номер выпуска, страница и год издания.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

15. Все статьи должны иметь резюме на английском языке, кроме того статьи написанные на русском и азербайджанском языках должны иметь резюме на азербайджанском и на русском соответственно.

Публикация статьи в «Докладах» не препятствует напечатанию расширенного ее варианта в другом периодическом издании.

40 гэн.  
коп.

Индекс  
76355