



11-168

АЗƏРБАЙҠАН ССР ЕЛМЛƏР АКАДЕМИЈАСЫ
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXVII ЧИЛД

1977.11

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

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

(Пример: 325/3Е1)

ЛИФЛӘР ҮЧҮН ГАЈДАЛАР

Академијасынын Мә'рузәләриндә нәзәри вә тәчрүби
арын тамамланмыш вә һәлә дәрч едиlmәмиш нәтичә-
чап олунур.

дәрәдә бир нечә ајры-ајры мә'луматлар шәклинә салын-
фактики мә'луматлардан мәһрум мүбаһисә характерли
мумиләшдирмәләрсиз көмәкчи тәчрүбәләрини тәсвири-
испнал, тәсвири вә ичмал характерли ишләр, төвсијә
лмајан сырф методик мәгаләләр, һабелә битки вә һеј-
(елм үчүн хусуси әһәмијјәтә малик тапынтыларын тәс-
р дәрч едиlмиш.

мәгаләләр һәммин мә'луматларын даһа кешиш шәкилдә
үчүн мүәллифин һүгугуну әлиндән алмыр.
асына дахил олан мәгаләләр јалыыз ихтисас үзрә бир
и сонра редакција һеј'әти тәрәфиңдән нәзәрдән кечири-
ддән чох олмамаг шәртлиә мәгаләләр тәгдим едә биләр.
академијасынын мүхбир үзвләринини мәгаләләрн тәгди-

хәлиш едир ки, мәгаләләрн тәгдим едәркән онларын
ини, һабелә мәгаләнини јерләшдириләчәји бәлмәнин ады-

лиф илдә 3 мәгалә дәрч етдирә биләр.

дә дахил олмагла, мүәллиф вәрәгәнин дәрдә бирин-
насында јазылмыш 6—7 сәһифә һәчминдә (10000 чап

р.
тис дилиндә хуласәси олмалыдыр; бундан башга, Азәр-
тәрә, рус дилиндә хуласә әләвә едиlmәлидир. Рус ди-
Азәрбајчан дилиндә хуласәси олмалыдыр.

игат ишинини јеринә јетирилдији елми идарәнин ады вә
стәрилмәлидир.

тан тәдгигат ишләринини нәтичәләринини дәрч олунмасы
унун ичазәси олмалыдыр.

дахил олмагла) вәрәгини бир үзүндә ики хәтт ара бу-
едиlmәли вә ики нүсхә тәгдим едиlmәлидир. Дүстур-
м дә бөјүк һәрфләрини алтындан, кичикләрини исә үс-
чәкиlmәлидир; јунаи әлифбасы һәрфләрини гырмызы

әдәбијјат сәһифәнин ахырында чыхыш шәклиндә де-
амиллијасына көрә) мәгаләнин сонунда мәтидәки
јаһы үзрә верилмәлидир. Әдәбијјатын сијаһысы
ир:

илијасы вә инисналы, китабын бүтөв ады, чил-

или;

мәгаләләр үчүн: мүәллифин фамилијасы вә инни-
рләрини) ады, чилд, бурахылыш, нәшр олундуғу

лифин фамилијасы вә инисналы, мәгаләнин ады,
ылыш), сәһифә көстәрилмәлидир.

итлар вә елми идарәләрдә сахланан диссертасија-

таз.

үәллифин фамилијасы, мәгаләнин ады вә шәклин
азылмыш шәкилалты сөзләр ајрыча вәрәгдә тәг-

ификасија олунмуш онминилик тәснифат үзрә мә-
фератив журнал» үчүн реферат әләвә етмәли.

ик материалларда вә мәгаләнин мәтниндә бу
нә јол вермәмәлидирләр.

үчүн нәтичәләр јалыыз зәрури һалларда ве-

им едиlдикдә онларын дәрчедиlmә ардычылы-

гајда олараг, мүәллифләрә көндәрилмир. Кор-
ныз мәтбәә сәһвләрини дүзәлтмәк олар.

ираг мәгаләнин 15 нүсхә ајрыча оттискини верир.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫ
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXIII ЧИЛД

11

Писать разборчиво

Чифр

М-168

«ЕЛМ» НӘШРИЈАТЫ—ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЕЛМ»
БАКУ—1977—БАКУ



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Г. Б. Абдуллаев (главный редактор),
Ал. А. Ализаде, Г. А. Алиев, В. Р. Волобуев, Г. Г. Гасанов,
Дж. Б. Гулиев, Н. А. Гулиев, А. Н. Гусейнов, М. З. Джафаров,
Ю. М. Сендов (зам. главного редактора), Г. Ф. Султанов,
А. С. Сумбатзаде, М. А. Топчибашев, Т. Н. Шахтагинский,
Г. Г. Зейналов (ответств. секретарь).

УДК 518:513.88

МАТЕМАТИКА

Р. А. ШАФНЕР

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПСЕВДООБРАТНОГО
ОПЕРАТОРА

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

1. Понятие псевдообратного оператора [1] находит приложения в различных разделах математики и, прежде всего, в численном анализе. Важность этого понятия стимулировало появление ряда работ (см., например, [2]—[4]), посвященных методам вычисления псевдообратного оператора, но главным образом псевдообратной матрицы.

В настоящей работе предлагается один подход получения формул для псевдообратного оператора к нормально разрешимому оператору $A \in L(X, Y)$, где X и Y — гильбертовы пространства. Идея этого метода состоит в том, что в формуле

$$A^+ = (A^*A)^+ A^* \quad (1)$$

(для матриц формула (1) получена в [5]) вместо $(A^*A)^+$ используется обратимое расширение оператора A^*A , рассмотренного на $R(A^*)$. Естественно, таких расширений существует бесчисленное множество, и, вообще говоря, любое из них пригодно для нашей цели.

Иногда удобно исходить из формулы

$$A^+ = A^* (AA^*)^+ \quad (2)$$

и заменять $(AA^*)^+$ обратимым расширением оператора AA^* , рассмотренного на $R(A)$.

В общем случае получены формулы, требующие для своей реализации нахождения проектора на ядро или коядро оператора. В частных случаях информация о ядре не нужна.

2. Условимся обозначать через $N(U)$ и $R(U)$ ядро и область значений оператора U соответственно, $P_{N(U)}$ — проектор на $N(U)$.

Лемма 1. Операторы

$$G_\tau = \tau P_{N(A)} + A^*A, \quad G_\tau = \tau P_{N(A^*)} + AA^*, \quad \forall \tau \neq 0, \quad (3)$$

обратимы.

Доказательство. Очевидно $G_\tau \in L(X)$. Пусть $G_\tau x = 0$, но $x \neq 0$. Тогда $x = x_1 + x_2$, где $x_1 \in N(A)$, $x_2 \in N(A)^\perp = R(A^*)$ ([6], стр. 435), и

$$G_{\tau} x = \tau P_{N(A)} x + A^* A x = \tau x_1 + A^* A x_2.$$

Так как $\tau x_1 \in N(A)$, $A^* A x_2 \in R(A^*)$, то из $G_{\tau} x = 0$ следует $x_1 = 0$, $A^* A x_2 = 0$. Но оператор $A^* A$ на $R(A^*)$ взаимнооднозначен, следовательно, $x_2 = 0$, и пришли к противоречию.

Пусть теперь $z \in X$ произвольный вектор. Так как $z = z_1 + z_2$, где $z_1 \in N(A)$, $z_2 \in R(A^*)$, то очевидно, образом элемента z является вектор

$$x = \frac{1}{\tau} z_1 + (A^* A|_{R(A^*)})^{-1} z_2.$$

В самом деле, ввиду $\frac{1}{\tau} z_1 \in N(A)$, $(A^* A|_{R(A^*)})^{-1} z_2 \in R(A^*)$

$$G_{\tau} x = \tau P_{N(A)} \left(\frac{1}{\tau} z_1 \right) + A^* A (A^* A|_{R(A^*)})^{-1} z_2 = z_1 + z_2 = z.$$

Таким образом, $N(G_{\tau}) = \{0\}$ и $R(G_{\tau}) = X$, следовательно, на основании теоремы Банаха оператор G_{τ} имеет на X ограниченный обратный. Аналогично доказывается обратимость на Y оператора G_{τ} .

Теорема 1. Справедливы формулы

$$A^+ = G_{\tau}^{-1} A^* = A^* \tilde{G}_{\tau}^{-1}, \quad \forall \tau \neq 0. \quad (4)$$

Доказательство. Из (3) видно, что сужения операторов G_{τ} при $\forall \tau \neq 0$ и $A^* A$ на подпространство $R(A^*)$ совпадают. Значит оператор G_{τ}^{-1} , рассмотренный на $R(A^*)$, при $\forall \tau \neq 0$ совпадает с $(A^* A|_{R(A^*)})^{-1}$ и, следовательно, с $(A^* A)^+$. Теперь равенство $A^+ = G_{\tau}^{-1} A^*$ вытекает из (1). Аналогично из (2) следует формула $A^+ = A^* \tilde{G}_{\tau}^{-1}$, ч. т. д.

Заметим, что удачный выбор числа τ может упростить вычисления. Отметим также, что для матриц формула, подобная первому равенству в (4), получена в [7] из других соображений.

Следствие 1. Если $N(A) = \{0\}$, то оператор $A^* A$ обратим и

$$A^+ = (A^* A)^{-1} A^*$$

Следствие 2. Если $N(A^*) = \{0\}$, то оператор AA^* обратим и

$$A^+ = A^* (AA^*)^{-1}$$

При выполнении условий следствия 1 пространство X можно считать произвольным банаховым, а в условиях следствия 2 — произвольным банаховым пространством Y [8].

3. Пусть X — μ -мерное, а Y — ν -мерное вещественные евклидовы пространства векторов-столбцов. Очевидно, всякий оператор $A \in L(X, Y)$ является нормально разрешимым и определяется прямоугольной $\nu \times \mu$ -матрицей:

$$\|a^1 a^2 \dots a^{\mu}\|, \quad (5)$$

где a^j ($j = \overline{1, \mu}$) — ν -мерный вектор. Пусть матрица (5) имеет ранг $r \leq \min(\mu, \nu)$. Не нарушая общности, можно предположить, что выполнено условие: невырожденный минор r -го порядка матрицы (5) расположен в левом верхнем углу.

Если матрица не удовлетворяет этому условию, то ее предварительно следует преобразовать с помощью матриц перестановки к нужному виду. После нахождения псевдообратной матрицы следует сделать обратную перестановку строк и столбцов.

Обозначим через b^k коэффициенты разложения вектора a^k ($k = \overline{r+1, \mu}$) через базисные векторы матрицы (5) ([9], стр. 28).

Легко видеть, что $R(A^*) = \{x \in X : x = (x_1, \dots, x_r, \sum_{i=1}^r b_i^{r+1} x_i, \dots, \sum_{i=1}^r b_i^{\mu} x_i)^T\}$.

Введем в рассмотрение матрицу

$$\left\| \begin{array}{cccccc} (a^1, \bar{a}^1) & \dots & (a^1, \bar{a}^r) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (a^r, \bar{a}^1) & \dots & (a^r, \bar{a}^r) & 0 & \dots & 0 \\ (a^{r+1}, \bar{a}^1) - b_1^{r+1} & \dots & (a^{r+1}, \bar{a}^r) - b_r^{r+1} & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (a^{\mu}, \bar{a}^1) - b_1^{\mu} & \dots & (a^{\mu}, \bar{a}^r) - b_r^{\mu} & 0 & \dots & 1 \end{array} \right\|, \quad (6)$$

где вектор $\bar{a}^m = a^m + \sum_{i=r+1}^{\mu} b_i^m a^i$, $(\dots)$ — скалярное произведение,

Лемма 2. Оператор $G \in L(X, Y)$, определенный матрицей (6), обратим.

Доказательство. Определитель матрицы (6) равен

$$\det \left\| \begin{array}{cccc} (a^1, \bar{a}^1) & \dots & (a^1, \bar{a}^r) \\ \dots & \dots & \dots \\ (a^r, \bar{a}^1) & \dots & (a^r, \bar{a}^r) \end{array} \right\| \quad (7)$$

Если предположить, что (7) равен нулю, то отсюда будет следовать, что определитель Грама базисных векторов $a^1, \dots, a^r$ равен нулю, а это противоречит их линейной независимости, ч. т. д.

Теорема 2. Справедлива формула

$$A^+ = G^{-1} A^* \quad (8)$$

Доказательство. Непосредственными вычислениями можно убедиться, что на векторах $x \in R(A^*)$, $A^* A x = G x$. Следовательно, оператор G^{-1} , рассмотренный на $R(A^*)$ совпадает с $(A^* A)^+$. Формула (8) теперь следует из (1), ч. т. д.

4. В качестве примера рассмотрим применение формул (3) — (4) к оператору $A \in L(X)$, для которого при некотором $\alpha \neq 0$ выполнено условие

$$A^{*2} = \alpha A^* \quad (9)$$

Лемма 3. Оператор

$$G_{\alpha} = \tau \left(I - \frac{1}{\alpha} A^* \right) + A^* A \quad (10)$$

обратим.

Доказательство. В силу (9) $\left(\frac{1}{\alpha} A^* \right)^2 = \frac{1}{\alpha} A^*$, следовательно,

$\frac{1}{\alpha} A^*$ — оператор проектирования X на $R(A^*)$. Переписав условие (9)

УДК 517. 948:513.8

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Г. Н. АГАЕВ, В. С. ГАМИДОВ

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ОДНОГО ЛИНЕЙНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

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

В данной работе проекционный метод применяется для решения линейного интегрального уравнения в пространстве аналитических функций и доказывается устойчивость этого метода.

Пусть E пространство Фреше с базисом, топология которого определяется счетной системой полунорм $\{P_n\}$ ($n \in \mathbb{N}$) и T линейный компактный оператор, действующий в E (оператор, действующий в E называется компактным, если существует по крайней мере одна окрестность нуля в E , которую он переводит в относительно компактное множество).

Рассмотрим уравнения:

$$u - Tu = f \quad (1)$$

$$(J - Q_m T)u_m = Q_m f \quad (2)$$

$$[(J - Q_m T) - \Gamma_m]v_m = Q_m f - \delta_m, \quad (3)$$

где Q_m — проекционный оператор вида $Q_m(u) = \sum_{i=1}^m L_i(u) \varphi_i$, L_i — элемент сопряженного пространства E^* , причем $L_i(\varphi_j) = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}$, $\{\varphi_i\}_{i=1,2,\dots}$ — базис пространства E , $Q_m(E) = E_m$, Γ_m — линейный ограниченный оператор, действующий в E_m (оператор, действующий в E , называется ограниченным, если существует по крайней мере одна окрестность нуля в E , которую он переводит в ограниченное множество), $\delta_m \in E_m$.

Рассмотрим такую окрестность нуля $V_{\Gamma_m} = \{x \in E_m : p_{n_0}(x) \leq 1\}$, что $\Gamma_m(V_{\Gamma_m})$ было ограничено.

$$\Gamma_m \rightarrow p_n(\Gamma_m) = \sup_{x \in V_{\Gamma_m}} p_n(\Gamma_m(x))$$

в виде $\frac{1}{\alpha} A^* \left(I - \frac{1}{\alpha} A^* \right) = 0$, находим, что $I - \frac{1}{\alpha} A^* = P_{N(A)}$. Теперь согласно лемме 1 оператор (10) обратим, ч. т. д.

Замечание. Если оператор A имеет вид $A = \lambda I - K$, то G_α наиболее прост при $\alpha = \lambda$, при этом $G_{\alpha\lambda} = \alpha \lambda I - A^* K$. Если A удовлетворяет (9) и самосопряжен, то $G_{\alpha^2} = \alpha^2 I$.

Любая особенная симметричная матрица второго порядка удовлетворяет условию (9) при $\alpha = a_{11} + a_{22}$. Другим примером может служить следующий линейный интегральный оператор в $L_2(0,1)$:

$$A = \frac{1}{4} - \int_0^1 t s^2(\cdot) ds \quad (11)$$

Оператор (11) удовлетворяет условию (9) при $\alpha = \frac{1}{4}$. В силу

леммы 3 оператор $G_{\alpha\lambda} = \frac{1}{16} - \frac{1}{12} \int_0^1 t(3-4t)s^2(\cdot) ds$ обратим. Пользуясь формулой (4), находим

$$A^+ = 4 - 12 \int_0^1 t s(\cdot) ds + 5 \int_0^1 t(3-4t)s^2(\cdot) ds.$$

Литература

1. Desoer C. A., Whalen B. H. J. SIAM, 1963, 11. 2. Ben-Israel A., Charnes A., там же. 3. Petryshyn W. V. J. Math. Anal. and Appl., 1967, 18. 4. Katz J. Linear Algebra and Appl., 1972, 5. № 1. 5. Penrose R. Proc. Cambridge Phil. Soc., 1955, 51, Part. 3. 6. Канторович Л. В., Акилов Г. П. Функциональный анализ в нормированных пространствах. Физматгиз, 1959. 7. Турбин А. Ф. Ж. Вычисл. матем. и матем. физ., 1974, 14, № 3. 8. Шафиев Р. А. Изв. АН Азерб. ССР, серия физ.-матем., 1976, № 5. 9. Ефимов Н. В., Розендорн Э. Р. Линейная алгебра и многомерная геометрия. Наука, 1970.

Институт математики и механики

Поступило 1.III 1977

Р. А. Шафиев

ҮМУМИЛӘШМИШ ТӘРС ОПЕРАТОРУ ҺЕСАБЛАМАГ ҮЧҮН ДҮСТУРЛАР

Мәгаләдә үмүмиләшмиш тәрс оператору һесапламаг үчүн дүстурлар тапылмышдыр. Соңлу өлчүлү һалда оператор нүвәси һаггында мә'луматдан истифадә олунмур.

R. A. Shafiev

FORMULAE FOR PSEUDO-INVERSE OPERATOR COMPUTING

In the paper there are discovered formulae for pseudo-inverse operator computing to normally decidable operator from one Hilbert space into another. In the finite-dimensional case the formula doesn't use an information about the operator kernel.

Дадим следующее

Определение 1. Если уравнения (1), (2) однозначно разрешимы, $u_m \xrightarrow{m \rightarrow \infty} u$ и для любого $p_n \in (p_n)$ существуют такие независимые от m постоянные d_n, c_n, r_n , что при $p_n(\Gamma_m) \leq r_n$ и любых δ_m уравнения (3) разрешимы и справедливо неравенство

$$p_n(v_m - u_m) \leq d_n p_n(\Gamma_m) + c_n p_n(\delta_m),$$

где u, u_m, v_m соответственно решения уравнений (1), (2), (3), то будем говорить, что уравнение (1) проекционным методом устойчиво разрешимо.

Из результатов [1] вытекает следующая

Теорема 1. Если уравнение (1) однозначно разрешимо при любой правой части из E , то оно проекционным методом устойчиво разрешимо.

Применим теорему 1 для приближенного решения уравнения

$$\bar{F}(z) - \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=p} K(z, t) F(t) dt = G(z), \quad (4)$$

где $G(z)$ любая однозначная аналитическая функция в единичном круге и $K(z, t)$ удовлетворяет условиям

1) $K(z, t)$ регулярна при $|z| < \rho, |t| > \rho, \rho_1 \leq \rho < 1; \rho_1 > 0$;

$$2) K(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^{n+1}}{t^{n+1}} k_n(z), \quad k_n(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_{n,m} z^m;$$

$$3) \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{m=0}^{\infty} |\varepsilon_{n,m}| \rho^{m+1} = \theta(\rho), \quad \theta(\rho) < 1 \text{ при } \rho < 1.$$

Введем пространство аналитических однозначных функций в круге $O = \{t \mid |t| < 1\}$ комплексной плоскости.

Пусть $O_1 \subset O_2 \subset \dots \subset O_n \subset \dots$ последовательность кругов с радиусами $0 < \rho_1 \leq \rho_2 \leq \dots \leq \rho_n \leq \dots$ таких, что $\rho_n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 1$.

Последовательность полунорм введем по формуле

$$P_n(F) = \max_{t \in O_n} |F(t)|, \quad (n = 1, 2, \dots),$$

где $F(t)$ любая однозначная аналитическая функция в единичном круге. Полученное пространство обозначим через $H(O)$. Известно, что пространство $H(O)$ является пространством Фреше и всякую функцию $F \in H(O)$ можно разложить в ряд $F(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n t^n$, равномерно сходящийся на любом замкнутом круге O_n , лежащем в круге O , и притом единственным образом, т. е. $\{t^n\}_{n=1,2,\dots}$ будет базисом в пространстве $H(O)$.

Если вместо круга O взять односвязную область D и топологию ввести аналогичным образом, то пространство $H(D)$ будет обладать всеми перечисленными свойствами пространства $H(O)$, т. е. оно будет

пространством Фреше с базисом, в частности система $\{\varphi(t)^n\}_{n=1,2,\dots}$, где $\varphi(t)$ — любая функция, взаимно однозначно и комформно отображающая D на единичный круг, образует базис в $H(D)$ (см. [2]).

Для исследования разрешимости уравнения (4) проекционным методом перепишем его в следующем виде

$$F - TF = G,$$

где

$$T(\cdot) = \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=p} K(z, t)(\cdot) dt.$$

Так как пространство $H(O)$ содержит базис, то можно построить

проекционный оператор вида $Q_m(F) = \sum_{i=1}^m L_i(F) \varphi_i$, где L_i элемент сопряженного пространства $H^*(O)$ и

$$L_i(\varphi_j) = \delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}.$$

Учитывая результаты [3], можно конкретизировать общий вид линейного функционала $L \in H^*(O)$, т. е.

$$L(F) = \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=p} F(t) \psi(t) dt,$$

где контур $|t|=p$ выбран так, чтобы $F(t)$ была аналитическая внутри $|t| \leq \rho$ и на $|t|=p$, а $\psi(t)$ вне $|t| \leq \rho$ и на $|t|=p$, причем $\psi(t) \in H(CO)$, CO — дополнение к O .

Проекционное уравнение, соответствующее уравнению (4), будет иметь следующий вид

$$F_m - Q_m T F_m = Q_m G$$

Последнее уравнение будем решать в пространстве $Q_m[H(O)] \equiv H_m(O)$.

Докажем, что оператор T является компактным в $H(O)$. Так как $H(O)$ является монтелевским пространством, то для доказательства компактности оператора T достаточно показать его ограниченность.

Рассмотрим окрестность нуля

$$U_{k_0} = \{F \in H(O) : P_{k_0}(F) = \max_{Z \in O_{k_0}} |F(Z)| \leq 1\},$$

где k_0 таково, что $\rho_{k_0} \geq \rho$.

Для $\forall F \in U_{k_0}$ имеем, что

$$\begin{aligned} P_n(TF) &= \max_{z \in O_n} \left| \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=p} K(z, t) F(t) dt \right| \leq \max_{z \in O_n} \left| \frac{1}{2\pi i} \right| \int_{|t|=p} |K(z, t)| |F(t)| |dt| \leq \\ &\leq \frac{1}{2\pi} C_n \cdot 2\pi \rho \cdot \max_{t \in \{|t|=p\}} |F(t)| \leq C_n, \end{aligned}$$

где $C_n = \max_{(z,t) \in O_n \times (|t|=p)} |K(z,t)|$.

Следовательно, оператор

$$T(\cdot) = \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=p} K(z,t)(\cdot) dt$$

в пространстве $H(O)$ является линейным компактным оператором. Далее, учитывая, что при условиях 1)–3) уравнение (4) имеет однозначное решение из $H(O)$ (см. [2]), на основании теоремы 1 заключаем, что уравнение (4) проекционным методом устойчиво разрешимо.

Следует отметить, что полученные результаты могут найти конкретное применение при приближенном решении задач теории упругости (см. [4]).

Литература

1. Гамидов В. С. О сходимости и устойчивости проекционного метода в сепарабельном пространстве Фреше с базисом. Депонировано в ВИНТИ № 377—75, стр. 15.
2. Евграфов М. А. Метод близких систем в пространстве аналитических функций и его применения к интерполации. ТММО. т. 5, 1956.
3. Маркушевич А. И. О базисе в пространстве аналитических функций. Матем. сб., т. 17, 59, № 2, 1945.
4. Мухелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.

Институт математики
и механики

Поступило 25. V 1977

Н. Н. Агаев, В. С. Гамидов

АНАЛИТИК ФУНКЦИЈАЛАР ФЭЗАСЫНДА БИР ХЭТТИ ИНТЕГРАЛ ТЭНЛИЖИН ТЭГРИБИ ХЭЛЛИ ХАГГЫНДА

Мэгалэдэ аналитик функцијалар фэзасында проексија үсулу илэ икинчи нөв хэtti интеграл тэнлик тэгриби хэлл олунмуш вэ үсулуи дајаныгылыгы исбат едилмиш-дир.

G. N. Agaev, V. S. Gamidov

ON APPROXIMATE SOLUTION OF ONE LINEAR INTEGRAL EQUATION IN THE SPACE OF ANALYTICAL FUNCTIONS

In the paper the linear integral second genus equation is determined in the space of analytical functions by the projective method and it is proved the stability of this method.

УДК 512. 7513. 8

МАТЕМАТИКА

РАГА МУХАММЕД БАХА ЭЛЬ-ДИН АГАМИ

БЛИЗОСТНЫЕ И РАВНОМЕРНЫЕ БУЛЕВЫ АЛГЕБРЫ

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

Миннакши [2] ввел и исследовал близостные алгебры как булевы алгебры с отношением близости. Привлекая конструкцию полигонального произведения булевых алгебр М. Р. Бунятов ввел равномерные булевы алгебры.

Естественно, возникает вопрос о связи этих двух структур на булевых алгебрах.

Цель данной работы — исследование связи между близостными и равномерными булевыми алгебрами.

Для этого предварительно мы вводим понятие равномерной булевой алгебры по Ю. М. Смирнову, являющееся булевым обобщением аксиоматики Ю. М. Смирнова равномерных пространств.

При этом мы приходим к двум неэквивалентным структурам на булевых алгебрах, следуя терминологии и обозначениям работы [1]. Орел S — множество всех открытых элементов булевой алгебры S , $\forall \lambda \in \Sigma(S)$, $S(\lambda)$ — подалгебра алгебры S , порожденная множеством λ . $\text{Cov}(S)$ — множество всех открытых покрытий единицы булевой алгебры S , т. е. $\text{Cov}(S) = \{u \subset S \mid \forall u=1, u \subset \text{орел } S\}$

$$\text{Cov}_S(\lambda) = \{u \in \text{Cov}(S) \mid u \subset S(\lambda)\}$$

$$\text{Cov}_\Sigma(S) = \bigcup \{\text{Cov}_S(\lambda) \mid \lambda \in \Sigma(S)\}$$

Лемма 1. 1) $\lambda < \mu \Rightarrow \text{Cov}_S \lambda \subset \text{Cov}_S \mu$

$$2) \forall \lambda, \mu \in \Sigma(S) \quad \text{Cov}_\lambda \cap \text{Cov}_\mu \subset \text{Cov}(\lambda \wedge \mu)$$

$$3) \text{Cov}_\Sigma(S) \cap \text{Cov}_\Sigma(S) \subset \text{Cov}_\Sigma(S)$$

$$4) \text{ для каждого полного булевого гомоморфизма } f: S \rightarrow S'$$

$$f(u) \in \text{Cov}_{S'}, (f[\lambda]), \quad \forall u \in \text{Cov}_S \lambda,$$

$$5) f(\text{Cov}_\Sigma(S)) \subset \text{Cov}_\Sigma(S')$$

Определение 1. Равномерной структурой на булевой алгебре S (по Смирнову) называется множество $\pi \subset \text{UCov}_\Sigma$, удовлетворяющее условиям:

L 1) если покрытие $\alpha \in \pi$ вписано в покрытие $\beta \in \text{Cov}_\Sigma(S)$, то $\beta \in \pi$;

L 2) произведения $\alpha \wedge \beta$ любых двух покрытий $\alpha, \beta \in \pi$ также принадлежат π ;

$L \lambda 3) \forall \alpha \in \text{Cov}(\lambda) \cap \pi \exists \beta \in \text{Cov} \lambda \cap st_\beta \lambda > \alpha$,
где $st_\beta \lambda = \{st_\beta x | x \in \lambda\} \in \text{Cov}(\lambda)$, $st_\beta x = \{ \Gamma \mid \Gamma \wedge x = x \}$

Определение 2. Пусть (S_1, π) и (S_2, π_2) — две равномерные булевы алгебры по Смирнову. Булев гомоморфизм $f: S_1 \rightarrow S_2$ называется морфизмом структур Смирнова, если: $f(\alpha) \in \pi_2 \forall \alpha \in \pi_1$, где $f(\alpha) = \{f(x) | x \in \alpha\}$.

Построим категорию Bool Sm . Объекты этой категории являются равномерными булевыми алгебрами по Смирнову, морфизмы этой категории являются морфизмами структур Смирнова, композиция морфизмов определяется обычным образом.

Теорема 1. Пусть (S, π) — равномерная булева алгебра по Смирнову и для каждого разбиения единицы $\lambda \in \Sigma(S)$, $\pi_\lambda = \pi \cap \text{Cov}_S \lambda$. Тогда: (i) $\forall \lambda \in \Sigma(S)$, π_λ есть равномерная структура по Смирнову λ и для любых $\lambda < \mu \in \Sigma(S)$ отображение $(P_\mu^\lambda)^* 2^\lambda \rightarrow 2^\mu$ является изоморфизмом структур Смирнова (где P_μ^λ — булев гомоморфизм, индуцированный отображением P_μ^λ).

(ii) Равномерная булева алгебра (S, π) изоморфна с булевским индуктивным пределом семейства $\{(2^\lambda, \pi_\lambda), P_\mu^\lambda | \lambda, \mu \in \Sigma(S)\}$
 $(S, \pi) = \lim_{\lambda \in \Sigma(S)} \text{Ind} (2^\lambda, \pi_\lambda)$.

Доказательство. Мы покажем, что π_λ удовлетворяет аксиомам Смирнова для равномерных пространств [4]:

$C_1) \alpha \in \pi_\lambda \rightarrow \alpha \in \pi, \beta \in \text{Cov}_S \lambda, \alpha > \beta \rightarrow \beta \in \pi \quad \beta \in \pi_\lambda$.

$C_2) \alpha \in \pi_\lambda, \beta \in \pi_\lambda \rightarrow \alpha, \beta \in \pi \rightarrow \alpha \wedge \beta \in \pi \rightarrow \alpha, \beta \in \pi_\lambda$.

$C_3) \alpha \in \pi_\lambda \rightarrow \alpha \in \text{Cov}_{S\lambda} \Rightarrow \exists \beta \in \text{Cov}_S \lambda \cap \pi, st_\beta \lambda > \alpha$

Легко доказать, что семейство булеанов $\{2^\lambda\}, \lambda \in \Sigma(S)$ относительно семейства морфизмов $\{(P_\mu^\lambda)^* | \lambda, \mu \in \Sigma(S), \lambda < \mu\}$ образуют прямой спектр булевых алгебр. Для того, чтобы доказать, что $(P_\mu^\lambda)^*$ морфизм структур Смирнова, необходимо, чтобы для каждого $\alpha \in \pi_\lambda (P_\mu^\lambda)^* (\alpha) \in \pi_\mu$. Но это ясно из леммы 1(I). $((2^\lambda, \pi_\lambda), (P_\mu^\lambda)^*)$ прямой спектр равномерных по Смирнову булевых алгебр $(S, \pi) = \lim_{\lambda \in \Sigma(S)} \text{Ind} (2^\lambda, \pi_\lambda)$.

Обозначим категорию всех равномерных пространств Вейля и их равномерных непрерывных гомоморфизмов через Well , и категорию равномерных пространств по Смирнову и их морфизмов через Sm . Функтор изоморфизма Кочеткова $K: \text{Well} \rightarrow \text{Sm}$ определяется следующим образом. Пусть u — равномерная вейлевская структура на X . Каждому множеству $v \in u$ поставим в соответствие покрытие γ_v , состоящее из окрестностей $v(x)$ точек $x \in X$.

$$\gamma_v = \{v(x) | x \in X\}$$

$K(u) = \pi = \{\text{все возможные покрытия } \gamma \text{ пространства } X, \text{ в каждое из которых вписано покрытие вида } \gamma_v, v \in u\}$.

Пусть π — равномерная структура по Смирнову. Тогда каждому покрытию $\gamma \in \pi$ ставится в соответствие множество v_γ , являющееся теоретико-множественной суммой произведений $\Gamma x \Gamma$ каждого $\Gamma \in \gamma$ на себя

$$V_\gamma = \bigcup_{\Gamma \in \gamma} (\Gamma x \Gamma)$$

$$K^{-1}(\pi) = \{V \subseteq X \times X | \exists \gamma \in \pi, V_\gamma \subseteq V\}$$

Функтор изоморфизма Кочеткова $K: \text{Well} \rightleftarrows \text{Sm}$ индуцирует функтор изоморфизма K_* .

$$K_*: \text{Dir Well} \rightleftarrows \text{Dir Sm},$$

где Dir Well — категория прямого спектра вейлевских равномерных пространств, Dir Sm — категории прямого спектра равномерных пространств по Смирнову.

Для равномерных булевых алгебр имеет место канонический функторный изоморфизм

$$\text{Hom}(K_* 2^{\Sigma}: \text{Bool Well} \rightarrow \text{Bool Sm},$$

$\rightarrow$

где Σ — функтор, сопоставляющий каждой булевой алгебре S обратный спектр $\Sigma(S)$ и 2^{Σ} — булеан этого обратного спектра

$$2^{\Sigma}: (S, u \rightarrow) (2^{\Sigma(S)}, u)$$

Здесь, где Bool Well — категория равномерных булевых алгебр по Буятову, Bool Sm — категория равномерных булевых алгебр по Смирнову. Таким образом, мы доказали эквивалентность равномерных булевых алгебр по Смирнову, т. е.

$$\text{Bool Well} \rightleftarrows \text{Bool Sm}.$$

Определение 3. Глобальной равномерной структурой по Смирнову булевой алгебры S называется множество $\Sigma \subseteq \text{Cov } S$, удовлетворяющее условиям:

$\Gamma_1)$ если покрытие $\alpha \in \Sigma$ вписано в покрытие β , то $\beta \in \Sigma$;

$\Gamma_2)$ произведения $\alpha \wedge \beta$ любых двух покрытий $\alpha, \beta \in \Sigma$ также принадлежат Σ ;

$\Gamma_3)$ для всех $\alpha \in \Sigma$ существует $\beta \in \Sigma$ $st_\beta S > \alpha$ где $st_\beta S = \{st_\beta x | \forall x \in S\}$

Определение 4. Булева алгебра S называется близостной булевой алгеброй, если для любых двух элементов указано, считаются ли они близкими или нет (в последнем случае будем говорить, что они далеки друг от друга, мы пишем $a \delta b$, если a близко к b , и $a \bar{\delta} b$ если a далеко от b), так, что при этом выполнены следующие условия:

$\delta_1)$ если элемент a близок к b , то и b близок к a , где $a, b \in S$

$\delta_2)$ $(a \vee b) \delta c \Leftrightarrow a \delta c$ или $b \delta c$

$\delta_3)$ каждый элемент $a \in S$ близок к самому себе;

$\delta_4)$ единица булевой алгебры далека от нулевого элемента 0.

$\delta_5)$ для всех $a \bar{\delta} b \in S$ существует c и $d | c \vee d = 1$ что $a \bar{\delta} c, b \bar{\delta} d$;

Введем понятия δ — окрестности (пишем $a \ll b$ значит b есть δ — окрестность a), таким образом:

$$a \ll b \Leftrightarrow \exists c, a \delta c', c \leq b$$

Легко видеть, что условие δ_5 эквивалентно условию:

$\delta'_5)$ любые далекие друг от друга элементы имеют непересекающиеся δ — окрестности.

Действительно, можно определить отношение «как основное, которое удовлетворяет следующим аксиомам:

$P_1)$ для всех $a \in S, a \ll a, a \ll 1$

$P_2)$ $a \ll b \Rightarrow a \leq b$

$P_3)$ (i) $(a_1 \vee a_2) \ll b \Leftrightarrow a_1 \ll b$ и $a_2 \ll b$

(ii) $a \ll (b_1 \wedge b_2) \Leftrightarrow a \ll b_1$ и $a \ll b_2$.

$P_1)$ если $a \ll b$, то $b' \ll a'$

$P_2)$ если $a \ll b$, то существует c , $a \ll c$, $c \ll b$
и пишем $a \delta b \Leftrightarrow a \ll b'$

Эти два подхода эквивалентны.

Теорема 2. Всякая глобальная равномерность $\Sigma \subset \text{Cov}(S)$ над булевой алгеброй S естественным образом превращает его в близостную булеву алгебру (S, δ) , а именно

$$a \delta b \Leftrightarrow \forall \gamma \in \Sigma, \exists \Gamma \in \Gamma \Delta a \neq 0, \Gamma \Delta b \neq 0$$

Покажем, что условия $(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5)$ выполнены. Условия $(\delta_1, \delta_3, \delta_4)$ выполняются автоматически. Проверим выполнение условия δ_2 .

Если $a \nabla b$ далеко от элемента C (т. е. не близко в смысле только, что определенной в S близости), то и каждое из элементов a или b далеко от C . Действительно, $a \nabla b \delta C \Leftrightarrow \exists \gamma \in \Sigma, st_\gamma C$ не пересекаются с $a \nabla b$, значит $st_\gamma C$ не пересекаются с обоими a и b . Обратно, пусть каждый из элементов a и b далек от C . Тогда существуют такие покрытия $\alpha \in \Sigma$ и $\beta \in \Sigma$, что $st_\alpha C$ не пересекаются с a , а $st_\beta C$ не пересекаются с b . Но в силу условия (Γ_2) , для покрытия $\alpha \Delta \beta$, принадлежащего Σ , имеем $st_{\alpha \Delta \beta} C \leq st_\alpha C \Delta st_\beta C$. Так, что $st_{\alpha \Delta \beta} C$ не пересекается с $a \nabla b$, а это значит что C далеко от $a \nabla b$, что и требовалось доказать δ_2 . Покажем, что выполнено и условие δ_5 . Пусть элементы a и $b \in S$ далеки. Возьмем сначала такое покрытие $\gamma \in \Sigma$, что $a \Delta st_\gamma b = 0$; после этого к γ подберем покрытие $\alpha \in \Sigma$ согласно условию (Γ_3) , т. е. так, чтобы множество $st_\alpha S = \{st_\alpha x | \forall x \in S\}$ было вписано в γ .

Докажем теперь, что δ — окрестности $st_\alpha a$, $st_\alpha b$ элементов a и b не пересекаются. В самом деле, если бы нашлся элемент $x \in st_\alpha a \Delta st_\alpha b$, то тогда $st_\alpha x$ элемента x пересекалась бы и с a и с b , но $st_\alpha x$ содержится в некотором $\Gamma \in \gamma$, а значит Γ пересекается и с a и с b , чего не может быть. Итак, условие δ_5 также имеет место и теорема 2 доказана.

Построим категорию Bool Proxlm , объектами этой категории являются близостные булевы алгебры. Морфизмом объекта (S, δ) в объект (S', δ') этой категории называется гомоморфизм булевых алгебр $h: S \rightarrow S'$, удовлетворяющий условию: $a \delta b \Rightarrow h(a) \delta' h(b)$. Построим также категорию Bool Sm Global . Объектами этой категории являются булевы алгебры с глобальной равномерной структурой по Смирнову (S, Σ) а морфизмы этой категории являются морфизмами структур Смирнова.

Правило, которое каждому объекту (S, Σ) сопоставляют объект (S, δ) и каждому морфизму категории Bool Sm Global канонический морфизм категории Bool Proxlm является ковариантным функтором G

$$Q: \text{Bool Sm Global} \rightarrow \text{Bool Proxlm}$$

Ясно, что категория Bool Sm есть подкатегория категории Bool sm Global . Окончательно мы имеем следующую связь:

$$\text{Bool Well} \approx \text{Bool Sm} \subset \text{Bool sm Global} \subset \text{Bool Proxlm}.$$

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю М. Р. Бунятову за руководство и помощь при исполнении данной работы.

Литература

1. Бунятов М. Р. Равномерные булевы алгебры. ДАН СССР, т. 224, № 2 1975.
2. Meenakshi K. N. Proximity structures in Boolean Algebras, Acta sci,

Math. Szeged, 27, 1966, 85, 92. 3. Смирнов Ю. М. О пространствах близости. Матем. сб., 31, 73, № 3, 1952. 4. Ward A. J. Representation of proximity lattices. Ann. Univ. Sci. Budapest. Sec. math. 1974—1975, 17, 41—57.

АГУ и.м. С. М. Кирова

Поступило 20. VI 1977

Раһа Мəһəммəд Баһа Əл-дин Ағамн

МҮНТЭЗЭМ ВӨ JAХЫНЛЫГ БУЛ ЧЭБРЛЭРН

Мəгəлəдэ Бунјадов М. Р. тэрəфиндэн дахиад едилмнш мунтэзэм Бул чэбрлэрни илэ жахынлыг Бул чэбрлэрни арасындакы элэгэ тэдгиг едилнр.

Ragaa Mohamed Bahaa Eldin Agamy

PROXIMITY AND UNIFORM BOOLEAN ALEGEBRAS

In this article investigate relations between proximity and uniform Boolesa algebras.

УДК 517. 5

МАТЕМАТИКА

С. Я. ЯКУБОВ, В. Б. ШАХМУРОВ

ТЕОРЕМЫ ВЛОЖЕНИЯ И ТЕОРЕМЫ О СЛЕДАХ В АНИЗОТРОПНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ВЕКТОР-ФУНКЦИЙ

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

Пусть A — положительный оператор с областью определения $D(A)$ в гильбертовом пространстве H , т. е. $\overline{D(A)} = H$ и

$$\|(A + \lambda)^{-1}\| \leq c(1 + \lambda)^{-1}, \lambda \geq 0.$$

Обозначим $H(\dot{A}) = \{u | u \in D(\dot{A}), \|u\|_{H(\dot{A})}^2 = \|\dot{A}u\|_H^2 + \|u\|_H^2\}$ (Определение дробных степеней см. [4])

Пусть G — открытое множество в R^n , $D_k = \frac{\partial}{\partial x_k}$, $e = (e_1, \dots, e_n)$,

$$L_2(G; H) = \{u | \|u\|_{L_2(G; H)}^2 = \int_G \|u(x)\|_H^2 dx\}, W_2^1(G; H(\dot{A}), H) =$$

$$= \{u | u \in L_2(G; H(\dot{A})), D_k^e u \in L_2(G; H), k = \overline{1, n}, \|u\|_{W_2^1(G; H(\dot{A}), H)}^2 =$$

$$= \|u\|_{L_2(G; H(\dot{A}))}^2 + \sum_{k=1}^n \|D_k^e u\|_{L_2(G; H)}^2\}.$$

В данной статье доказываются некоторые теоремы вложения и теоремы о следах для указанных пространств.

В одномерном случае эти результаты совпадают с результатами, имеющимися в [1], в изотропном — совпадают с результатами, имеющимися в [2], а в скалярном случае совпадают с результатами, имеющимися в [3].

Теорема 1. Пусть A — положительный оператор.

$$\text{Тогда при } |(\alpha + \varepsilon):e| = \frac{\alpha_1 + \varepsilon_1}{l_1} + \dots + \frac{\alpha_n + \varepsilon_n}{l_n} \leq 1, \varepsilon_l \geq 0, l = \overline{1, n}$$

имеет место вложение

$$D^\alpha W_2^\varepsilon(R^n, H(A), H) \subset W_2^1(K^n; H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H), D^\alpha = D_1^{\alpha_1} \dots D_n^{\alpha_n}.$$

Доказательство. Пусть $u \in W_2^\varepsilon(R^n; H(A), H)$, тогда, применяя преобразование Фурье, получаем

$$\|D^\alpha u\|_{W_2^\varepsilon(R^n; H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H)}^2 \leq c \left\{ \int_{R^n} y_1^{2\alpha_1} \dots y_n^{2\alpha_n} (\|A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e} \hat{u}\|_H^2 + \|\hat{u}\|_H^2) dy + \int_{R^n} (y_1^{2(\alpha_1+\frac{1}{2})} \dots y_n^{2\alpha_n} + \dots + y_1^{2\alpha_1} \dots y_n^{2(\alpha_n+\frac{1}{2})}) \|\hat{u}\|_H^2 dy \right\}.$$

Далее, применяя неравенство моментов и Юнга [4], получаем, что

$$\|D^\alpha u\|_{W_2^\varepsilon(R^n; H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H)}^2 \leq c \left\{ \int_{R^n} \left(1 + \sum_{k=1}^n y_k^{2\alpha_k} \right) \|\hat{u}\|_H^2 dy + \int_{R^n} \|\hat{A}u\|_H^2 dy \right\} \leq c \|u\|_{W_2^\varepsilon(R^n; H(A), H)}^2.$$

Лемма 1. Пусть G множество, удовлетворяющее условию e -го рога [3].

Тогда существует линейный ограниченный оператор продолжения, действующий из $W_2^\varepsilon(G; H(A), H)$ в $W_2^\varepsilon(R^n; H(A), H)$.

Теорема 2. Пусть A — положительный оператор.

Тогда при $|(\alpha + \varepsilon):e| \leq 1$ имеет место вложение

$$D^\alpha W_2^\varepsilon(G; H(A), H) \subset W_2^\varepsilon(G; H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H).$$

Доказательство. Пусть $u \in W_2^\varepsilon(G; H(A), H)$. Тогда $D^\alpha u = D^\alpha \times r_0 P u$, где P оператор продолжения из $W_2^\varepsilon(G; H(A), H)$ в $W_2^\varepsilon(R^n; H \times \times (A), H)$, r_0 оператор сужения из $L_2(R^n; H)$ в $L_2(G; H)$. Тогда $\|D^\alpha u\|_{W_2^\varepsilon(G; H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H)} = \|D^\alpha r_0 P u\|_{W_2^\varepsilon(G; H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H)} \leq c \|D^\alpha P u\|_{W_2^\varepsilon(R^n; H(A)^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e}), H)} \leq c \|P u\|_{W_2^\varepsilon(R^n; H(A), H)} \leq c \|u\|_{W_2^\varepsilon(G; H(A), H)}.$

Отметим, что в случае $H = L_2(R)$ и $A = \left[i \frac{d}{dx_{n+1}} \right]^{2n+1}$ из теоремы 1 следует в L_2 теорема В. П. Ильина $D^\alpha W_2^\varepsilon(G) \subset L_2(G)$.

Теорема 3. Пусть $A = A^* \geq c^2 J$

$$\text{Тогда, при } \left| \left(\alpha + \frac{1}{2} \right) : e \right| = \frac{\alpha_1 + \frac{1}{2}}{e_1} + \dots + \frac{\alpha_n + \frac{1}{2}}{e_n} < 1, \text{ отображе-}$$

ние $u \rightarrow D^\alpha u(0)$ является непрерывным и сюръективным из $W_2^\varepsilon(R^n, H(A), H)$ на $H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e})$.

Доказательство. Непрерывность и сюръективность отображения $u \rightarrow D^\alpha u(0)$ из $W_2^\varepsilon(R^n, H(A), H)$ на $H(A^{1-(\alpha+\frac{1}{2}):e})$ доказывается при помощи преобразования Фурье и диагонализации оператора A [5].

Теорема 4. Пусть G область, удовлетворяющая условию e -го рога, и пусть $A=A^* \geq c^2 J$.

Тогда отображение $u \rightarrow D^a u$ и (u) при $\left| \left(a + \frac{1}{2} \right) : e \right| < 1$ является непрерывным из $W_2^e(G; H(A), H)$ на $H(A)^{1-\left| \left(a + \frac{1}{2} \right) : e \right|}$.

Доказательство. С помощью оператора продолжения P из $W_2^e(G; H(A), H)$ в $W_2^e(R^n; H(A), H)$ доказательство сводится к доказательству теоремы 3.

Результат. Пусть выполнено условие теоремы 4.

Тогда, при $\left| \left(a + \frac{1}{2} \right) : e \right| < 1$ имеет место вложение $D^a W_2^e(G; H \times \times(A), H) \subset C(G; H(A)^{1-\left| \left(a + \frac{1}{2} \right) : e \right|})$.

Литература

1. Лионс Ж. Л., Мадженес Е. Неоднородные граничные задачи и их приложения. М., 1971.
2. Grisvard P. Espaces de traces a plusieurs variables, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 257, 1963, 349—252.
3. Бесов О. В., Ильин В. П., Никольский С. М. Интегральные представления функций и теоремы вложения. М., 1975.
4. Крейн С. Г. Линейные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве. М., 1967.
5. Гельфанд И. М., Виленкин Н. Я. Обобщенные функции. М., 1961.

АПИ им. Ленина

Поступило 22. VI 1977

С. Я. Якубов, В. Б. Шахмуров

АБСТРАКТ АНИЗОТРОП ФЭЗАДА ДАХИЛОЛМА ВЭ ИЗ НАГГЫНДА

Магаләдә абстракт анизотроп $W_2^e(G; H(A), H)$ фэзасында дахилолма вэ из наггында теоремлар исбат олунур.

S. Ya. Yakubov, V. B. Shakhmurov

IMBEDDING THEOREMS AND THEOREMS ABOUT TRACES IN ANISOTROPIC SPACES OF VECTOR-FUNCTIONS

In this work there are obtained some imbedding theorems and theorems about traces in anisotropic spaces $W_2^e(G; H(A), H)$.

УДК 539.374+539.377

МЕХАНИКА

К. С. АХВЕРДИЕВ

НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА О НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ ВЯЗКО-ПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ МЕЖДУ ШИПОМ И ПОДШИПНИКОМ

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

Рассматривается движение вязко-пластичной жидкости между двумя бесконечными эксцентричными цилиндрами, один из которых (подшипник) находится в покое, а внутренний (шип) совершает заданные крутильные колебания, т. е. рассматривается задача с неподвижными границами, когда несжимаемая вязко-пластичная жидкость заполняет все пространство между шипом и подшипником. Вопрос о влиянии сил инерции на несущую способность подшипника для простоты исследования решается на основе уравнений, которые выводятся на основе уравнений Генки—Ильюшина и уравнения неразрывности методом оценок. Решение задачи ищется в виде ряда по степеням числа Рейнольдса. Строится некоторое мажорирующее уравнение, существование положительных корней которого обеспечивает равномерную сходимость итераций. Найдено условие, при котором отсутствует ядро течения.

§ 1. Пусть шип вращается вокруг своей неподвижной оси с постоянной угловой скоростью Ω , на которую накладываются заданные крутильные колебания. Тогда в полярной системе координат с началом в центре шипа и углом θ уравнения подшипника и шипа запишутся в виде:

$$r=r_1; \quad r=e \cos \theta + \sqrt{r_0^2 - e^2 \sin^2 \theta} \quad (1.1)$$

Будем исходить из уравнений движения Генки—Ильюшина и уравнения неразрывности

$$\rho \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \rho (\bar{v} \cdot \nabla) \bar{v} = -\nabla P + \left(\mu + \frac{\tau_0}{h_1} \right) \Delta \bar{v} - \frac{2\tau_0 T_e}{h_1^2} \nabla h_1 \cdot \nabla \bar{v} = 0 \quad (1.2)$$

Здесь h_1 —интенсивность скоростей деформаций, τ_0 —предел текучести при чистом сдвиге, T_e —тензор скоростей деформаций, а остальные обозначения общепринятые. В дальнейшем укажем условие, при котором $\partial v_0 / \partial r \neq 0$ в пространстве между шипом и подшипником, а также на контурах.

Перейдем к безразмерным переменным по формулам

$$\begin{aligned} v_r &= \Omega \delta u^1, \quad v_\theta = \Omega r_1 v^1, \quad P = P^* P^1, \quad r = r_1 + \delta r^1, \quad \delta = r_0 - r_1, \\ P^* &= \mu \Omega r_1^2 / \delta^2, \quad \eta = e / \delta, \quad \varepsilon = \delta / r_1, \quad t^1 = t^* t, \quad t^* = \delta^2 / \nu. \end{aligned} \quad (1,3)$$

Будем иметь:

$$h_1 = \frac{\Omega r_1}{\delta} \left[-\frac{\partial v^1}{\partial r^1} + \varepsilon v^1 + o(\varepsilon^2) \right], \quad \frac{1}{h_1} = \frac{\delta}{\Omega r_1} \left[\frac{1}{\frac{\partial v^1}{\partial r^1}} + \left(\frac{\varepsilon v^1}{\frac{\partial v^1}{\partial r^1}} \right)^2 + o(\varepsilon^2) \right],$$

$$\frac{\partial h_1}{\partial r} = \frac{\Omega r_1}{\delta^2} \left[-\frac{\partial^2 v^1}{\partial r^{12}} + \varepsilon \frac{\partial v^1}{\partial r^1} + o(\varepsilon^2) \right], \quad \frac{\partial h_1}{\partial \theta} = \frac{\Omega r_1}{\Omega} \left[-\frac{\partial^2 v^1}{\partial r_1 \partial \theta} + \varepsilon \frac{\partial v^1}{\partial \theta} + o(\varepsilon^2) \right]. \quad (1,4)$$

Уравнения движения и граничные условия задачи с учетом формул (1,3) и (1,4) с точностью до членов порядка $o(\varepsilon)$ запишутся в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v^1}{\partial t} + \frac{\partial p^1}{\partial \theta} - \frac{\partial^2 v^1}{\partial r^{12}} &= -R \left(u^1 \frac{\partial v^1}{\partial r^1} + v^1 \frac{\partial v^1}{\partial \theta} \right) - A, \quad \frac{\partial P^1}{\partial r^1} = 0, \\ \frac{\partial u^1}{\partial r^1} + \frac{\partial v^1}{\partial \theta} &= 0, \quad A = 2\tau \delta / \mu \Omega r_1, \quad R = \Omega \delta^2 / \nu, \quad \nu = \mu / \rho \end{aligned} \quad (1,5)$$

$$\begin{aligned} \text{при } r^1=0, \quad u^1=0, \quad v^1 &= \varphi^1(t'); \quad \text{при } r=h=1+\eta \cos \theta, \quad u \leq v \leq 0, \\ \text{при } t=0, \quad u^1 &= u^0(r, \theta, R), \quad v^1 = v^0(r, \theta, R), \quad P^1 = P^0(\theta, R). \end{aligned} \quad (1,6)$$

Ставится вопрос о возможности разложения решения задачи (1,5) — (1,6) в ряд по степеням R . Относительно функций, входящих в начальное условие, предположим, что они удовлетворяют соответствующей стационарной системе, при граничных условиях

$$u^0=0, \quad v^0=1 \quad \text{при } r^1=0; \quad u^0=v^0=0 \quad \text{при } r^1=h. \quad (1,7)$$

Для согласования граничных условий (1,6) и (1,7) потребуем $\varphi^1(0)=1$. Положим

$$v^1 = v^0 + v, \quad u^1 = u^0 + u, \quad P^1 = P^0 + P. \quad (1,8)$$

Тогда для u, v и P получим систему с однородными начальными условиями.

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial \theta} - \frac{\partial^2 v}{\partial r^{12}} = f(u^0, v^0, u, v), \quad \frac{\partial u}{\partial r^1} + \frac{\partial v}{\partial \theta} = 0, \quad \frac{\partial P}{\partial r^1} = 0 \quad (1,9)$$

$$\begin{aligned} \text{при } r^1=0, \quad u=0, \quad v &= \varphi(t) = \varphi'(t) - 1; \quad \text{при } r=h, \quad u=v=0, \\ \text{при } t=0, \quad u &= v=0, \quad P=0. \end{aligned} \quad (1,10)$$

Постоянная A , характеризующая пластичность, входит в правую часть (1,9) через коэффициенты u^0, v^0 .

Сделаем замену

$$r^1 = hx, \quad \frac{\partial}{\partial r^1} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x}, \quad \frac{\partial}{\partial \theta} = \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{x\eta \sin \theta}{h} \frac{\partial}{\partial x}. \quad (1,11)$$

Ищем решение задачи (1,9) — (1,10) в виде

$$u = \sum_{k=0}^{\infty} u_k R^k, \quad v = \sum_{k=0}^{\infty} v_k R^k, \quad P = \sum_{k=0}^{\infty} P_k R^k. \quad (1,12)$$

Подстановка в (1,9) и (1,10) с учетом (1,11) дает

$$\frac{\partial v_k}{\partial t} - \frac{1}{h^2(\theta)} \frac{\partial^2 v_k}{\partial x^2} = f_k - \frac{\partial P_k}{\partial \theta}, \quad \frac{1}{h} \frac{\partial u_k}{\partial x} + \frac{\partial v_k}{\partial \theta} + \frac{x\eta \sin \theta}{h} \frac{\partial v_k}{\partial x} = 0. \quad (1,13)$$

При $x=0, u_k=0, v_k=\varphi_k$; $x=1, u_k=v_k=0$,

При $t=0, u_k=v_k=0, P_k=0$; (1,14)

$$\begin{aligned} -f_k &= \frac{u^0}{h} \frac{\partial v_{k-1}}{\partial x} + \frac{\partial v^0}{\partial r^1} u_{k-1} + \frac{\partial v^0}{\partial \theta} + v^0 \left(\frac{\partial v_{k-1}}{\partial \theta} + \frac{x\eta \sin \theta}{h} \frac{\partial v_{k-1}}{\partial x} \right) + \\ &+ \sum_{n=0}^{k-1} \left[\frac{u_{k-n-1}}{h} \frac{\partial v_n}{\partial x} + v_{k-n-1} \left(\frac{\partial v_n}{\partial \theta} + \frac{x\eta \sin \theta}{h} \frac{\partial v_n}{\partial x} \right) \right], \quad k \geq 1. \\ f_0 &= 0, \quad \varphi_k = \begin{cases} \varphi(t); & k=0 \\ 0 & k \geq 1. \end{cases} \end{aligned} \quad (1,15)$$

Решение задачи (1,13) — (1,15) можно записать в виде [2]

$$\begin{aligned} v_k &= -4 \int_0^t \frac{\partial P_k(\theta, \tau)}{\partial \theta} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\pi x}{\pi(2n-1)} \exp \left[-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 (t-\tau)}{h_2} \right] d\tau + \\ &+ \Phi_k(x, \theta, t), \end{aligned} \quad (1,16)$$

$$\Phi_k = h^2 \int_0^t \int_0^1 f_k(y, \theta, \tau) G(x, y, \theta, t-\tau) dy d\tau + \int_0^t \varphi_k(\tau) \frac{\partial G(x, 0, \theta, t-\tau)}{\partial y} d\tau, \quad (1,17)$$

$$G(x, y, \theta, t) = \frac{2}{h^2} \sum_{n=1}^{\infty} e^{\frac{-\pi^2 n^2 t}{h^2(\theta)}} \sin \pi n x \cdot \sin \pi n y, \quad (1,18)$$

$$u_k = -\frac{\partial}{\partial \theta} \int_0^x h v_k(y, \theta, t) dy - x v_k \eta \sin \theta. \quad (1,19)$$

§ 2. Нахождение гидродинамического давления и расхода жидкости. Удовлетворим u_k граничному условию $u_k=0$ при $x=1$. Будем иметь

$$\int_0^1 v_k(y, \theta, t) dy = \frac{X_k(t)}{h(\theta)}, \quad (2,1)$$

где $X_k(t)$ — неизвестная функция (расход), для определения которой осталось условие периодичности давления.

Введя (1,16) в (2,1), получим интегральное уравнение Вольтерра первого рода. Решая это уравнение средствами операционного исчисления [2, 3], получим

$$\frac{\partial P_k}{\partial \theta} = \frac{4}{h^2} \frac{\partial}{\partial t} \int_0^t \left[\psi_k(\theta, \tau) + \frac{X_k(\tau)}{h} \right] \left[3 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \exp \left[-\frac{4\mu_n^2(t-\tau)}{h^2} \right] \right] d\tau, \quad (2,2)$$

$$X_k(t) = \frac{d}{dt} \int_0^t F_k(\tau) K(t-\tau) d\tau, \quad K(t) = s \left[\int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{h^2(\theta) \bar{g} \left(\frac{h^2}{4} s \right)} \right]^{-1}, \quad (2,3)$$

$$F_k(t) = \int_0^t \int_0^{2\pi} \frac{\psi_k(\theta, \tau)}{h^2(\theta)} \left[3 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \exp \left[-\frac{4\mu_n^2(t-\tau)}{h^2(\theta)} \right] \right] d\theta d\tau, \quad (2,4)$$

$$\psi_k(\theta, t) = - \int_0^1 \Phi_k(x, \theta, t) dx, \quad \bar{g}(s) = \frac{\sqrt{s} - ths}{s\sqrt{s}}; \quad (2,5)$$

μ_k — корни уравнения $x = tgx$.

Введем (2,4) в (2,3) и результат подставим в (2,2). В полученной формуле поменяем порядок интегрирования с помощью формул Дирхле [4].

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_k}{\partial \theta} &= \frac{12\psi_k(\theta, t)}{h^2(\theta)} - \frac{3\delta}{h^2(\theta)} \int_0^t \int_0^{2\pi} \frac{\psi_k(\varphi, t-\tau) K(\tau)}{h^2(\varphi)} d\varphi d\tau + \\ &+ 4 \frac{d}{dt} \int_0^t \psi_k(\theta, t-\tau) S(\theta, \tau) d\tau - \frac{12}{h^2(\theta)} \frac{d}{dt} \int_0^t \int_0^{2\pi} \psi_k(\mu, t-\tau) T(\varphi, \tau) d\varphi d\tau - \\ &- \frac{12}{h(\theta)} \frac{d}{dt} \int_0^t \int_0^{2\pi} \frac{\psi_k(\varphi, t-\tau)}{h^2(\varphi)} T(\varphi, \tau) d\varphi d\tau - \\ &- \frac{4}{h(\theta)} \frac{\partial}{\partial t} \left[\int_0^t \int_0^{2\pi} \psi_k(\varphi, t-\tau) T(\varphi, \tau) S(\theta, \tau) d\varphi d\tau + \right. \\ &\left. + \int_0^t \int_0^{2\pi} \psi_k(\varphi, t-\tau) \int_0^{\tau} S(\theta, \tau-\delta) \frac{\partial T(\varphi, \delta)}{\partial \delta} d\delta d\varphi d\tau, \right] \end{aligned} \quad (2,6)$$

где

$$S(\theta, t) = \frac{2}{h^2(\theta)} \sum_{n=1}^{\infty} \exp \left[-\frac{4\mu_n^2 t}{h^2(\theta)} \right], \quad T(\theta, t) = \int_0^t S(\theta, \tau) K(t-\tau) d\tau. \quad (2,7)$$

Нетрудно убедиться в абсолютной интегрируемости по t от 0 до ∞ ядер, входящих в (2,6). Относительно $S(\theta, t)$ это обстоятельство очевидно, т. к. $\mu_n \sim \pi n$ при $n \rightarrow \infty$. Доказательство интегрируемости $T(\theta, t)$ сводится к доказательству интегрируемости $K(t)$, т. к. свертка абсолютно интегрируемых функций абсолютно интегрируема [5]. Поэтому

после доказательства интегрируемости $K(t)$ остается найти $T(\varphi, 0)$ и доказать интегрируемость

$$N(\theta, t\varphi) = \int_0^t S(\theta, t-\tau) \frac{\partial T(\varphi, \tau)}{\partial \tau} d\tau \quad (2,8)$$

Опуская доказательства [6, 7, 8] интегрируемости ядра $K(t)$, отметим, что существуют такие постоянные $C > 0$ и $\delta > 0$, что ядра $K(t), S(\theta, t), N(\theta, t, \varphi), T(\varphi, t)$ удовлетворяют оценке

$$|K(t)| \leq \frac{C}{\sqrt{t}} e^{-\delta t}, \quad |S(\theta, t)| \leq \frac{c}{\sqrt{t}} e^{-\delta t}, \quad (2,9)$$

$$|N(\theta, t, \varphi)| < C e^{-\delta t}, \quad |T(\varphi, t)| < C e^{-\delta t}.$$

Вычислим значение $T(\varphi, 0)$, входящее в (2,7)

$$T(\varphi, 0) = \lim_{t \rightarrow 0} \int_0^t K(\tau) S(\varphi, t-\tau) d\tau.$$

Из оценок (2,9) следует, что этот предел существует. Тогда на основании формул (2,3), (2,5), и (2,7) получим

$$T(\varphi, 0) = \lim_{s \rightarrow \infty} \bar{T}(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{1}{s} \bar{K} \bar{S} = \frac{\sqrt{1-\eta^2}}{2\pi}. \quad (2,10)$$

На основании (2,10) в четвертом, пятом и седьмом слагаемых в (2,6) можно продифференцировать под знаком интеграла за счет ядра и провести оценку, используя абсолютную интегрируемость производной. Например,

$$\left| \frac{12}{h^2} \frac{d}{dt} \int_0^t \int_0^{2\pi} \psi_k(\varphi, \tau) T(\varphi, t-\tau) d\varphi d\tau \right| \leq C \max_{\theta, t} |\psi_k| \quad (2,11)$$

Оценке (2,11) удовлетворяют все слагаемые в (2,6) кроме третьего и шестого, которые аналогичны друг другу и достаточно рассмотреть одно из них. Непосредственным вычислением легко можно убедиться, что

$$\left| 4 \frac{\partial}{\partial t} \int_0^t \psi_k(\theta, t-\tau) S(\theta, \tau) d\tau \right| \leq C \|f_k\|. \quad (2,12)$$

Такой же оценке удовлетворяет и шестое слагаемое в (2,6). Из (1,17), (1,18) и (2,5) следует, что

$$\| \Phi_k \| \leq C \| f_k \|, \quad \| \psi_k \| \leq C \| f_k \|. \quad (2,13)$$

§ 3. Доказательство сходимости рядов (1,12)
Учитывая (2,11), (2,12) из (2,6), (1,19), находим

$$\left\| \frac{\partial p_k}{\partial \theta} \right\| \leq C \|f_k\|, \quad \|v_k\| \leq C \|f_k\|, \quad \|u_k\| \leq C \|f_k\|. \quad (3,1)$$

В результате

$$\|f_0\| \leq C_0, \quad \|f_k\| \leq C \left(\|f_{k-1}\| + \sum_{n=0}^{k-1} \|f_n\| \right),$$

где

$$C_0 = \max_{\theta, t} \left| \int_0^t \varphi(\tau) \frac{\partial G(x, 0, \theta, t - \tau)}{\partial y} d\tau \right|. \quad (3,2)$$

Этот интеграл сходится в силу условия $\varphi'(0)=1$, а если кроме этого $\varphi(0) < C$ при $0 \leq t \leq \infty$, то C_0 не зависит от t и θ . В постоянную C , входящую в (3,2), входят оценки $\|v^0\|$ и $\|u^0\|$ решений задачи об установившемся движении, т. е. постоянная A — характеристика пластичности.

Рассмотрим квадратное уравнение

$$CRx^2 + CRx - x + C_0 = 0. \quad (3,4)$$

При $R \rightarrow 0$ это уравнение имеет корень C_0 .

Подставим в (3,4) ряд

$$x = \sum_{k=1}^{\infty} R^k x_k + C_0. \quad (3,5)$$

Получим для x_k рекуррентное соотношение (3,2). Поэтому радиус сходимости ряда (3,5) определяется условием

$$C^2 R^2 - 2C(1 + 2C_0)R + 1 \geq 0. \quad (3,6)$$

Поскольку при любом $C_0 > 0$, $1 + 2C_0 > 2\sqrt{C_0 + C_0^2}$. Ряды (1,12) имеют отличный от нуля радиус сходимости $0 \leq R \leq (1 + 2C_0 - 2\sqrt{C_0 + C_0^2}) / C$. При любой ограниченной функции $\varphi(t)$, удовлетворяющей условию $\varphi'(0)=1$. Неравенство (3,6) удовлетворяется и при $R \geq (1 + 2C_0 + 2\sqrt{C_0 + C_0^2}) / 2$. Однако соответствующий корень уравнения (3,4) не стремится к C_0 при $R \rightarrow 0$. Поэтому в этом случае сходимость рядов (1,12) сомнительна.

Найдем момент пары трения действующей на шип

$$L_{тр} = \frac{\mu_0 r_1^3}{\delta} \int_0^{2\pi} \frac{1}{h(\theta)} \frac{\partial v^1}{\partial x} \bigg|_{x=0} d\theta - 2\tau_0 \pi r_1^2. \quad (3,7)$$

Формула (3,7) справедлива лишь при условии, когда $\partial v^1 / \partial x \neq 0$ во всем пространстве между шипом и подшипником. Это требование выполняется при условии [9] $\eta < \eta_{кр}$, где $\eta_{кр}$ является положительным корнем уравнения

$$\eta^3 + 4\eta^2 + 2\eta - 1 - \eta(1 - \eta^2)^{1/2} A = 0.$$

Литература

1. Огибалов М. М., Мирзаджанзаде А. Х. Нестационарные движения вязко-пластичных сред. М., 19. 2. СМБ линейные уравнения математической физики. Изд-во "Наука", М., 1964. 3. Уиттекер Е. Т., Ватсон Г. Н. Курс современного анализа, ч. I и II. Физматгиз, 1963. 4. Смирнов В. И. Курс высшей математики, т. I. Изд-во "Наука", М., 1974. 5. Харди Г. Х. Расходящиеся ряды. ИЛ, 1955. 6. Ахизер Н. И. Элементы теории эллиптических функций. Изд-во "Наука", М., 1970. 7. Эрдейи. Асимптотические разложения. Физматгиз, 1962. 8. Диткин, Прудников. Операционное исчисление. Изд-во "Высшая школа", М., 1975. 9. Лойц-янский Л. Г. Механика жидкости и газа. Физматгиз, 1973.

Рост. ин-т жел. трансп.

Поступило 13.I 1977

К. С. Ахвердиев

ШИП ВЭ ПОДШИПНИК АРАСЫНДА ӨЗЛҮЛҮ-ПЛАСТИК МАЈЕНИН ГЭРАРЛАШМАМЫШ ҺЭРЭКЭТИНИН ГЕЛРИ-ХЭТТИ МЭСЭЛЭСИ

Мәғаләдә өзлүлү-пластик мајенин ики сонсуз эксцентрик цилиндрләр арасында һәрәкәти мәсәләсинә бахылып. Бурада харици цилиндр (подшипник) тәрпәнмәздир. Дахили (шип) исә верилмиш фырланма һәрәкәтиндә олур.

K. S. Akhverdiyev

NON-LINEAR PROBLEM CONCERNING THE NONSTABILIZED MOTION OF THE VISCOUS-PLASTIC FLUID BETWEEN THE PIN AND BEARING

The motion of the viscous-plastic fluid between two infinite excentric cylinders, one of them (a bearing) at rest and the other (the inner one—a pin) performing the task of twisting.

Oscillations is being discussed.

УДК 621.315—592

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ
И ДИЭЛЕКТРИКОВ

Чл.-корр. АН СССР Г. Б. АБДУЛЛАЕВ, К. Р. АЛЛАХВЕРДИЕВ,
Е. А. ВИНОГРАДОВ, Г. Н. ЖИЖИН, Н. Н. МЕЛЬНИК, Р. Х. НАНИ,
Э. Ю. САЛАЕВ, Р. М. САРДАРЛЫ

О ВОЗМОЖНОСТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В TiGaSe_2

В [1] опубликованы результаты подробных исследований оптических фононов при $T=300^\circ\text{K}$, позволившие уточнить пространственную группу симметрии широкозонного полупроводникового соединения TiGaSe_2 , обладающего структурой слоистого типа. В настоящей работе проведены исследования спектра фононов TiGaSe_2 в широком интервале температур. Результаты низкотемпературных ($300-85^\circ\text{K}$) измерений приводятся впервые. Исследования проведены с применением методов длинноволновой инфракрасной (ДИК) и спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС).

Отражение и пропускание кристаллов TiGaSe_2 измерялось в геометрии $\vec{E} \perp \vec{C}$ (где $\vec{E}$ — вектор электрического поля падающей электромагнитной волны, $\vec{C}$ — направление перпендикулярной плоскости преимущественного скалывания, и совпадающее с направлением оптической оси) с использованием дифракционных FIS—3, FIS—21 и Фурье FS—720 спектрофотометров в области $(400-10) \text{ см}^{-1}$. Разрешение во всей исследованной области спектра было не хуже 2 см^{-1} . Частоты осцилляторов определены из анализа спектров отражения по соотношению Крамерса—Кронига. Частоты продольных (LO) оптических фононов найдены по максимумам функции $J_m(-\varepsilon^{-1})$. Из функции $\varepsilon_2(\omega)$ мнимой части диэлектрической проницаемости определены значения частот поперечных (TO) оптических фононов. Геометрия эксперимента позволяла регистрировать только фононы, поляризованные в плоскости преимущественного скалывания. Для исследований были выбраны монокристаллы с удельным сопротивлением $\rho \approx 10^4 \text{ ом.см.}$, чтобы можно было не рассматривать электрон-фононное взаимодействие. Комбинационное рассеяние света в интервале температур $300^\circ\text{K}-85^\circ\text{K}$ было измерено с помощью спектрометра РНО фирмы Кодерг. Спектр КРС возбуждался линией $\lambda=6328 \text{ Å}$ He—Ne лазера. Спектры КРС измерялись при одной установке образца в криостате без переустroйвок, один за другим с шагом по температуре 2° и стабилизацией каждой промежуточной температуры не хуже $\pm 1^\circ$.

На рис. 1 приведены спектры КРС TiGaSe_2 в геометрии $x(yz)y$ при различных температурах. Приводим отличительные особенности спектров (рис. 1):

1. Для заданной геометрии рассеяния не происходит заметного изменения общего числа линий при охлаждении кристалла от комнатной температуры до температуры 100°K .

2. При охлаждении кристалла ниже 100°K в спектрах КРС появляются три новые линии с частотами 46, 237, 243 см^{-1} .

3. Интенсивность этих линий с понижением температуры возрастает без заметного изменения по частоте в интервале температур $95-86^\circ\text{K}$.

4. Нагрев кристалла до комнатной температуры и последующее охлаждение показывает обратимость появления новых линий в спектрах КРС.

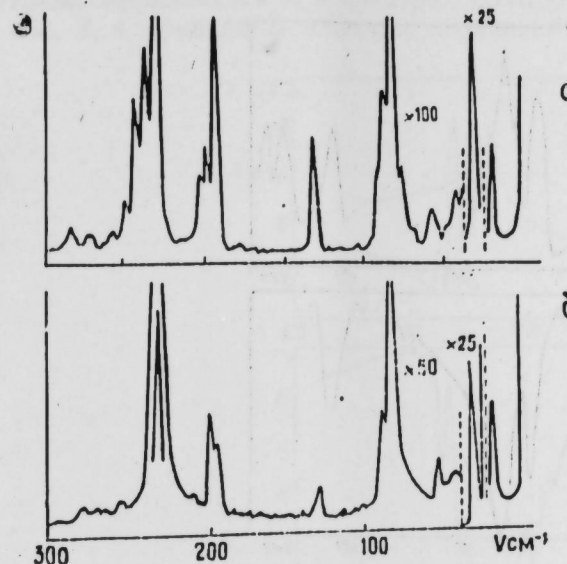


Рис. 1. Спектры КРС кристаллами TiGaSe_2 при различных температурах: 85°K (а); 300°K (б) в геометрии $x(yz)y$.

На рис. 2а приведены температурные зависимости интенсивностей линий с частотами 46, 237, 243 см^{-1} . Видно, что с понижением температуры заметное возрастание интенсивностей происходит в узком интервале температур ($95-86^\circ\text{K}$). При дальнейшем понижении температуры кристалла, по крайней мере, до 80°K интенсивность линий 237 и 243 см^{-1} почти не

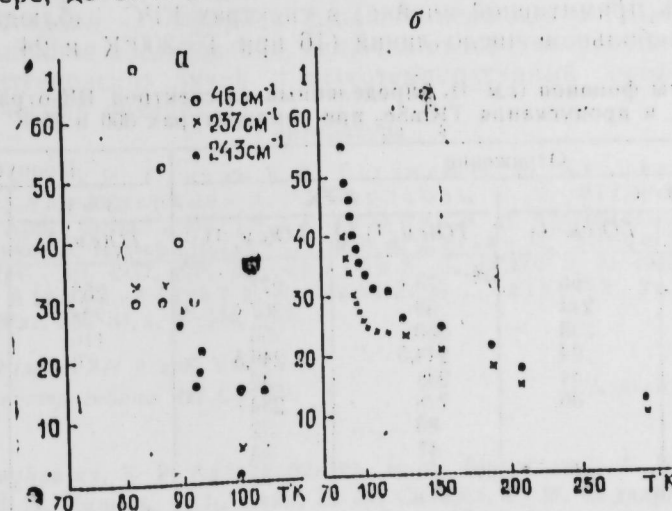


Рис. 2. а — температурные зависимости интенсивностей линий с частотами 243, 237 и 46 см^{-1} ; б — температурная зависимость интенсивности релеевской линии для двух геометрий рассеяния.

зависит от температуры. Такое поведение интенсивности названных линий можно было бы объяснить существованием структурного фазового перехода у соединения TiGaSe_2 в интервале температур 95–86°K. Переход, очевидно, сопровождается понижением симметрии кристалла,

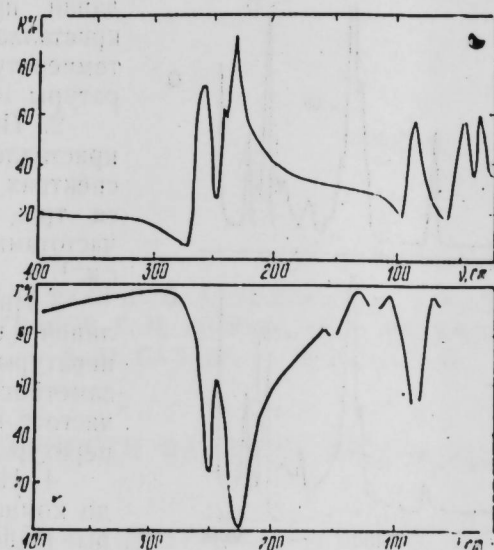


Рис. 3. Спектры отражения и пропускания TiGaSe_2 при комнатной температуре. Спектр пропускания приведен для кристалла толщиной ~ 1 мм.

что приводит к возникновению новых линий с частотами 46, 237, 243 см^{-1} . В пользу низкотемпературного фазового перехода TiGaSe_2 могут говорить также и температурные зависимости интенсивностей Релеевской линии, снятые для двух поляризаций и приведенные на рис. 2б. Отметим, что несмотря на сложную структуру TiGaSe_2 [2] (64 атома в примитивной ячейке) в спектрах КРС наблюдается сравнительно небольшое число линий (16 при $T=300^\circ\text{K}$ и 24 при 80°K).

Частоты фононов (см^{-1}), определенные из спектров ИК-отражения и пропускания TiGaSe_2 при температурах 300 и 85°K

Отражение				Пропускание	
300°K		85°K		300°K	85°K
TO(см^{-1})	LO(см^{-1})	TO(см^{-1})	LO(см^{-1})	TO(см^{-1})	LO(см^{-1})
252	266	273	277	253	275
241	244	258	267	228	260
228	233	250	253	116	250
86	94	244,5	246,5	86	238
43	54	238	242		230
31	36	228	234		200
		86	92		118
		47	53		88
		30	37		

Небольшое число линий в спектре можно объяснить с точки зрения развитых в последнее время представлений о том [3, 4], что энергетический спектр фононов в слоистых кристаллах формируется за счет взаимодействия атомов внутри одного слоя, а межслоевые взаимо-

действия приводят лишь в Давыдовскому расщеплению [5] линий этого спектра на число компонент, равное числу слоев в примитивной ячейке.

Возникновение нового числа линий при охлаждении кристалла также проявляется и в спектрах ДИК отражения и пропускания. На рис. 3, 4 приведены спектры отражения и пропускания кристаллов

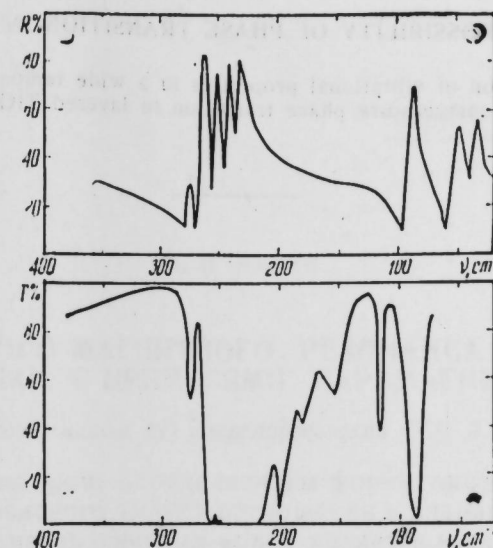


Рис. 4. Спектры отражения и пропускания TiGaSe_2 при температуре 85°K. Спектр пропускания приведен для кристалла толщиной ~ 1 мм.

TiGaSe_2 различной толщины при температуре 300 и 85°K. Мы обнаружили шесть полос отражения вместо четырех, о которых сообщалось ранее в [6]. В таблице приведены частоты фононов, определенные из измерений ИК-отражения и пропускания кристаллов TiGaSe_2 при $T=300$ и 85°K .

Для установления природы фазового перехода в TiGaSe_2 необходимы дальнейшие исследования, включая низкотемпературные по дифракции рентгеновских лучей и низкотемпературный дифференциальный термический анализ.

Литература

1. Маурин Б. Н., Стерин Х. Е., Гасанлы Н. М., Халафов З. Д., Салаев Э. Ю., Аллахвердиев К. Р., Сардарлы Р. М. ФТТ, 1977. 2. Isaacs T. G. J. Appl. Cryst. 6, 413, 1973. 3. Лазарев А. И. Колебательные спектры и строение силикатов, Изд-во „Наука“, Л., 1968. 4. Zallen R., Slade M. L., Ward A. T. Phys. Rev., 3B, 4257, 1971. 5. Давыдов А. С. ЖЭТФ 2, 40, 1948. 6. Abdullaev G. B., Allahverdiev K. R., Nani R. Kh., Salayev E. Yu., Sardarly R. M. Phys. Stat. Sol. 34 a, K 115, 1976.

Институт физики АН Азерб. ССР,
Институт спектроскопии АН СССР

Поступило 30.VI 1977

И. Б. Абдуллаев, К. Р. Аллахвердиев, Е. А. Виноградов, Г. Н. Жижин,
Н. Н. Мелник, Р. И. Нани, Е. Ю. Салаев, Р. М. Сардарлы

TiGaSe_2 -дә ФАНЗ КЕЧИДИНИН МҮМКҮНЛҮҮ НАГГЫНДА

Мағаләдә температуран 300°, 80°K областында кенннзоналы жарымкечирини бирләшмә TiGaSe_2 -нин оптика фононлары тәдгиг едилмишдир. Өлчү узундалгалы инфрагырмызы вә ишыгын комбинациялары сәпәләнмәси электроскопијасы методу нлә апарылымшдыр.

Экспериментал изтичләрдин анализі табәғәли бирләшмә TiGaSe_2 -нин ашагы температурду фаза кечидинини мөвчудлуғу гәрәрини чыхарылмасына кәтирир.

G. B. Abdullaev, K. R. Allakhverdiev, E. A. Vinogradov, G. N. Zhizhin,
N. N. Melnick, R. Kh. Nani, E. Yu. Salaev, R. M. Sardarly

ON A POSSIBILITY OF PHASE TRANSITION IN TiGaSe_2

The investigation of vibrational properties in a wide temperature region revealed a possibility of low temperature phase transition in layered TiGaSe_2 .

АЗЕРБАЙДЖАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘРҮЗӘЛӘРІ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXIII ЧИЛД

№ 11

1977

УДК 539.143.43

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

М. И. АЛИЕВ

ТЕОРИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В ДИАМАГНИТНЫХ КРИСТАЛЛАХ С ПРИМЕСЯМИ ПАРАМАГНИТНЫХ ИОНОВ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Л. М. Имановым)

Основным фактором, определяющим форму линии (ФЛ) ядерного магнитного резонансного (ЯМР) поглощения в диамагнитных кристаллах с примесями парамагнитных ионов является взаимодействие ядерных спинов с электронными спинами примесей. Это взаимодействие происходит следующим образом: электронные спины создают на месте расположения ядер флуктуирующее магнитное поле, с которым взаимодействуют ядерные спины. Результат взаимодействия и как следствие ФЛ ЯМР будет сильно зависеть от скорости флуктуации локального магнитного поля. Это связано с тем обстоятельством, что в случае быстрой флуктуации электронных переменных ядерный спин "чувствует" среднее значение электронного спина, а при медленной флуктуации ядерной спина "чувствует" одно из двух значений проекции спина электрона. Естественно, и эффект воздействия локального магнитного поля на ядерные спины в этих двух случаях будет разным.

ФЛ магнитного резонанса на собственных ядрах парамагнитных ионов в диамагнетиках при произвольных флуктуациях локального поля была вычислена в работе [1] методом функций Грина (ФГ).

Целью данной работы является вычисление ФЛ магнитного резонанса на ядрах диамагнитных атомов в диамагнетиках с примесями парамагнитных ионов. Будем рассматривать произвольные флуктуации локального поля, полагая, что они обусловлены взаимодействием электронных спинов с кристаллической решеткой и между собой.

Вычисление ФЛ проводится методом ФГ. Согласно этому методу ФЛ поглощения определяется мнимой частью соответствующей запаздывающей ФГ. Соответствующая нашей задаче ФГ имеет следующий вид

$$\langle\langle I_c^-(t)/I_c^+(t') \rangle\rangle = i\delta(t-t') \langle [I_c^-(+), I_c^+(t')] \rangle \quad (1)$$

Запаздывающую ФГ $\langle\langle I_c^-(t)/I_c^+(t') \rangle\rangle$ отыщем, составив цепочку зацепляющихся уравнений движения для антикоммутирующей ФГ (1). Для составления цепочки зацепляющихся уравнений движения необходимо записать гамильтониан системы

$$H = H_0 + H_n + H_p + H_{cf} + H_{cc} + H_{cn}, \quad (2)$$

здесь $H_э, H_n, H_p, H_{cl}, H_{cc}, H_{cn}$ — гамильтонианы системы электронных и ядерных спинов во внешнем магнитном поле, поля фононов, спин-фононного, спин-спинового и электрон-ядерного спин-спинового взаимодействия, соответственно.

$$H_э = \hbar \omega_э \sum_i S_i^z \quad (3.1) \quad H_n = \hbar \omega_n \sum_i I_i^z \quad (3.2)$$

$$H_p = \sum_{q\sigma} \hbar \omega_{q\sigma} \theta_{q\sigma}^+ \theta_{q\sigma} \quad (3.3)$$

$$H_{cc} = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} [A_{ij} S_i^+ S_j^+ + \frac{1}{2} B_{ij} (S_i^+ S_j^- + S_i^- S_j^+)] \quad (3.4)$$

$$H_{cn} = \frac{1}{2} \sum_{k \neq k'} [a_{kk'} S_k^+ I_{k'}^+ + \frac{1}{2} B_{kk'} (S_k^+ I_{k'}^- + S_k^- I_{k'}^+)] \quad (3.5)$$

Здесь $S^{\pm}, S^z$ — спинные операторы, $\omega_э$ — ларморова частота, ∂_e — ∂ — фактор, β_e — магнетон Бора*. Эти величины электронные. $I^{\pm}, I^z, \partial_n, \beta_n$ — соответствующие ядерные величины, $\omega_{q\sigma}$ — частота фонона с волновым вектором q и поляризацией σ ; $\theta_{q\sigma}^+, \theta_{q\sigma}$ — операторы рождения и уничтожения фононов; A_{ij}, B_{ij} — хорошо известные коэффициенты спин-спинового взаимодействия электронов [2], $a_{kk'}, \theta_{kk'}$ — коэффициенты взаимодействия электронных и ядерных спинов. Ядерный и электронный

спин $I = \frac{1}{2}$; $S = \frac{1}{2}$; постоянное внешнее магнитное поле H/t . H_{cf} —

для случая $S = \frac{1}{2}$ записан в работе [3]

$$H_{cf} = i \sum_{q\sigma} q \left(\frac{\hbar}{2\rho V \omega_{q\sigma}} \right)^{1/2} e^{iqz} (\theta_{q\sigma} - \theta_{-q\sigma}^+) \quad (4)$$

$$(S^+ \partial_{xz}^+ + S^+ \partial_{xz}^- + S^- \partial_{xz}^+)$$

здесь ρ, V — плотность и объем кристалла, $\partial_{xz}^{\pm} = \frac{1}{2} (\partial_{xz}^+ \pm \partial_{xz}^-)$

$$\partial_{xz}^{\pm} = \frac{1}{2} \sum_{\beta\gamma\sigma} H_{\beta\gamma\sigma} G_{\alpha\beta\gamma\sigma} (x_{\sigma} e_{\gamma} + x_{\gamma} e_{\sigma}); x_{\sigma} = \frac{q}{q}$$

$G_{\alpha\beta\gamma\sigma}$ — тензор четвертого ранга, характеризующий спин-фононное взаимодействие, e — вектор поляризации фонона, $\underline{r}$ — радиус-вектор узла, где находится парамагнитный ион.

Имея явный вид гамильтониана (1), легко записать цепочку зацепляющихся уравнений для антикоммутаторной ФГ $\langle\langle I_e^-(t)/I_e^+(t') \rangle\rangle$

$$(E - \omega_n) \langle\langle I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle = -\sigma_{ee'} + \frac{1}{2\hbar} \sum_k a_{ke} \langle\langle S_k^+ I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle - \frac{1}{2\hbar} \sum_k \theta_{ke} \langle\langle S_k^- I_e^+/I_e^+ \rangle\rangle \quad (5)$$

Для корректного решения (5) будем пользоваться нестандартной теорией возмущения для ФГ. Вводим массовые операторы $M_1(E)$ и $M_2(E)$ и переписываем (5) в следующем виде

$$(E - \omega_n - M_1 - M_2) \langle\langle I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle = -\sigma_{ee'} \quad (6)$$

После такой записи сложная процедура расщепления цепочки сводится к отысканию $M_1(E)$ и $M_2(E)$. Уравнения (5) и (6) дают

$$M_1(E) \langle\langle I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle = \frac{1}{2\hbar} \sum_k a_{ke} \langle\langle S_k^+ I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle \quad (7)$$

$$M_2(E) \langle\langle I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle = -\frac{1}{2\hbar} \sum_k \theta_{ke} \langle\langle S_k^- I_e^+/I_e^+ \rangle\rangle \quad (8)$$

Для отыскания $M_1(E)$ дифференцируем ФГ $\langle\langle S_k^+ I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle$ по второму временному аргументу

$$-(E - \omega_n) \langle\langle S_k^+ I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle = \langle S_k^+ \rangle \sigma_{ee'} - \frac{1}{2\hbar} \sum_{k_1} a_{k_1 e'} \cdot \langle\langle S_k^+ I_e^-/S_{k_1}^+ I_{e'}^+ \rangle\rangle \quad (9)$$

Из уравнений (7) и (9) получаем:

$$M_1(E) \langle\langle I_e^-/I_e^+ \rangle\rangle = \frac{-1}{E - \omega_n} \left(\frac{1}{2\hbar} \langle S^z \rangle \sigma_{ee'} \sum_k a_{ke} \right) - \frac{1}{4\hbar^2} \sum_{kk_1} a_{ke} a_{k_1 e'} \langle\langle S_k^z I_e^-/S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle \quad (10)$$

Для получения явного выражения $M_1(E)$ необходимо вычислить $\langle\langle S_k^z I_e^-/S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle$ с учетом взаимодействий

$$(E - \omega_n - \frac{1}{2\hbar} \langle S^z \rangle \sum_k a_{ke}) \langle\langle S_k^z I_e^-/S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle = -\delta_{ee'}^{-1} \langle S_k^z S_{k_1}^z \rangle + \frac{i}{\hbar} \sum_{q\sigma} q \left(\frac{\hbar}{2\rho V \omega_{q\sigma}} \right)^{1/2} e^{iqz} \left\{ g_{z\sigma}^- \langle\langle S_k^+ I_e^- (b_{q\sigma} - b_{-q\sigma}^+) | S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle - \right. \quad (11)$$

$$\left. - g_{z\sigma}^+ \langle\langle S_k^- I_e^+ (b_{q\sigma} - b_{-q\sigma}^+) | S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle \right\}$$

Здесь и дальше мы опускаем нулевые в данном приближении ФГ. Вводим поляризационный оператор $P_1(E)$ и переписываем (11) в следующем виде:

$$(E - \omega_n - \langle S^z \rangle \frac{1}{2\hbar} \sum_k a_{ke} - P_1) \langle\langle S_k^z I_e^-/S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle = -\delta_{ee'} \langle S_k^z S_{k_1}^z \rangle \quad (12)$$

Здесь $P_1(E)$ — удовлетворяет уравнению

$$P_1(E) \langle\langle S_k^z I_e^-/S_{k_1}^z I_{e'}^+ \rangle\rangle = \frac{i}{\hbar} \sum_{q\sigma} q \left(\frac{\hbar}{2\rho V \omega_{q\sigma}} \right)^{1/2} e^{iqz} \quad (12, 1)$$

* $\hbar$ — везде обозначает постоянную Планка, деленную на 2π .

$$\cdot [g_{\pm} \ll S_k^+ I_e^-(b_{q\pm} - b_{-q\pm}) | S_k^+ I_e^+ \gg - g_{\pm} \ll (b_{q\pm} - b_{-q\pm}) S_k^- I_e^- | S_k^+ I_e^+ \gg]$$

Если $P_1(E)$ считать известным, то уравнение (12) дает явное выражение для $\ll S_k^+ I_e^- | S_k^+ I_e^+ \gg$ (вычисление $P_1(E)$ нами было проведено в работе [1]).

Помножив (10) справа на обратную ФГ и используя (12), получаем

$$M_1(E) = a_z + \frac{a^2}{\omega_1^1 - P_1(E)} \quad (13)$$

$$a_z = \frac{1}{2h} \langle S^z \rangle \sum_k a_{ke} \quad (13,1)$$

где

$$a_0^2 = \frac{1}{4h^2} \left(\frac{1}{4} - \langle S^z \rangle^2 \right) \sum_k a_{ke}^2 \quad (13,2)$$

$$a^2 = a_z^2 + a_0^2 \quad (13,3)$$

$$\omega_1^1 = E - \omega_n - a_z \quad (13,4)$$

При помощи аналогичных вычислений находим выражения для $M_2(E)$

$$M_2(E) = \frac{b^2}{\omega_2^1 - P_2}; \quad b^2 = \frac{1}{16h^2} \sum_k b_{ke}^2, \quad (14)$$

где $\omega_2^1 = E - \omega_n$, $P_2 = P_{21} + P_{22}$. Поляризационные операторы P_{21} и P_{22} найдены в работах [4,5].

Уравнения (6), (13) и (17) дают выражение для антикоммутаторной

$$\text{ФГ (1)} \ll I_e^- | I_e^+ \gg = \frac{(\omega_1^1 - P_1)(\omega_2^1 - P_2)}{a^2(\omega_2^1 - P_2) + b^2(\omega_1^1 - P_1) - \omega_1^1(\omega_1^1 - P_1)(\omega_2^1 - P_2)} \quad (15)$$

Используя известные соотношения, связывающие антикоммутаторные ФГ с запаздывающими [6], находим запаздывающую ФГ, затем ее мнимую часть, которая дает ФЛ резонансного поглощения

$$F(\omega) = \frac{a_z(\omega_2^2 + \gamma_2^2)\gamma_1 + b^2(\omega_1^2 + \gamma_1^2)\gamma_2}{(\omega_2^2 + \gamma_2^2)[(\omega_1^2 - a^2)^2 + \omega_1^2\gamma_1^2] + b^2(\omega_1^2 + \gamma_1^2)(b^2 - 2\omega_1\omega_2) + 2a^2b^2(\omega_1\omega_2 + \gamma_1\gamma_2)} \quad (16)$$

$$\text{здесь } \omega_1 = \omega - \omega_n - a_z \quad (16,1) \quad \omega_2 = \omega - \omega_n \quad (16,2) \quad \gamma_1 = I_m P_1(\omega) \quad (16,3) \quad \gamma_2 = I_m P_2(\omega).$$

Как видно из (16), для случая произвольных флуктуаций локального поля ФЛ получается достаточно сложной и ее трудно сравнивать с формой какой-либо хорошо известной кривой. Если считать, что электронное спин-спиновое взаимодействие слабо и не учитывать несекулярную часть электронно-ядерного взаимодействия $b=0$, $\gamma_2=0$ ФЛ получается следующей:

$$F(\omega) = \frac{a^2\gamma_1}{(\omega_1^2 - a^2)^2 + \omega_1^2\gamma_1^2} \quad (17)$$

Рассмотрим ФЛ в предельных случаях быстрой и медленной флуктуаций электронных переменных. Если электронные переменные флуктуируют достаточно быстро, то $\gamma_1^2 \gg a^2$, $\gamma_2^2 \gg b^2$ и для ФЛ имеем:

$$F(\omega) = \frac{\frac{a^2}{\gamma_1} + \frac{b^2}{\gamma_2}}{\omega_1^2 + \left(\frac{a^2}{\gamma_1} + \frac{b^2}{\gamma_2} \right)^2} \quad (18)$$

В этом случае ФЛ получается лоренцевой с полушириной на полувысоте, равной $\delta_1 = \frac{a^2}{\gamma_1} + \frac{b^2}{\gamma_2}$. В обратном предельном случае медлен-

ных флуктуаций для ФЛ находим: $F\omega = \frac{\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}}{(\omega_1 - a)^2 + \frac{(\gamma_1 + \gamma_2)^2}{2}} \quad (19)$

Линия получается лоренцевой с полушириной на полувысоте, равной

$$\delta_2 = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$$

Литература

1. Алиев М. Н. ФТТ, 11, 81, 1969.
2. Абрагам А. Ядерный магнетизм. ИЛ, 1961.
3. Кочелав Б. И. Сб. "Парамагнитный резонанс". Казань, 1964.
4. Milman M. Mc. W. Oreschowski. Canad. J. Phys., 38, 1168, 1973.
5. Алиев М. Н., Костюк Н. Д. Уч. зап. АГУ, № 3, 1973.
6. Тябликов С. В. Квантовая теория магнетизма, Изд-во "Наука", М; 1975.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 7. VII 1977

М. Н. Әлиев

ПАРАМАГНИТ АШГАРЛЫ ДИАМАГНИТ КРИСТАЛЛАРДА НҮВӘ МАГНИТ РЕЗОНАНСЫ НЭЗӘРИЈЛӘСИ

Мәгәлләдә параманит ашгарлы диамагнит кристалларда нүвә магнит резонанс әрисиини формасы тәдгиг едилишидир. Ајдын олмушдур ки, резонанс әриси электронларын јаратдығы локал магнит сәһәсинин сүрәтли вә јаваш флуктасијасында ујғун оларат јарым ен јарым һүндүрлүкдә

$$\left[\frac{1}{4h^2} \left(\frac{1}{4} - \langle S^z \rangle^2 \right) \sum_{k \neq k'} a_{ke} a_{k'e} \right] \frac{1}{\gamma_1} + \left[\frac{1}{16h^2} \sum_k b_{ke}^2 \right] \frac{1}{\gamma_2} \text{ вә } \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$$

олан лоренс әрисиини. Бурада a_{ke} , b_{ke} — нүвә-электрон гаршылыгы тәсир әмсаллары, γ_1 вә γ_2 электрон спинини электрон-электрон вә электрон-фенон гаршылыгы тәсирини нәтижәсиндә кечид еһтималларидыр.

М. N. Aliiev

THEORY OF THE NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE IN CRYSTALS WITH PARAMAGNETIC IMPURITIES

In this work the NMR line shape in diamagnetic crystals with paramagnetic impurities have been investigated. For general conditions a rather complicated curve is obtained. In the extreme cases of the fast and slow fluctuation of the electron variables, lorentzian lines are obtained, with the half width at half-amplitude, equal respectic

$$\left[\frac{1}{4h^2} \left(\frac{1}{4} - \langle S^z \rangle^2 \right) \sum_{k \neq k'} a_{ke} a_{k'e} \right] \frac{1}{\gamma_1} + \left[\frac{1}{16h^2} \sum_k b_{ke}^2 \right] \frac{1}{\gamma_2}$$

and to $\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$.

Here a_{ke} , b_{ke} are the coefficients of electron-nuclear spin-spin interaction while γ_1 , γ_2 is the electron spin reorientation probability, determined by spin-spin and spin-phonon interaction.

УДК 621.315.192

ФИЗИКА

Чл.-корр. АН Азерб. ССР М. И. АЛИЕВ, З. С. ГАСАНОВ

ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ МАССЕ ЭЛЕКТРОНОВ В AgFeTe_2

Исследованию электрических свойств тройного соединения AgFeTe_2 посвящен ряд работ [1, 2, 3, 4]. Это соединение существует в двух модификациях. Низкотемпературная фаза AgFeTe_2 имеет ширину запрещенной зоны $E_g = 0,28 \text{ эВ}$, а высокотемпературная — $E_g = 0,56 \text{ эВ}$. Электроны в нем обладают высокой подвижностью. Однако никаких сведений об эффективной массе m^* и законе дисперсии $\epsilon(k)$ электронов в AgFeTe_2 не имеется.

В данной работе поставлена задача, исследуя кинетические эффекты, получить некоторые данные об m^* и $\epsilon(k)$ для электронов AgFeTe_2 .

С этой целью проведено комплексное исследование электронпроводности (σ), коэффициента Холла (R), термоэмо (α), магнетотермоэмо ($\Delta\alpha$), поперечного термомагнитного эффекта. Нернста-Эттингсгаузена ($N - \mathcal{E}$) в низкотемпературной фазе $n\text{-AgFeTe}_2$.

Эффективная масса определялась по экспериментальным данным концентрации электронов и термоэмо в сильном магнитном поле [5]:

$$m^* = \frac{e}{\pi^2 k_0 T} \left(\frac{3h^2}{8\pi e R_\infty} \right)^{2/3} \alpha_\infty \quad (1)$$

На рис. 1, 2 представлены полные зависимости $\Delta\alpha$, коэффициента Холла R для образцов с $n = 9 \cdot 10^{17}$ и $1,8 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Видно, что $\Delta\alpha$ не достигает насыщения, а R от H почти не зависит.

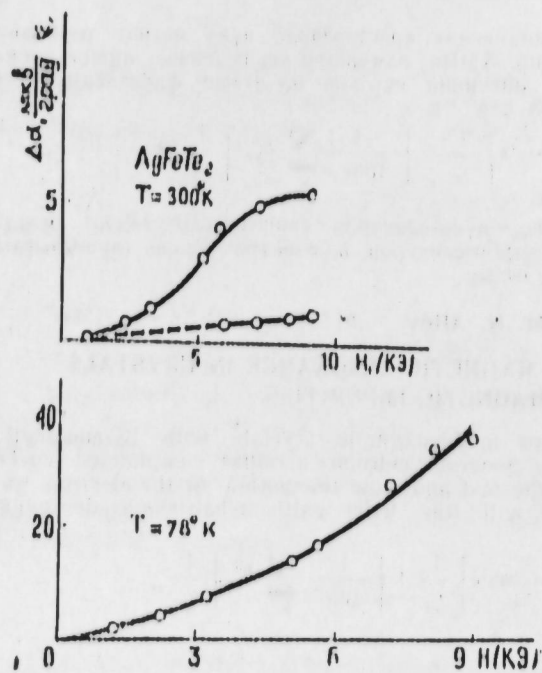


Рис. 1. Зависимость $\Delta\alpha$ от магнитного поля.

Это указывает на участие в проводимости, в основном, электронов. Определение предельного значения $\Delta\alpha_\infty$ производилось методом графической экстраполяции и по данным Q_1 в слабом магнитном поле, хорошо опробованным в работах [5, 6]. В образце с $n = 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ измерение Q_1 удалось произвести при 200° К . Эти данные позволили определить уровень химпотенциала и эффективную массу электронов. Результаты эксперимента и вычислений на их основе приведены в таблице.

Следует отметить, что неточности, допущенные при определении m^* и μ^* не позволяют утверждать об однозначности этих данных, однако можно с уверенностью сказать, что с ростом концентрации электронов их эффективная масса растет и что закон дисперсии имеет неквадратичную форму.

Можно по аналогии Ag_2Te и Ag_2Se [8, 9] полагать, что в

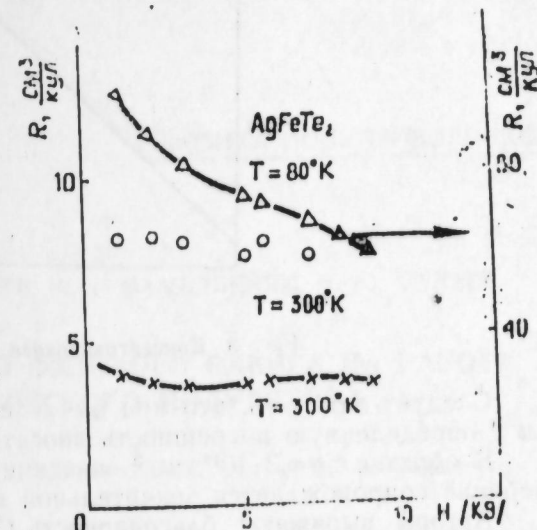


Рис. 2. Зависимость коэффициента Холла от магнитного поля.

№ п. п.	$T, \text{ К}$	$n \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$	$\sigma, \text{ см}^{-1} \text{ см}^{-1}$	$\alpha, \text{ мкВ/град}$	$\Delta\alpha_\infty$	$H \frac{\text{см}^2}{\text{В. сек}}$	μ^*	m^*
1	300	0,8	570	100	40	4560	3	0,055
2	300	1,8	520	80	40	1800	4	0,53
3	200	3,1	700	16	3	140	10	0,85

AgFeTe_2 закон дисперсии подчиняется модели Кейна [7]. Тогда, построив зависимость $\left(\frac{m^*}{1-m^*} \right)^2$ от $n^{2/3}$ и проэкстраполировав прямую до пересечения оси ординат, можно по формуле,

$$\frac{m^*}{m_0} = \frac{m_0^*}{m_0} \sqrt{1 + \frac{(h/2\pi)^2 k^2}{e_k} \frac{m_0 - m_0^*}{m_0 - m_0^*}} \quad (2)$$

(где m_0^* — масса электронов, $K = 3\pi^2 n$) найти значение эффективной массы на дне зоны проводимости m_0^* (рис. 3). Помимо этого m_0^* можно найти по данным n и μ^* из формулы:

$$n = \frac{(2m_0^* K_0 T)^{3/2}}{3\pi^2 (h/2\pi)^3} I_{3/2,0}(\mu^*, \mu)$$

По обоим формулам получены согласующиеся значения для $m_0^* = 0,03$.

* Ввиду отсутствия специального знака, постоянная Планка заменена ее значением.

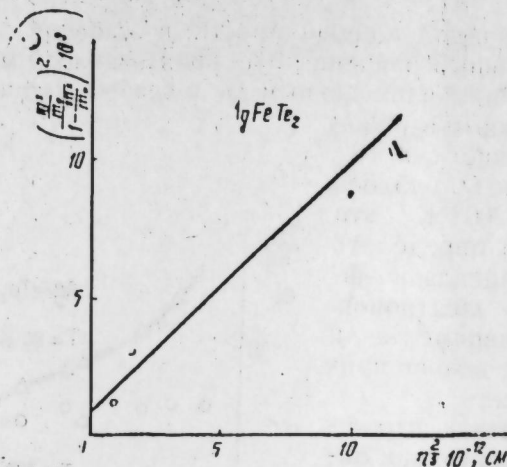


Рис. 3. Концентрационная зависимость m^*

Следует заметить, что при вычислении m^* в образце с $n=17 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ определенную погрешность вносят экстраполяции.

В образце с $n=3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ значение термоэдс небольшое и ее измерение сопровождается значительной погрешностью.

Авторы выражают благодарность С. А. Алиеву за участие в обсуждении результатов.

Литература

1. Жузе В. П., Сергеева В. М., Штрум Е. Л. ЖТФ, т. XXVIII, вып. 2, 233, 1958.
2. Жузе В. П., Сергеева В. М., Штрум Е. Л. ЖТФ, т. XXVIII, вып. 10, 2093, 1958.
3. Алиев М. И., Гасанов З. С., Гусейнов Ф. З., Неорган. материалы, т. X, № 10, 1974.
4. Гасанов З. С., Гусейнов Ф. З., Расулов А. И., Рзаев К. И. Труды Азерб. с/х ин-та им. С. Агамалиоглы, № 3, 33, 1976.
5. Алиев С. А. Докт. дисс. Баку, 1974.
6. Алиев С. А., Кесаманлы Ф. П. Изв. АН Азерб. ССР, серия ФТМН, № 4, 75, 1971.
7. Кане Е. О. Phys. Chem. Solids, 1, 249, 1957.
8. Алиев С. А., Суюнов У. Х., Алиев М. И. Изв. АН Азерб. ССР, серия ФТМН, 1, 63, 1973.
9. Алиев С. А., Вердиева Н. А., Алиев М. И. Сб. ВИМИ. РИПОРТ, № 9, 1974.

Институт физики

Поступило 24. VI 1977

М. И. Әлиев, З. С. Гасанов

Ag Fe Te₂-дә ЭЛЕКТРОНЛАРЫН ЭФФЕКТИВ КҮТЛӘСИ НАГГЫНДА

n -Ag Fe Te₂-нин ашағы температур фазасында термо-эф., магнит саһасында термо-эф., Нернст-Эттинггаузен эффекти, электриккечирмә вә һолл эмсалы тәдгиг едилишидир. Бу мәлүматлардан јукдашыјычыларын эффектив күтләси вә кимјәви потенциалы һесаблинышыдыр.

Мүәјјән едилишидир ки, n -AgFeTe₂-дә 300° К јукдашыјычылары $n \approx 10^{18} \text{ см}^{-3}$ гилмәтидә электрон газы чырлашышыдыр вә концентрасијанын артмасы илә электронларын эффектив күтләси артыр. Эффектив күтләсини концентрасијадан белә асылы олмасы кечиричилик золанын гејри-параболик олдуғуну көстәрир.

M. I. Aliev, Z. S. Gasanov

ABOUT THE EFFECTIVE MASS OF ELECTRONS IN AgFeTe₂

The complex investigation of thermoe, m , f , α , magnetothermoe, m , f , $\Delta\alpha$, thermomagnetical effect of Nernst - Ettinghaus, electrical conductivity and Hall coefficient has been taken in low temperature phase of n -AgFeTe₂.

It was shown, that the electron mass in AgFeTe₂ at 300°K, beginning from $n = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, was degenerated and the effective mass of electrons was increased with increase the concentration of electrons. It is assumed that the dependence of $m^*(n)$ show on nonparabolical zone of conductivity.

УДК 537.311.5

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Ч. О. КАДЖАР, В. А. КУЛИЕВ, И. А. МАМЕДБЕЙЛИ, Э. Ю. САЛАЕВ

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО ФАЗОВОГО СДВИГА НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА

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

Электрооптический эффект широко применяется при модуляции и сканировании света. Промышленностью освоено серийное производство электрооптических модуляторов излучения различных длин волн; обеспечивающих модуляцию в широком диапазоне частот. Теория электрооптического эффекта хорошо известна [1, 2]. Однако практические рекомендации по выбору режима работы серийных модуляторов отсутствуют. Как правило, при выборе рабочей точки не учитывается тот факт, что многие электрооптические кристаллы обладают естественной анизотропией, некоторой степенью деполяризации связанной с перпендикулярным падением излучения на входную грань кристалла, температурными эффектами, что проявляется даже в промышленных модуляторах, в которых предусмотрены меры для их компенсации. Кроме того, используемые в паре с модуляторами поляризаторы излучения обладают остаточным пропусканием. Все это приводит к тому, что между обыкновенными и необыкновенными лучами появляется некоторая постоянная разность фаз и наблюдается немодулируемое остаточное излучение. Частично такую разность фаз φ_0 можно скомпенсировать, приложив к кристаллу постоянное электрическое поле или используя фазосдвигающие пластины.

В данной работе изучается влияние на параметры электрооптических модуляторов постоянного фазового сдвига. Учет его необходим, особенно при работе в режиме малых модулирующих напряжений, когда

соблюдается условие $u_m \ll u_{\lambda/2}$ и когда фазовый сдвиг $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \frac{u_m}{u_{\lambda/2}}$, по-

лученный от приложения к модулятору внешнего источника с напряжением u_m , одного порядка со сдвигом φ_0 . Если излучение, пройдя систему поляризатор-модулятор-анализатор, попадает на фотоприемник, то интенсивность на входной апертуре с учетом сдвига фазы описывается выражением

$$I_{\text{вых}} = I_0 \sin^2(\varphi_0 + \Delta\varphi) + \gamma I_0, \quad (1)$$

здесь I_0 — интенсивность излучения на входе модулятора,

γ — коэффициент, характеризующий остаточное пропускание.
Пусть модуляция осуществляется гармоническим сигналом

$$u_M = u_0 \sin \Omega t \quad (2)$$

После простых преобразований выражение (1) запишем в виде

$$I_{\max} = I_0(1 - \cos 2\varphi_0 \cdot \cos 2\Delta\varphi + \sin 2\varphi_0 \cdot \sin 2\Delta\varphi) + \gamma I_0 \quad (3)$$

Подставив в выражение (3) гармоническую функцию (2) и используя разложение по Бесселевским функциям, получим

$$I_{\max} = \frac{1}{2} I_0 \left[1 - J_0 \left(\pi \frac{u_0}{u_{\lambda/2}} \right) \cos 2\varphi_0 + 2 \cos 2\varphi_0 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k} \left(\pi \frac{u_0}{u_{\lambda/2}} \right) \cos 2k\Omega t + \right. \\ \left. + 2 \sin 2\varphi_0 \sum_{k=1}^{\infty} J_{2k-1} \left(\pi \frac{u_0}{u_{\lambda/2}} \right) \sin (2k-1)\Omega t + 2\gamma \right] \quad (4)$$

Отсюда видно, что при выбранных нами условиях в спектре фотосигнала будут содержаться компоненты с частотой равной частоте модуляции и кратной ей частотам. Если $\varphi_0 = 0$, то выражение (4) переходит в известное соотношение, характеризующее работу модулятора в нулевой точке статической характеристики пропускания,

а если $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$, то в выражение, характеризующее работу модулято-

ра на линейном участке [1]. В первом случае выражение (4) будет содержать только четные, а во втором — только нечетные гармоники частоты модуляции. Исходя из выражения (4) для напряжения фотосигнала можно записать соотношения

$$n_{\varphi}^{\Omega} = \Lambda(\sin 2\varphi_0) \cdot J_1 \left(\pi \frac{n_0}{n_{\lambda/2}} \right) \quad (5)$$

$$u_{\varphi}^{2n} = \Lambda(\cos 2\varphi_0) \cdot J_2 \left(\pi \frac{u_0}{u_{\lambda/2}} \right), \quad (6)$$

здесь A — коэффициент пропорциональности,

$u_{\varphi\Omega}$ — напряжение фототока на частоте Ω ,
 $u_{2\Omega}$ — напряжение фототока на частоте 2Ω .

U_p — напряжение фотоответа на частоте 2Ω ,
 L — функция Бесселя.

J_1, J_2 — функции Бесселя I и II порядка соответственно.

Если выполняется условие $n_0 \ll n_{\lambda/2}$, функции Бесселя можно заменить их приближенными значениями, тогда

$$\left. \begin{aligned} u_{\varphi}^0 &= \Lambda \cdot \left(\frac{\pi u_0}{u_{\lambda/2}} \right) \sin 2\varphi_0 \\ u_{\varphi}^{20} &= \Lambda \cdot \left(\frac{\pi u_0}{u_{\lambda/2}} \right)^2 \cos 2\varphi_0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Из соотношений (7) видно, что в режиме малых напряжений фотосигнал на основной частоте модуляции будет пропорционален первой степени амплитуды модулирующего напряжения, а фотосигнал на удвоенной частоте пропорционален квадрату амплитуды модулирующего напряжения.

Из выражения (4), как уже отмечалось, следует, что несмотря на отсутствие внешнего постоянного смещения на модуляторе, при скрещенных поляризаторах и наличии фазового сдвига φ_0 , в спектре фотосигнала содержится сигнал с частотой Ω и кратной ей частотами. Между ними имеется вполне определенное соотношение. Так, для фотооткликов на частотах Ω и 2Ω из формул (5)–(7) можно найти

$$\frac{u_{\varphi}^{2\Omega}}{u_{\varphi}^{\Omega}} = \frac{J_2\left(\pi \frac{u_0}{u_{\lambda/2}}\right)}{J_1\left(\pi \frac{u_0}{u_{\lambda/2}}\right)} \operatorname{ctg} 2\varphi \approx \frac{\pi u_0}{u_{\lambda/2}} \operatorname{ctg} 2\varphi_0$$

Отсюда видно, что при модулирующих напряжениях, меньших, чем

$n_0^{\min} = \frac{n_{\lambda/2}}{\pi} \operatorname{tg} 2\varphi_0$ фотосигнал n_{φ}^0 на частоте Ω будет всегда больше, чем

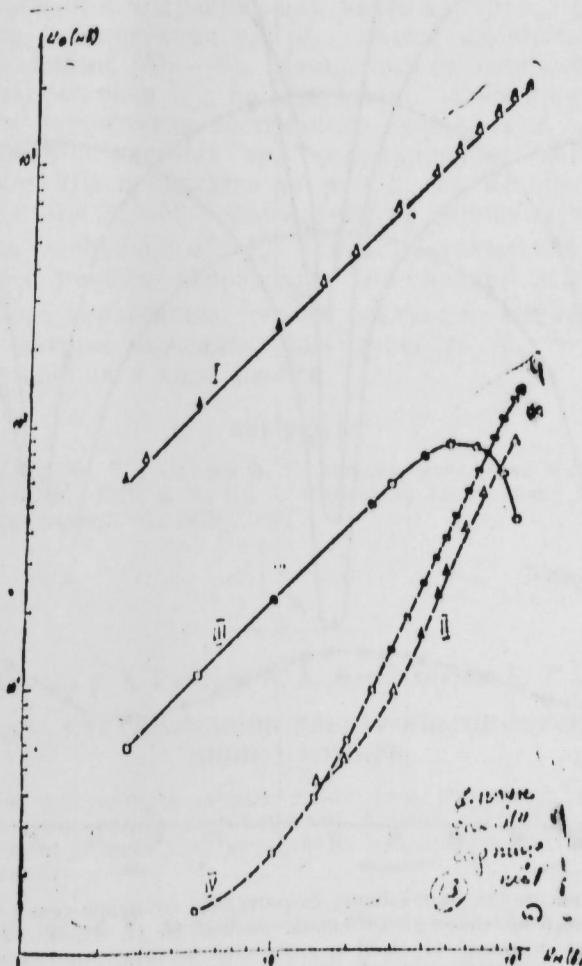


Рис. 1. Зависимость напряжения фотоотклика от амплитуды модулирующего напряжения для модуляторов с кристаллами KNbPO_4 (I, II) и LiNbO_3 (III, IV) на основной (I, III) и удвоенный (II, IV) частотах модуляции.

фотосигнал $u_{\varphi}^{2\omega}$. Таким образом, при скрещенных поляризаторах и наличии φ_0 , в режиме малых модулирующих напряжений в отсутствии постоянного смещения фотосигнал следует регистрировать на основной частоте модуляции. Так, при измерениях на $\lambda=10,6$ мкм и $u_0=4$ в (модулятор имел $u_{\lambda/2}=2500$ в) фотосигнал на удвоенной частоте обнаружить не удавалось. Естественно, что для каждого конкретного модулятора величина $u_0^{\min}$ будет своя, определяемая фазовым сдвигом φ_0 и может задаваться как характеристический параметр модуляторов.

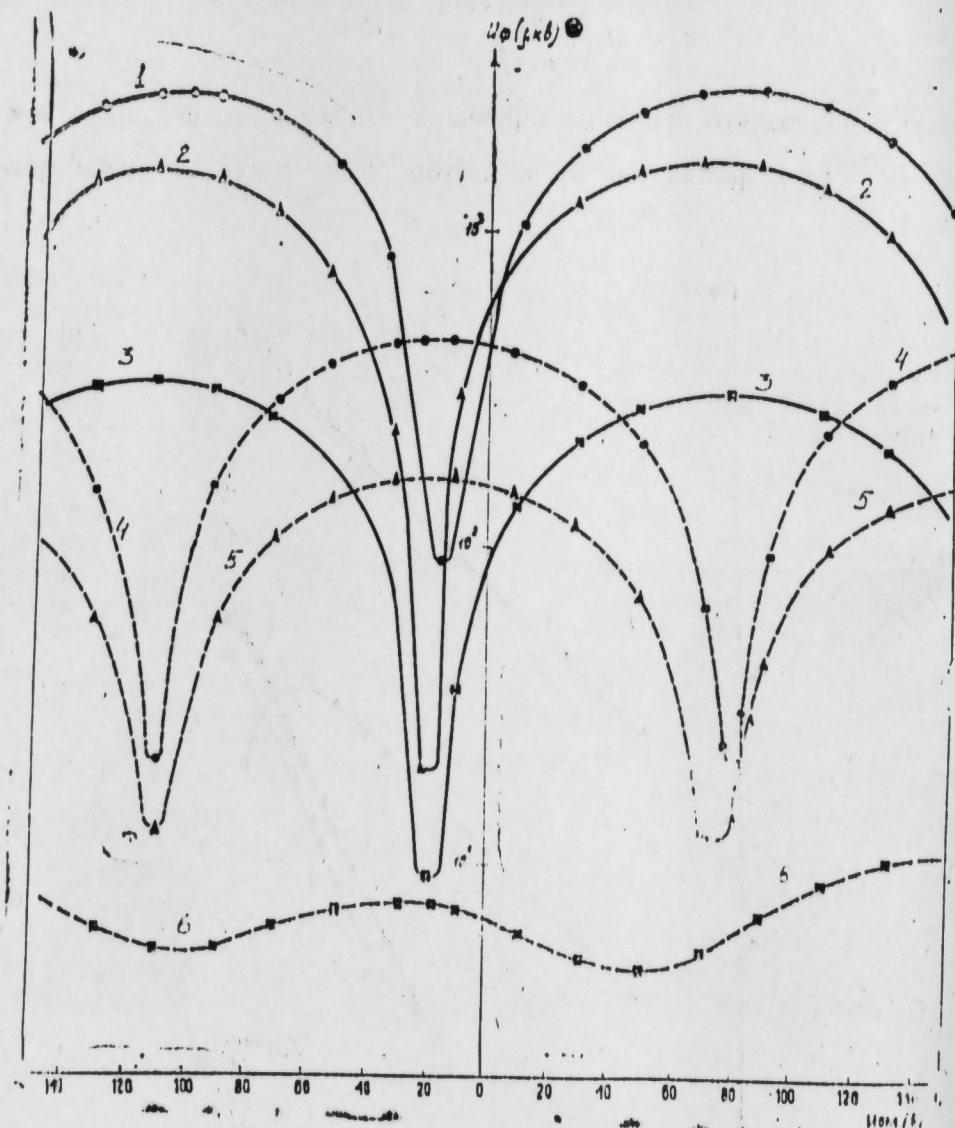


Рис. 2. Зависимость напряжения фотоотклика от напряжения постоянного смещения при модулирующем напряжении, равном 90 (1, 4), 50 (2, 5), 10 в. (3, 6) на основной (1, 2, 3) и удвоенной частотах модуляции.

Для проверки соотношения (7), а косвенно и (4), экспериментально измерялась зависимость фотоотклика от амплитуды модулирующего напряжения $u_{\varphi} = f(u_m)$. На длине волны $\lambda=0,63$ мкм использовались модуляторы с кристаллом дигидрофосфата калия KH_2PO_4 , инобит лития LiNbO_3 0° -среза и 90° -среза. В качестве фотоприемни-

ков применялись ФЭУ-31А, фотоэлементы Ф-4 и Ф-5, охлаждаемое фотосопротивление InSb . На длине волны 10,6 мкм применялся электрооптический модулятор на кристалле арсенида галлия GaAs [III]-среза. Вследствие идентичности полученных результатов на рис. 1 приводится зависимость $u_{\varphi} = f(u_m)$ только для ФЭУ-31А, измеренная на модуляторах с кристаллами KH_2PO_4 и LiNbO_3 0° -среза для основной и удвоенной частот. Поскольку масштаб логарифмический, то по наклону графиков можно судить о справедливости соотношений (7) в пределах условия малости модулирующих напряжений. На рис. 1 для модулятора с кристаллом LiNbO_3 , имеющим $u_{\lambda/2}=180$ в на графике виден максимум в области 70–80 в модулирующего напряжения. Это связано с тем, что условие малости модулирующих напряжений нарушается и следует оперировать соотношениями (5) – (6). В области напряжений 70–80 в функция Бесселя 1 порядка имеет максимум $J_1^{\max}(x)=0,5815$, т. е. фотосигнал на частоте Ω должен иметь максимум, соответствующий максимум на рис. 1. Для модулятора с кристаллом KH_2PO_4 с полуволновым напряжением $u_{\lambda/2}=640$ в этот максимум должен наблюдаться при модулирующем напряжении $u_m=270$ в. Гармоника фотосигнала с изменением φ_0 и u_0 должны изменяться в соответствии с выражениями (5) – (6). Изменение импеданса подачи постоянного напряжения $u_{\text{см}}$ на модулятор. Измерялась зависимость фотосигнала от напряжения постоянного смещения $u_{\varphi} = f(u_{\text{см}})$ на основной и удвоенной частотах при модулирующих напряжениях 90, 50, 10 в. Результаты приводятся на рис. 2, из которого видно, что при $u_{\text{см}}=0$ уже при $u_m=50$ в фотосигнал на основной частоте больше фотосигнала на удвоенной $u_{\varphi}^0 > u_{\varphi}^{2\omega}$. Из рис. 2 также следует, что чем меньше φ_0 , тем меньше напряжение модуляции, необходимое для выполнения этого неравенства. Это же следует из выражения для $u_0^{\min}$. В заключение авторы выражают благодарность М. А. Мехтиеву за полезные обсуждения в ходе работы.

Литература

1. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. Изд-во "Наука". М., 1970.
2. Яриш А. Квантовая электроника и нелинейная оптика. Изд-во "Сов. радио". М., 1973.

Поступило 27.VII 1977

Ч. О. Гачар, В. А. Гулиjev, И. А. Маммадбаев, Е. Ю. Салаев

САБИТ ФАЗА СҮРҮШМЭСНИНН ЭЛЕКТРООПТИК МОДУЛЯТОРУН ИШИНЭ ТЭСИР

Электрооптик кристалларда жаранан сабит фаза сүрүшмэсн фотоабдулчидэ алынган сигналдын тээлик спектринэ тэсир едир. Алынган нисбатлар, модулясиаедичи кэркилижин нэ оптик шүанын күчү верилдикдэ, модуляаторун оптимальн режимини сечмэжэ имкан перир.

Ch. O. Qajar, V. A. Kullev, I. A. Mamedbeyli, E. Yu. Salayev

THE INFLUENCE OF CONSTANT PHASE DISPLACEMENT ON THE WORK ELECTROOPTIC MODULATOR

A constant phase displacement carried by electrooptic crystal exerts influence on the frequency spectrum of signal in a photodevice. Obtained correlations enable us to choose the optimal work regime of modulator under the given values of modulating voltage and power of optical beam.

УДК 537. 525

ОБЩАЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. А. АЛЕКПЕРОВ

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ЦИКЛОГЕКСАНА В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ В СМЕСИ ЦИКЛОГЕКСАН—АРГОН

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Т. И. Шахтахтинским)

Для осуществления направленного плазмохимического синтеза сложных, органических соединений (включая и полимерные) в неравновесной плазме и, в частности, в плазме разрядов пониженного давления, необходимо в первую очередь изучение механизмов реакций органических соединений в этих условиях. Первым шагом в этом направлении является изучение механизмов разложения органических соединений в неравновесной плазме.

Данная работа предпринята с целью установления механизма разложения циклогексана (как модельного органического соединения) в неравновесной плазме тлеющего разряда в смеси циклогексан—аргон.

Эксперименты проводились на проточной установке тлеющего разряда в следующем диапазоне изменения параметров разряда: давление смеси в реакторе $P=0,57 \pm 2,5 \text{ тор}$; сила разрядного тока $I=0,5 \pm 2,0 \text{ мА}$; концентрация циклогексана в смеси $[C_6H_{12}] = 0,01 \pm 1,0 \text{ об. \%}$; время пребывания в реакционной зоне $\tau = 9 \times 10^{-3} \pm 5 \times 10^{-1} \text{ сек}$. Схема плазмохимического реактора приведена на рис. 1. В экспериментах определялись напряженность электрического поля E (двумя зондами), температура тяжелых частиц плазмы T (термопарой), степень разложения циклогексана и продукты разложения (хроматографически). Из полученных значений E , T и P с помощью уравнения состояния рассчитывался параметр E/N (где N —число частиц в см^3 плазмы), по значению которого устанавливались концентрация n_e , средние энергии $\bar{\epsilon}$ и функция распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ). Подробно методика измерений и расчета параметров плазмы описана в [1]. Погрешность в определении параметра E/N составляла $\pm 5\%$, в определении $n_e \pm 15-20\%$. Используя статистическую обработку результатов удалось снизить относительную погрешность определения количества циклогексана в пробе до $\pm 1,5-2,0\%$.

В [2] было высказано предположение, что при малых $[C_6H_{12}]$ его разложение обусловлено столкновениями с метастабильными атомами аргона и скорость его разложения не зависит от концентрации

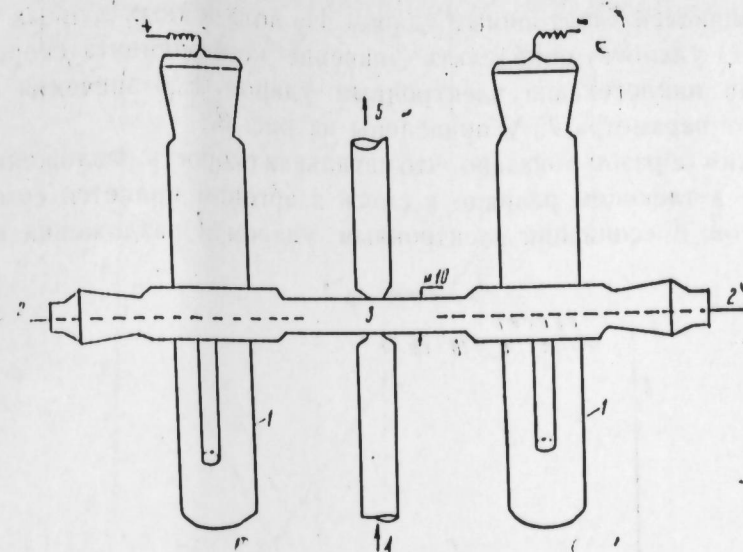


Рис. 1. Схема плазмохимического реактора: 1 — охлаждаемые ловушки с электродами; 2 — электростатические зонды или термопара; 3 — реакционная зона; 4 — подача смеси; 5 — откачка.

циклогексана в смеси. Экспериментально было обнаружено, что при малых добавках циклогексана к аргону (вплоть до 0,05 об. %) скорость его разложения (имеется ввиду начальная скорость разложения, когда вторичными процессами можно пренебречь) можно считать, в пределах экспериментальной погрешности, не зависящей (при постоянстве параметров плазмы) от концентрации циклогексана в смеси. Однако при дальнейшем повышении концентрации циклогексана в смеси скорость его разложения растет с ростом концентрации циклогексана, что указывает на смену преимущественного канала разложения. Экспериментально полученные скорости разложения циклогексана удалось описать как сумму двух процессов: диссоциации циклогексана электронным ударом и его разложение при столкновениях с метастабильными атомами аргона. Таким образом разложение циклогексана можно описать простой формулой:

$$\frac{dC}{dt} = -(K_d n_e C + A),$$

где: C — концентрация циклогексана, K_d — коэффициент скорости разложения циклогексана электронным ударом, A — член, описывающий разложение циклогексана при столкновениях с метастабильными атомами аргона. Как показано в [1], коэффициент A пропорционален скорости возбуждения метастабильных атомов аргона электронным ударом и не зависит от концентрации циклогексана в смеси, если параметры плазмы постоянны. На рис. 2 приведена зависимость скорости разложения циклогексана от его концентрации в смеси (параметры плазмы при этом постоянны) для одного из режимов. Там же приведен расчет скорости диссоциации циклогексана электронным ударом по сечению фотодиссоциации циклогексана и ФРЭЭ. Видно, что при концентрации циклогексана в смеси до 0,05 об. % его разложение в основном обусловлено столкновениями с метастабильными атомами аргона, а при концентрации циклогексана в смеси 1,0 об. % —

—диссоциацией электронным ударом. Из полученных данных (по уравнению 1) удалось определить значение коэффициента скорости диссоциации циклогексана электронным ударом. Его значения в зависимости от параметра E/N приведены на рис. 3.

Таким образом показано, что начальная скорость разложения циклогексана в тлеющем разряде в смеси с аргоном является суммой двух процессов: диссоциации электронным ударом и разложения при столкновении с метастабильными атомами аргона. В интервале изменения параметра E/N от 6×10^{-17} до $2,4 \times 10^{-16} \text{ В} \cdot \text{см}^2$ определен коэффициент скорости диссоциации циклогексана электронным ударом.

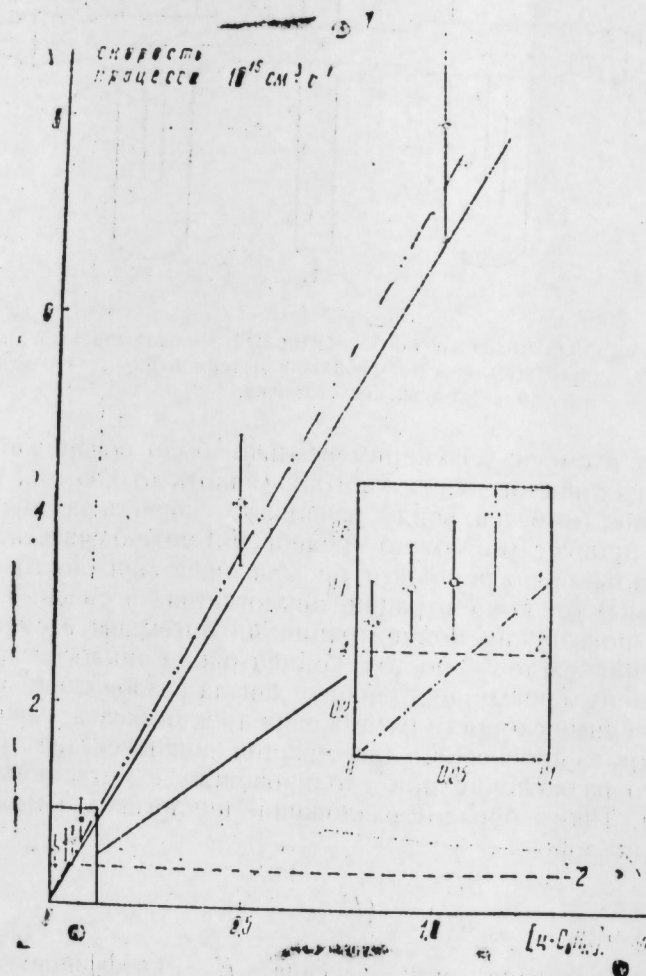


Рис. 2. Зависимость скорости разложения циклогексана от его концентрации в смеси.

Φ — скорость разложения циклогексана (эксперимент):
1 — кэлс (см. формулу); 2 — A (см. формулу); 3 — скорость диссоциации циклогексана электронным ударом (расчет).

Автор считает приятным долгом выразить благодарность сотруднику лаборатории плазмохимии ИХС АН СССР Д. И. Словецкому за чрезвычайно полезные консультации и обсуждение работы.

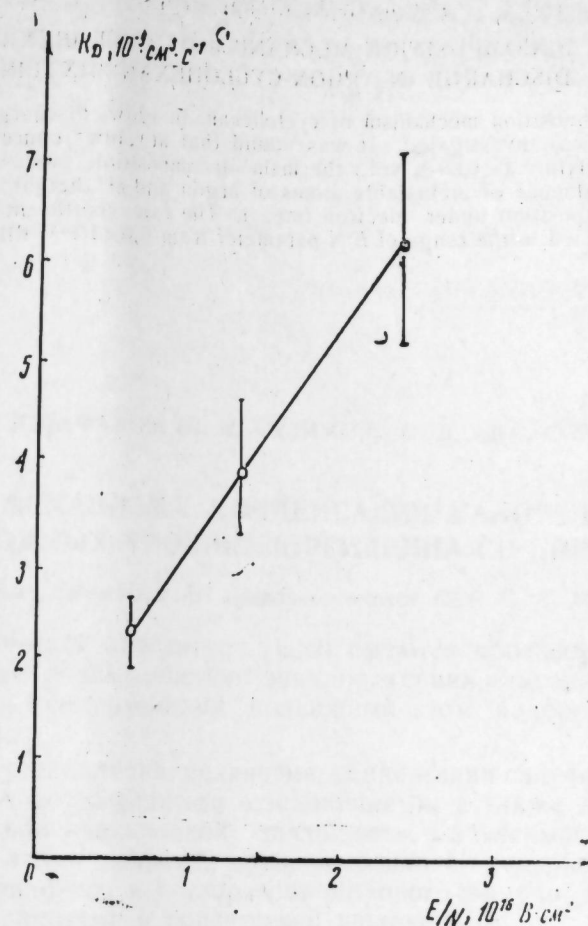


Рис. 3. Зависимость коэффициента диссоциации циклогексана электронным ударом от параметра E/N

Литература

1. Алекперов Г. А. Труды конференции молодых ученых ИХС АН СССР. М., 1977. 2. Полак Л. С., Черняк Н. Я. В сб. "Экспериментальные и теоретические исследования неравновесных физико-химических процессов". М., 1974, стр. 468.

Сектор радиационных исследований

Поступило 14. II 1977

Н. Э. Элкбэров

ТСИКЛОГЕКСАНЫ, ТСИКЛОГЕКСАН—АРГОН ГАРЫШЫҒЫНДАКЫ ПТИЛДЭЖЭН БОШАЛМАДА ПАРЧАЛАНМАСЫ

Тсиклогексан—аргон гарышығындакы птилдэжэн бошалмада, тсиклогексанын парчаланмасы просесинин механизми бошаланманын параметрлэринин ашагыда көстэрилэн интервалында тэдгиг едилмишдир: тэзјиг $0,57 \pm 2,5 \text{ тор}$; бошалма чэрэјанынын шилдэти $0,5 \pm 2,0 \text{ мА}$; тсиклогексанын гарышыгдакы гатылыгы $0,01 \pm 1,0 \text{ нэчм } \%$.

Мүзјјэн едилмишдир ки, тсиклогексанын парчаланмасы ики просесин тэ'сирин нэтичэсиндэ баш верир: электронларын зэрбэсилэ диссоциасија нэ метастабил аргон атомлары нэ тогушмада баш верэн парчаланма.

E/N параметринин $6 \cdot 10^{-17}$ -дэн $2,4 \cdot 10^{-16} \text{ В} \cdot \text{см}^2$ -дэк дэјишмэ интервалында электронларын зэрбэси нэтичэсиндэ тсиклогексанын парчаланмасынын сүр'эт эмсали тэ'јин едилмишдир.

TO THE DECOMPOSITION MECHANISM OF CYCLOHEXAN IN GLOW DISCHARGE IN ARGON-CYCLOHEXAN MIXTURE

The decomposition mechanism of cyclohexan in glow discharge in argon-cyclohexan mixture was investigated. It was found that at „low“ concentrations of cyclohexan in the mixture (<0,5 % vol.) the main decomposition process is the decomposition under influence of metastable atoms of argon and at „height“ one (>0,5 % vol.) It is the decomposition under electron impact. The rate coefficient of the latter process was calculated in the range of E/N parameter from $6,0 \times 10^{-17}$ till $2,4 \times 10^{-16} \text{ V} \times \text{cm}^2$.

УДК 66. 095. 3:547

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. А. ДЖАФАРОВ, Ш. К. КЯЗИМОВ, С. Д. АББАСОВА

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА КОНДЕНСАЦИИ ГАЛОГЕНАЛКОКСИ ПРОИЗВОДНЫХ ТИОЭПИХЛОРИДРИНА СО СПИРТАМИ

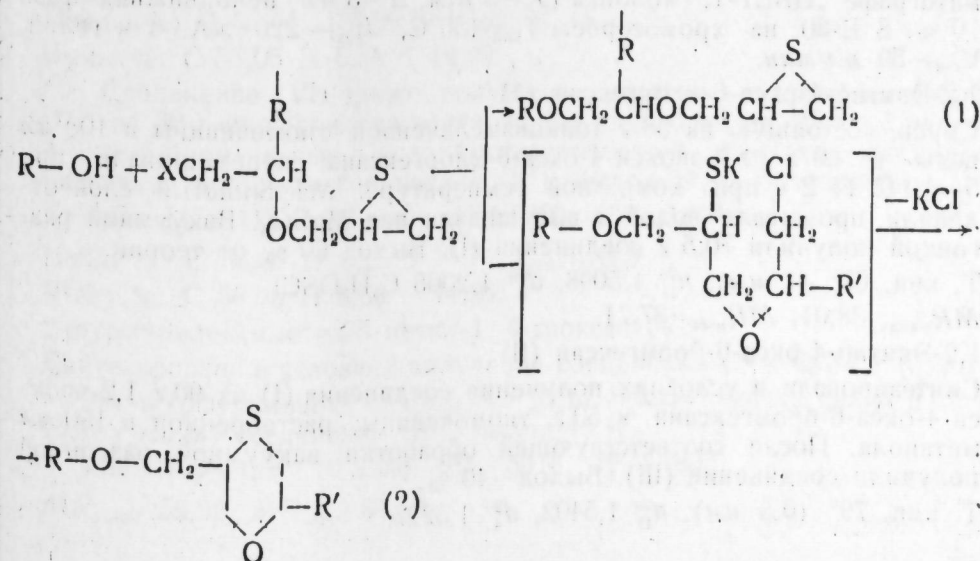
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР С. Д. Мехтиевым)

В периодической литературе [1, 2] имеются противоречивые данные о механизме взаимодействия эпихлоргидрина и тиоэпихлоргидрина с соединениями, содержащими подвижный атом водорода в присутствии щелочей.

С целью установления механизма конденсации спиртов с галогенсодержащими эписульфидными соединениями, а также для изучения их относительной реакционной способности в зависимости от месторасположения атома галогена, изучена реакция конденсации β-хлорэтил-, β-бромэтилового и β-хлоризопропилового эфиров тиоглицидола с различными спиртами в присутствии щелочей [3].

Исследование показало, что указанные тиоглицидные эфиры, также как тиоэпихлоргидрин [4], легко конденсируются со спиртами, что приводит к образованию аддуктов с 45–59 % -ным выходом.

Данные реакции могут протекать по двум направлениям с образованием эписульфидного или 1,4-тиоксанового соединений по схеме:



где: $R=CH_3$, $R'=H$ (IV); $R=$ , $R'=H$ (V); $R=$ , $R'=H$ (VI); $R=$ , $R'=CH_3$ (VII).

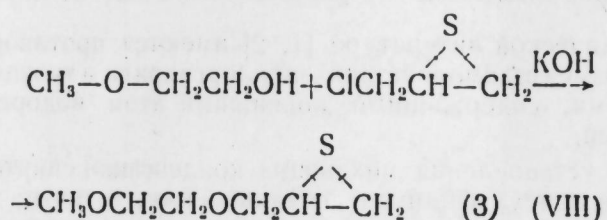
$R'=H$ (VI); $R=$ , $R'=CH_3$ (VII).

С целью изучения направления указанной реакции, а также установления строения полученного аддукта, последний подвергался физико-химическим исследованиям.

В ИК-спектре полученного аддукта (IV—VII) частоты, характерные для трехчленного эписульфидного цикла отсутствовали, а найденные частоты 1140, 1210, 1270 cm^{-1} характерны для циклического тиоэфира.

Газожидкостная хроматограмма показала наличие одного типа в соединении (IV).

Кроме того, одно из предполагаемых трехчленных эписульфидных соединений получено встречным синтезом по реакции:



Физико-химические свойства, в том числе ИК-спектры соединений (VIII), полученных по схеме (3), резко отличались от свойств соединений (IV), полученных взаимодействием β -хлорэтилового эфира тиоглицидола с метиловым спиртом по схеме (2).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Хроматограммы полученных соединений (IV) были сняты на хроматографе "ЦВЕТ-1," колонка ($J_K=3$ мм, $d=3$ мм неподвижная фаза 10 %, S E-30 на хромосорбе. $T_{кип}=150^\circ C$, $J_{дет.}=220$ мА, г-н гелий, $V_{г-н}=50$ мл/мин.

1,2-Эпитио-4-окса-6-хлоргексан (I)

Смесь, состоящую из 58 г тонкоизмельченной тиомочевны в 100 мл воды и 60 г 1,2-эпокси-4-окса-6-хлоргексана перемешивали при $5-10^\circ C$ 1—2 ч при комнатной температуре. Маслянистый слой отделяли, промывали водой и высушивали над $MgSO_4$. Вакуумной разгонкой получили 70,5 г соединения (I). Выход 60 % от теории.

$T_{кип}$ 67° (1 мм), n_D^{20} 1,5098, d_4^{20} 1,2005 C_6H_9OSCl .

$MR_{найд.}$ 38,01, $MR_{выч.}$ 37,71.

1,2-Эпитио-4-окса-6-бромгексан (II)

Синтезировали в условиях получения соединения (I) из 90 г 1,2-эпокси-4-окса-6-бромгексана и 50 г тиомочевны, растворенной в 150 мл метанола. После соответствующей обработки вакуумной разгонкой получили соединение (II). Выход—40 %.

$T_{кип}$ 79° (0,5 мм), n_D^{20} 1,5402, d_4^{20} 1,5227.

C_6H_9OSBr . $MR_{найд.}$ 40,61, $MR_{выч.}$ 40,61.

1,2-Эпитио-4-окса-5-метил-6-хлоргексан (III)

Получили в условиях синтеза соединения (I) из 73 г 1,2-эпокси-4-окса-5-метил-6-хлоргексана и 52 г тиомочевны в 100 мл воды.

Выход—56 % от теории.

$T_{кип}$ 81—82° (1 мм), n_D^{20} 1,4960, d_4^{20} 1,1535 $C_6H_{11}OSCl$

$MR_{найд.}$ 42, 24, $MR_{выч.}$ 42,33.

2-Метоксиметил-1,4-тиоксан (IV)

К смеси, состоящей из 16 г (0,5 г-моль) свежеперегнанного метилового спирта, 12 г (0,21 г-моль) порошкообразного едкого калия, перемешиванием при комнатной температуре по порциям подавали 32,2 г (0,21 г-моль) соединения (I) в течение 1 ч. Перемешивание продолжали 2 ч при $60-65^\circ C$. Затем продукт реакции промывали водой, сушили и вакуумной разгонкой выделили 10,65 г соединения (IV).

Выход—30 % от теории.

$T_{кип}$ 108—110° (12,5 мм), n_D^{20} 1,4965, d_4^{20} 1,0891.

$MR_{найд.}$ 38,69, $MR_{выч.}$ 39,27.

Найд., %: C 48,21 H 8,01 S 21,13

48,43 8,32 21,50

$C_6H_{12}O_2S$. Выч., %: C 48,60 H 8,16 S 21,62

2-Бензилоксиметил-1,4-тиоксан (V)

Получили в условиях синтеза соединения (IV) из 43,2 г (0,4 г-моль) бензилового спирта, 14,15 г (0,25 г-моль) едкого калия и 38,25 г (0,25 г-моль) соединения (I). Выход—50 % от теории.

$T_{кип}$ 139—141° (1 мм), n_D^{20} 1,5653, d_4^{20} 1,0825

$MR_{найд.}$ 67,51, $MR_{выч.}$ 67,83

Найд., %: C 64,50 H 6,91 S 14,03. $C_{12}H_{14}O_2S$.

Выч., %: C 64,25 H 7,18 S 14,29.

2-Фурфурилоксиметил-1,4-тиоксан (VI)

Получили в условиях соединения (IV) из 40 г (0,5 г-моль) фурфурилового спирта, 6,3 г (0,1 г-моль) едкого калия и 16,85 г соединения (I). Выход—45 %.

$T_{кип}$ 117—118° (1 мм), n_D^{20} 1,5308, d_4^{20} 1,1843

$MR_{найд.}$ 55,76, $MR_{выч.}$ 56,49.

Найд., %: C 56,41 H 6,30 S 14,62. $C_{10}H_{14}O_3S$.

Выч., %: C 56,05 H 6,58 S 14,96

Соединение (VI) также получили в условиях синтеза соединения (IV) из 30 г фурфурилового спирта, 8 г едкого калия, 20 г 1,2-эпитио-4-окса-6-бромгексана. После соответствующей обработки вакуумной разгонкой получили соединение (VI). Выход—59 % от теории.

$T_{кип}$ 117—118° (1 мм); n_D^{20} 1,5306, d_4^{20} 1,1840.

Найд., %: C 56,32 H 6,25 S 14,71. $C_{10}H_{14}O_3S$.

Выч., %: C 56,05 H 6,58 S 14,96.

2-Фурфурилоксиметил-5-метил-1,4-тиоксан (VII)

Синтезировали в условиях получения соединения (IV) из 30 г (0,375 г-моль) фурфурилового спирта, 8 г (0,14 г-моль) едкого калия и 23,4 г (0,14 г-моль) соединения (III). Выход—48 %.

$T_{кип}$ 120—122° (0,5 мм, n_D^{20} 1,5318, d_4^{20} 1,1803

$MR_{найд.}$ 59,92, $MR_{выч.}$ 60,12.

Найд., %: С 57,64 Н 6,86 S 13,80. $C_{11}H_{10}O_2S$.

Выч., %: С 57,87 Н 7,063 S 14,043

1,2-эпихлоргидрин (VIII).

К смеси, состоящей из 60,8 г-моль метоксиэтанола и 67,1 г (0,6 г-моль) тиоэпихлоргидрина, при перемешивании по порциям подавали 3 г (0,4 г-моль) КОН. Далее к содержимому колбы добавляли 200 мл эфира и нагревали при 35–36°C еще 3 ч. Продукт реакции промывали водой, сушили над $MgSO_4$ и вакуумной разгонкой выделили 35,6 г соединения (VIII). Выход-46 % от теории.

Т. кип. 65–66°C (2 мм), n_D^{20} 1,4750, d_4^{20} 1,060,

$MR_{найд.}$ 39, 36, $MR_{выч.}$ 39, 27.

Найд., %: С 48,13 Н 8,01 S 21,17.

48,51 8,33 21,46. $C_6H_{12}O_2S$.

Выч., %: С 48,62 Н 8,16 S 21,62

Выводы

Изучена реакция конденсации β-хлорэтил-, β-бромэтил-, β-хлоризопрпилового эфиров тиоглицидола со спиртами в присутствии едкого калия. Установлено, что конденсация названных соединений протекает не прямым обменом атома галогена, а сопровождается раскрытием трехчленного эписульфидного цикла с последующим замыканием образующегося промежуточного продукта и приводит к образованию производных 1,4-тиоксана.

Литература

1. Sander M. Monatsch. chim., 96, 896, 1965. 2. Пакен А. М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы. Госхимиздат, 1962. 3. Джафаров В. А., Садык-заде С. И. Тез. докл. Второй Всесоюз. конф. по эпоксидным мономерам и эпоксидным смолам. Днепродзержинск, 1974. 4. Джафаров В. А., Садык-заде С. И. Материалы научной конференции аспирантов АН Азерб. ССР. Баку, 1973; Фокин А. В., Коломенцев А. Ф. "Усп. химии", т. X. IV, 1975, стр. 328.

Сумг. фил. ИИХП

Поступило 1. IV 1977

В. Ә. Чәфәров, Ш. К. Казымов, С. Ч. Аббасова

ТИОЭПИХЛОРИДРИНИН ГАЛЛОКЕНАЛКОКСИ ТӨРЭМЭЛЭРИНИН СПИРТЛЭРЛӘ КОНДЕНСЛӘШМӘ РЕАКЦИЈАСЫ МЕХАНИЗМИНИН ТӘДГИГИ

Мәғаләдә тиоэпихлоридринин β-хлорэтил-, β-бромэтил-, β-хлоризопрпил эфир-ларинин спиртләрлә гәләви иштиракы илә конденсләшмә реаксиясы әрәнилимиз пә мүүҗән едкимидир ки, реаксия галлокенин бирбаша әвәз олунмасы илә кетмир, үчүзүлү эписульфид һәлгәсинин гырыларар аралыг мәһсул алынамагга 1,4-тиоксан тө-рәмәләри әмәлә кәлир.

V. A. Dzhaфарov, Sh. K. Kyazimov S. D. Abbasova

STUDY OF CONDENSATION MECHANISM OF HALOALKOXY DERIVATIVES OF THIOEPICHLOROHYDRINE WITH ALCOHOLS

The condensation reaction of β-chloroethyl, β-bromoethyl, β-chloroisopropyl ethers of thioglycidol with alcohols in the presence of potassium hydroxide was studied. It was established that the condensation of abovementioned compounds proceeds not by direct exchange of halogen atom but is accompanied by opening of threemembered episuльфide cycle with following closing of formed intermediate and leads to the formation of 1,4-thioxane derivatives.

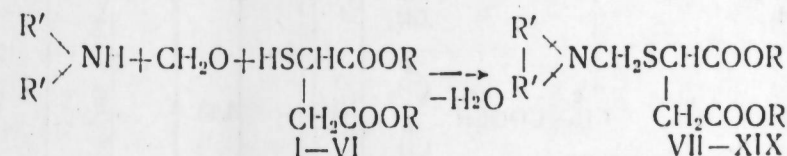
УДК 547. 279+547. 461. 4

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Акад. А. М. КУЛНОВ, К. З. ГУСЕЙНОВ, Н. А. АЛИЕВ, А. К. ИБАД-ЗАДЕ,
Н. Ю. ИБРАГИМОВ

СИНТЕЗ ДИАЛКИЛОВЫХ ЭФИРОВ МЕРКАПТОЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ И КОНДЕНСАЦИЯ ИХ С ФОРМАЛЬДЕГИДОМ И ВТОРИЧНЫМИ АМИНАМИ

Продолжая исследование производных янтарных кислот [1–2], в настоящей работе осуществлен синтез ряда диалкиловых эфиров меркаптоянтарной кислоты и изучена реакция последних с формальдегидом и вторичными аминами. Указанная реакция экзотермична и приводит к образованию ди (алкоксикарбонил) сукцинил-диалкиламино-метилсульфидов.



$R = CH_3$ (I), C_2H_5 (II), $(CH_3)_2CH$ (III), C_4H_9 (IV),

$C_2H_5OCH_2CH_2$ (V), $C_4H_9CH(C_2H_5)CH_3$ (VI);

$R = CH_3$; $R' = C_2H_5$ (VII), N-пиперидил (VIII), N-морфолил (IX);

$R = C_2H_5$; $R' = CH_3$ (X), C_2H_5 (XI), N-пиперидил (XII), N-морфолил (XIII);

$R = (CH_3)_2CH$; $R' = CH_3$ (XIV), C_2H_5 (XV), N-пиперидил (XVI),

N-морфолил (XVII);

$R = C_4H_9$; $R' = CH_3$ (XVIII), C_2H_5 (XIX).

Соединения (I–VI) синтезированы этерификацией меркаптоянтарной кислоты с соответствующими спиртами в присутствии хлористого водорода.

Диалкиловые эфиры меркаптоянтарной кислоты и их аминометильные производные представляют собой бесцветные жидкости, хорошо растворимые в органических растворителях и нерастворимые в воде.

Состав и строение синтезированных соединений подтверждены данными элементного анализа, а также методами ИК-и ПМР-спектроскопии.

В ИК-спектрах соединений (I–VI) имеются полосы поглощения в области 2575–2570 и 1750–1745 cm^{-1} , характерные для колебаний

Таблица 1
Спектры ПМР эфиров меркаптоянтарной кислоты (I—VI) и их аминотетракарбонных производных (XIII—XVII)

№ соединения	Соединение	Химические сдвиги δ , м. д.						
		а	б	в	г	д	е	ж
I	$\text{HS}-\overset{\text{ж}}{\underset{\text{д}}{\text{CH}}}-\overset{\text{а}}{\text{COOCH}_3}$	3,68	—	—	—	3,73	2,47	2,31
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}_3}$	3,77	—	—	—	—	3,3	—
II	$\text{HS}-\overset{\text{ж}}{\underset{\text{д}}{\text{CH}}}-\overset{\text{б}}{\text{COOCH}_2\text{CH}_3}$	1,25	4,07	—	—	3,6	2,3	2,1
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}_2\text{CH}_3}$	1,28	4,13	—	—	—	3,2	—
III	$\text{HS}-\overset{\text{ж}}{\underset{\text{д}}{\text{CH}}}-\overset{\text{б}}{\text{COOCH}}\begin{matrix} \text{а} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,21	4,92	—	—	3,58	2,3	2,1
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}}\begin{matrix} \text{а} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,24	—	—	—	—	3,17	—
IV	$\text{HS}-\overset{\text{ж}}{\underset{\text{д}}{\text{CH}}}-\overset{\text{г}}{\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3}$	0,93	1,1	1,1	1,00	3,63	2,3	2,1
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3}$	—	1,97	1,97	1,07	—	3,2	—
V	$\text{O} \begin{matrix} \text{ж} & \text{г} \\ \diagdown & \diagup \\ & \text{N}-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}-\text{COOCH}_2\text{CH}_3 \\ \diagup & \diagdown \\ \text{ж} & \text{г} \end{matrix}$	1,18	3,66	3,56	2,2	3,3	2,2	3,3
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}_2\text{CH}_3}$	1,21	4,3	4,3	2,6	3,66	3,1	3,66
VI	$\text{CH}_3 \begin{matrix} \text{г} \\ \diagdown \\ \text{N}-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}-\text{COOCH} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,18	4,9	3,93	2,27	3,53	2,1	—
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}}\begin{matrix} \text{а} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,21	—	4,13	—	—	—	—
VII	$\text{CH}_3\text{CH}_2 \begin{matrix} \text{ж} & \text{г} \\ \diagdown & \diagup \\ & \text{N}-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}-\text{COOCH} \\ \diagup & \diagdown \\ \text{ж} & \text{г} \end{matrix}$	1,18	4,9	4,13	2,57	3,5	2,1	1,05
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}}\begin{matrix} \text{а} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,21	—	4,27	—	—	3,1	—
VIII	$\text{ж} \begin{matrix} \text{ж} & \text{г} \\ \diagdown & \diagup \\ & \text{N}-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}-\text{COOCH} \\ \diagup & \diagdown \\ \text{ж} & \text{г} \end{matrix}$	1,18	4,9	4,08	2,2	3,53	2,2	1,2
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}}\begin{matrix} \text{а} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,21	—	4,11	2,7	—	3,1	1,85
IX	$\text{O} \begin{matrix} \text{ж} & \text{г} \\ \diagdown & \diagup \\ & \text{N}-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}-\text{COOCH} \\ \diagup & \diagdown \\ \text{ж} & \text{г} \end{matrix}$	1,18	4,9	3,83	2,25	3,4	2,25	3,4
	$\text{CH}_2-\overset{\text{е}}{\text{COOCH}}\begin{matrix} \text{а} \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$	1,21	—	4,04	2,7	3,7	3,1	3,7

Таблица 2

Диалкиловые эфиры меркаптоянтарной кислоты $\text{HS}-\text{CH}-\text{COOR}$
 CH_2-COOR

№ соединения	R	Выход, %	Т. кип. (Р, мм)	d_4^{20}	n_D^{20}	MR _D		Найдено, %			Формула	Вычислено, %		
						найденно	вычислено	C	H	S		C	H	S
I	CH ₃	63	83—84° (1,5)	1,2159	1,4695	40,5	41,3	40,56	5,71	17,81	C ₃ H ₁₀ O ₄ S	40,44	5,66	17,99
II*	C ₂ H ₅	61	89—90 (1,2)	1,12,9	1,4593	50,26	50,26	46,72	5,93	15,31	C ₃ H ₁₁ O ₄ S	46,56	6,84	15,54
III	изо-C ₃ H ₇	56	90—91 (0,8)	1,0565	1,4504	59,50	59,50	51,2	7,81	13,79	C ₁₀ H ₁₉ O ₄ S	51,56	7,74	13,68
IV	C ₄ H ₉	53	136—138 (1,2)	1,0513	1,4602	68,73	68,73	55,13	8,49	12,18	C ₁₂ H ₂₃ O ₄ S	54,93	8,45	12,22
V	CH ₃ CH ₂ OC ₂ H ₅	58	152—153 (0,8)	1,1338	1,4652	72,02	72,02	49,16	7,68	10,76	C ₁₂ H ₂₃ O ₆ S	48,96	7,53	10,89
VI	C ₄ H ₉ -CH-CH ₂ C ₂ H ₅	69	178—180 (0,6)	0,9788	1,4622	105,21	105,68	64,41	10,37	8,44	C ₂₃ H ₃₃ O ₄ S	64,12	10,22	8,56

* Литературные данные [4]: т. кип. 150°C (9 мм)

№ соедин- ения	R	R' R' N	Вы- ход, %	Т. кип. (Р, мм)	d ₄ ²⁰	n _D ²⁰	MRD		Найдено, %				Формула	Вычислено, %			
							най- дено	вычис- лено	C	H	N	S		C	H	N	S
VII	CH ₃	C ₂ H ₅	75	127—128 ^c (0,9)	1,1056	1,4817	67,61	63,25	50,2	8,16	5,29	12,11	C ₁₁ H ₂₁ NO ₄ S	50,17	8,04	5,32	12,17
VIII	CH ₃	N-пиперидил	86	142—143 (0,8)	1,1456	1,4979	70,17	70,66	52,46	7,73	5,11	11,59	C ₁₃ H ₂₁ NO ₄ S	52,34	7,63	5,09	11,61
IX	CH ₃	N-морфолл	88	148—149 (0,8)	1,2031	1,4992	67,70	67,09	47,72	6,98	5,00	11,37	C ₁₁ H ₁₉ NO ₄ S	47,63	6,91	5,05	11,56
X	C ₂ H ₅	CH ₃	77	112—113 (0,7)	1,0849	1,4731	68,37	68,25	50,27	8,21	5,16	12,00	C ₁₁ H ₂₁ NO ₄ S	50,17	8,04	5,2	12,17
XI	C ₂ H ₅	C ₂ H ₅	74	132—133 (0,9)	1,0503	1,4721	77,72	77,48	53,63	8,71	4,69	10,89	C ₁₃ H ₂₃ NO ₄ S	53,58	8,65	4,81	11,00
XII	C ₂ H ₅	N-пиперидил	89	153—156 (0,8)	1,0918	1,4856	79,63	79,90	55,58	8,44	4,42	10,18	C ₁₄ H ₂₅ NO ₄ S	55,42	8,31	4,61	10,56
XIII	C ₂ H ₅	N-морфолл	91	151—156 (0,7)	1,1435	1,4884	77,04	76,93	51,46	7,63	4,47	10,22	C ₁₃ H ₂₃ NO ₄ S	51,13	7,59	4,58	10,49
XIV	i-C ₃ H ₇	CH ₃	75	128—129 (1,0)	1,0306	1,4632	77,50	77,48	53,49	8,71	4,67	11,13	C ₁₃ H ₂₅ NO ₄ S	53,58	8,65	4,81	11,00
XV	i-C ₃ H ₇	C ₂ H ₅	80	138—139 (0,9)	1,0103	1,4642	87,27	86,73	56,56	9,33	4,12	9,89	C ₁₅ H ₂₅ NO ₄ S	56,39	9,15	4,38	10,03
XVI	i-C ₃ H ₇	N-пиперидил	86	146—148 (0,8)	1,0465	1,4787	89,50	89,14	57,81	8,98	4,9	4,32	C ₁₆ H ₂₉ NO ₄ S	57,97	8,82	4,22	9,67
XVII	i-C ₃ H ₇	N-морфолл	84	163—164 (0,9)	1,0956	1,4800	86,39	86,18	54,25	8,19	4,16	9,63	C ₁₅ H ₂₇ NO ₄ S	54,03	8,16	4,20	9,61
XVIII	C ₄ H ₉	CH ₃	72	148—151 (0,9)	1,0223	1,4685	86,97	86,72	56,50	9,31	4,18	10,00	C ₁₅ H ₂₅ NO ₄ S	56,39	9,15	4,38	10,13
XIX	C ₄ H ₉	C ₂ H ₅	78	170—172 (1,2)	1,0141	1,4699	95,61	95,95	58,89	9,53	4,11	9,08	C ₁₇ H ₂₉ NO ₄ S	58,75	9,57	4,03	9,22

групп SH и C=O соответственно [3]. Отсутствие полосы с частотой 2575—2570 см⁻¹ в ИК-спектрах соединений (VII—XIX) указывает на участие группы SH эфиров меркаптоянтарной кислоты в реакции аминометилирования.

В спектрах ПМР соединений (I—VI) имеются сигналы протонов SH группы при 2,1—2,31 м. д. (табл. 1), которые проявляются в виде дублета с J=9 гц в процессе взаимодействия с метиновыми протонами.

В спектрах ПМР соединений (VII—XIX) исчезает сигнал от протона SH группы и наблюдаются сигналы от протонов метиленовой группы фрагмента >N—CH₂—S—, которые неэквивалентны (δ3,56—4,13 и 4,04—4,3 м. д.) и проявляются в виде АВ-спектра с J_{AB}=12±0,2 гц.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК-спектры веществ сняты на приборе UR=10 в тонком слое. Спектры ПМР записаны на спектрометре Varian T=60 с рабочей частотой 60 Мгц в растворе CCl₄, внутренний стандарт—TMC

Дибутыловый эфир меркаптоянтарной кислоты (IV). В смесь 30 г (0,2 г—мол) меркаптоянтарной кислоты и 296 г (4 г—мол) бутылового спирта пропускали хлористый водород до насыщения. Затем смесь кипятили в течение 10 ч, после чего продукт экстрагировали бензолом, промывали водой до нейтральной реакции и высушивали над безводным сернокислым натрием. После отгонки бензола и избытка спирта, продукт перегоняли под вакуумом.

Аналогично получили соединения (I—III, V—VI), характеристика которых приведена в табл. 2.

Ди(метоксикарбонил)сукцинил-диэтиламинометилсульфид (VII). К 9 г 36%-ного водного раствора формальдегида при 25—30°C постепенно прибавляли 8 г диэтиламина. Затем к этой смеси при комнатной температуре добавляли 17,8 г (0,1 г—мол) диметылового эфира меркаптоянтарной кислоты. При этом наблюдается повышение температуры реакционной смеси. Содержимое колбы нагревали при 70—80°C в течение 4—5 ч, затем продукт экстрагировали эфиром, промывали водой, высушивали над безводным сернокислым натрием. Эфир отгоняли, а продукт перегоняли под вакуумом.

Аналогично получили и другие аминотимильные производные диалкиловых эфиров меркаптоянтарной кислоты.

Характеристика соединений (VII—XIX) приведена в табл. 3.

Выводы

Осуществлен синтез ряда диалкиловых эфиров меркаптоянтарной кислоты и изучена реакция последних с формальдегидом и вторичными аминами. Установлено, что указанная реакция экзотермична и приводит к образованию ди(алкоксикарбонил)сукцинил-диалкиламинометилсульфидов.

Литература

- Кулиев А. М., Алиев Н. А., Гусейнов К. З., Алиев З. Э., Ибрагимов Н. Ю., ЖОрХ, 10, 180, 1974.
- Кулиев А. М., Алиев Н. А., Гусейнов К. З., Алиев З. Э., Ибрагимов Н. Ю., ДАН Азерб. ССР, 32, № 2, 21, 1976.
- Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. ИЛ, 1963.
- Чехосл. пат. 85977, 1956; РЖХим., № 15, 51363 П, 1959.

Ə. М. Гулијев, Г. З. Гусейнов, Н. А. Әлијев, А. Г. Ибадзаде,
Н. Ј. Ибраһимов

**МЕРКАПТОЈАНТАР ТУРШУСУНУН ДИАЛКИЛ ЕФИРЛӘРИНИН
АЛЫНМАСЫ ВӘ ОНЛАРЫН ФОРМАЛДЕГИД ВӘ ИКИЛИ АМИНЛӘРЛӘ
КОНДЕНСЛӘШМӘСИ**

Мәгәлләдә меркаптојантар туршусунун диалкил ефирләринин алынмасындан вә онларын формалдегид вә икили аминләрлә конденсләшмәси реаксиясындан бәһс олуур. Көстәрилән реаксия экзотермикдир вә ди(алкоксикарбонил)суксинил-диалкил-ламинометилсульфидләрин алынмасы илә нәтичәләнир.

A. M. Kuliev, K. Z. Guseinov, N. A. Aliev, A. K. Ibad-zade, N. Yu. Ibragimov

**SYNTHESIS OF DIALKYL ESTERS OF MERCAPTOSUCCINIC ACID AND
THEIR CONDENSATION WITH FORMALDEHYDE AND SECONDARY AMINES**

A series of dialkyl esters of mercaptosuccinic acid was synthesized and the reaction of the latter with formaldehyde and secondary amines was studied.

It was established that the reaction was exothermic and resulted in the formation of succinyl dialkylaminomethyl sulphides.

АЗӘРБАЙҖАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОИ ССР

ТОМ XXXIII ЧИЛД

№ 11

1977

УДК 622. 279. 1/4

РАЗРАБОТКА ГАЗОВЫХ И
ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Чл.-корр. М. Т. АБАСОВ, Ф. Г. ОРУДЖАЛНЕВ, А. А. АХМЕДОВ,
Н. М. ДЖАФАРОВА

**К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РАЗРАБОТКИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Бурное развитие газовой промышленности страны в значительной степени связано с разработкой газоконденсатных месторождений. Ввод в промышленную разработку большого числа новых и эффективное освоение запасов, находящихся в эксплуатации газоконденсатных месторождений диктует необходимость дальнейшего повышения качества проектных решений.

Для удовлетворения возросших требований к проектно-изыскательским работам необходимо наличие надежного прогноза сложных процессов в газоконденсатных пластах с различными природными условиями при учете воздействия на них различных технологических предпосылок; обоснованность экономических оценок каждого предполагаемого варианта разработки в условиях многовариантного рассмотрения поставленной задачи; объективности принимаемого решения по данному месторождению с обеспечением интересов всего района.

В Институте проблем глубинных нефтегазовых месторождений АН Азерб. ССР в течение ряда лет выполнялись исследования по созданию и совершенствованию теоретических основ проектирования разработки газоконденсатных месторождений. Результатом этих исследований явилось создание эффективных гидродинамических расчетных схем проектирования и анализа разработки газоконденсатных месторождений, учитывающих специфику течения углеводородных жидкостей в пористой среде и притока ее к скважинам, неоднородность пластов по основным параметрам.

На основании изучения опыта разработки многих, в том числе и морских газоконденсатных месторождений, обобщения опыта экономических исследований в различных нефтегазодобывающих районах подготовлены расчетные методы оценок экономической эффективности разработки газоконденсатных месторождений с обеспечением уравнивания вариантов по объему продукции, приведения экономических показателей всех периодов к начальному году и др. Специальными экономическими исследованиями установлен эффективный способ определения предельного минимального запаса, приходящегося на одну скважину, который в различных природных условиях обеспечивает рентабельную разработку месторождения.

Сказанное позволило приступить к решению принципиально нового класса задач, направленного на автоматизацию процесса проектирования разработки газоконденсатных месторождений, что может быть достигнуто путем создания пакета программ для решения этих задач в различных режимах. Нами описываются возможности первой из разработанных в ИПГНГМ АН Азерб. ССР таких программ.

Задача заключается в определении оптимального варианта разработки газоконденсатного месторождения на газовом режиме при заданных ограничениях. Оптимум ищется в заданном интервале изменения количества скважин путем многовариантных расчетов показателей процесса. Каждому варианту ставится в соответствие вычисленная величина суммарных приведенных затрат.

Задача может решаться для случаев планового задания на добычу газа и с учетом ввода скважин по годам, с восстановлением истории разработки или без нее. Плановое задание на добычу газа при этом может быть задано и в виде темпа отбора в период нарастающей добычи с уровнем отбора газа в период постоянной добычи.

Назовем общим расчет, который ведется с нарастающим числом скважин от начального момента времени до момента, когда срабатывает один из следующих критериев, останавливающих общий расчет: — достигнут заданный уровень истощения запасов, — приведенные затраты в текущем году превысили допустимый уровень (экономический критерий).

В зависимости от задания значений управляющих параметров программа осуществляет такой расчет для одного из указанных случаев. В обоих случаях общий расчет сначала идет с нарастающим числом скважин, пока оно не достигнет некоторого заданного числа скважин. Начиная с этого момента производится расчет подвариантов с фиксированным числом скважин, что соответствует периоду падающей добычи. Остановка расчетов осуществляется на основании отмеченных критериев. Каждый следующий по времени подвариант отличается от предыдущего на какое-то заранее заданное число, а при необходимости и на одну скважину. При выходе на подвариант программа обеспечивает запоминание текущего состояния, к которому возвращается по завершении расчетов в данном подварианте. Таким образом полный цикл расчетов обеспечивает рассмотрение всех вариантов разработки в интересующем нас интервале изменения таких параметров, как продолжительность периода постоянной добычи, максимальное количество потребных скважин, общий срок разработки и т. д.

И общий расчет, и каждый подвариант завершаются формированием следующих таблиц:

- таблица основных технологических показателей (вычисленных на конец каждого месяца),
- таблица интегральных показателей (по годам разработки),
- таблица нарастающей добычи,
- таблица технико-экономических показателей.

На основании данных последней таблицы производится оценка текущего варианта разработки. На печать выводятся результаты варианта разработки с минимальными приведенными суммарными затратами и заданного количества близких к нему вариантов. Результаты таких оценок по всем рассмотренным вариантам служат основанием для выбора оптимального с технико-экономической точки зрения варианта.

Таким образом, на основании целенаправленных исследований по теории фильтрации газоконденсатных смесей, серьезных обобщений в области практики разработки месторождений и специальных экономических исследований, в Институте проблем глубинных нефтегазовых месторождений АН Азерб. ССР созданы экономико-математическая модель и соответствующие алгоритмы и программа решения на ЭВМ БЭСМ-6 задач разработки газоконденсатных месторождений, впервые обеспечившие автоматизацию процесса проектирования их разработки на газовом режиме при задании в более общем виде условий решения.

ИПГНГМ

Получено 20. VII 1977

М. Т. Абасов, Ф. Г. Оруджалиев, А. А. Ахмедов, Н. М. Чофарова

ГАЗ-КОНДЕНСАТ ЯТАГЛАРЫ ИШЛЭНМƏСИНІН ЛАЈИҲƏЛƏШДІРМƏ МЕТОДЛАРЫНЫН ТƏКМІЛЛƏШДІРІЛМƏСІНƏ ДАІР

Мағаләдә газ-конденсә јатағларының ишләнмәси мәсәләләрини БМ БСМ-6 да һәлл етмәк үчүн иҗтисад-ијази модел, она анд олан алгоритмәр вә һесабат програмының јарадылмасы илә бағлы вәһиб мәсәләнин җојулушу вә һәлли кәстәрилир. Бу һәлл илк дәфә јатағларын газ режиминдә ишләнмәсини ләјиһәләшдирмә просесини автоматлашдырмасына имкан веришир.

M. T. Abasov, F. G. Orudjaliev, A. A. Akhmedov, N. M. Jafarova

TO THE IMPROVEMENT OF METHODS OF PROJECTING OF THE DEVELOPMENT OF GAS CONDENSATE FIELDS

The article gives the statement and solution of an important problem on the building of an economico-mathematical model and corresponding algorithms and programmes of solution of development problems of gas condensate fields on the computer BESM-6, have first provided the automation of the projecting process of their development at gas drive.

УДК 5:9.313.7

МИНЕРАЛОГИЯ

С. Ф. ВЕЛИЗАДЕ, Э. Н. ЭФЕНДИЕВА, Н. Ф. НАГИЕВ

О ВИВИАНТЕ ИЗ КАЦДАГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР А. Д. Султановым)

Кацдагское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено в азербайджанской части южного склона Большого Кавказа и представлено линзо- и жиллообразными рудными телами, залегающими среди песчано-глинистых отложений нижнего аалена [6]. Сульфидные залежи месторождения сложены массивной и полосчатой текстурой сплошными рудами, сопровождаемыми ореолом прожилков-вкрапленного оруденения. По количественному соотношению главных минералов здесь выделяются четыре типа руд: колчеданно-полиметаллические, медно-пирротиновые, «смешанные» и кварц-полиметаллические. В первичных рудах помимо главных сульфидов—пирротина, пирита, сфалерита, галенита и халькопирита, обнаружен целый ряд второстепенных и редко встречающихся минералов [1, 3, 4]. Особый интерес представляет зона окисления месторождения, где установлены различные окислы и гидроокислы железа, марказит, мельниковит, мелантерит, розенит, ярозит, славикит, галотрихит, самородная медь, ковеллин, борнит, куприт, халькантит, малахит, азурит, англезит, церуссит, смитсонит и каолинит [1].

Авторам настоящей статьи удалось этот список пополнить еще одним, ранее не отмеченным на этом месторождении, минералом—вивианитом— $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ —водным фосфатом закиси железа.

Вивианит встречается в виде небольших гнезд и неправильной формы выделений в трещинах, полостях кварцевых жил и магматических образований, а также на плоскостях рассланцевания рудовмещающих песчано-глинистых пород. Он представлен синего и зеленого цвета призматическими кристаллами длиной до 2—3 см, легко распадающимися на отдельные бесцветные и прозрачные пластинки толщиной не более 0,5 мм.

Основная масса вивианита слагает кристаллические корочки на стецках трещин и на плоскостях рассланцевания песчано-глинистых сланцев. Реже наблюдаются его друзообразные обособления. Помимо хорошо выраженных кристаллов встречается также землистая разновидность минерала, которая пятнисто окрашивает породы в синий цвет.

Упругие кристаллы вивианита имеют стеклянный блеск и легко прочерчиваются медной иглой, что указывает на низкую твердость минерала. Он легко растворяется в HCl .

Под бинокулярным микроскопом в кристаллах вивианита довольно часто отмечаются глобулярные агрегаты пирита, образующие, в основном, небольшие скопления, а иногда и одиночные обособления. Примечательно, что в ряде случаев глобулы пирита непосредственно не наблюдаются, хотя отпечатки скульптуры их поверхности, обнаруживаемые на плоскостях спайности вивианита, однозначно свидетельствуют о том, что кристаллы водного фосфата закиси железа освободились от них в процессе дробления.

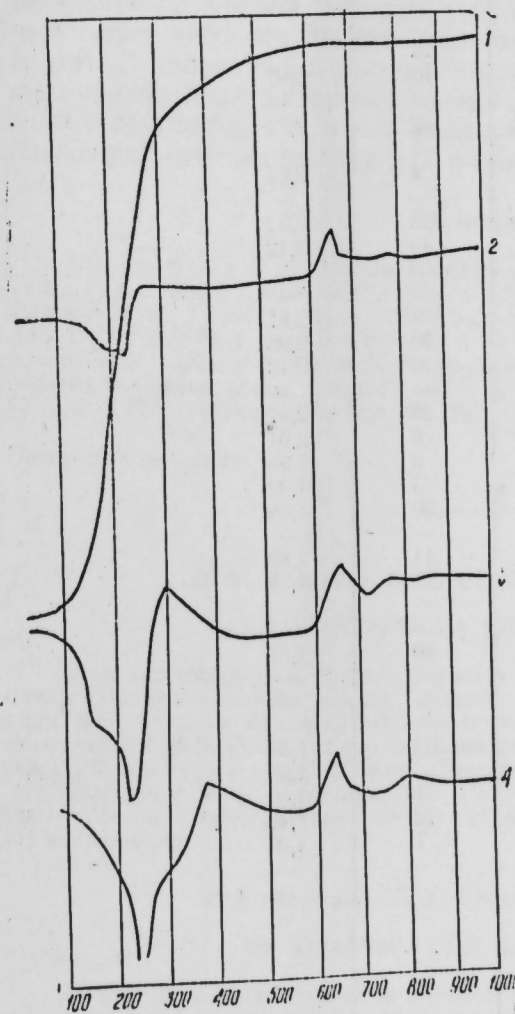
Под микроскопом вивианит бесцветный, обладает высокой интерференционной окраской, оптически двуосный, положительный, удлинение отрицательное, $cNg=28^\circ$, $Ng=1,613$, $Np=1,609$, $Ng-Np=0,04$.

Для точной диагностики вивианита его мономинеральная фракция, тщательно отобранная под бинокулярным микроскопом, нами была подвергнута спектральному, термическому и рентгено-структурному анализам.

Спектроскопически в минерале, помимо основных компонентов вивианита—железа ($>1\%$) и фосфора ($>1\%$) зафиксированы также марганец (0,04%), магний (0,01%), цинк (0,01%), алюминий (0,006%)

и кремний (0,003%). Обнаруженные элементы примеси в минерале присутствуют в различной форме. Очевидно, в силу близости размеров ионных радиусов Mn^{2+} (0,91Å), Mg^{2+} (0,78Å), возможно также Zn^{2+} (0,83Å) изоморфно замещают Fe^{2+} (0,82Å), а Si^{4+} (0,39Å)— P^{5+} (0,35Å) в кристаллической решетке вивианита. Наличие же алюминия, по-видимому, обусловлено механическим загрязнением анализируемой пробы.

Термограмма исследованного нами минерала (рисунок), на которой фиксируется два эндо- и два экзотермических эффекта, хорошо согласуется со справочными данными вивианита [5]. Сближенные эндотермические эффекты с максимумами при 200 и 230°C обусловлены стадийным удалением конституционной воды, содержание которой в минерале по кривой потери веса, составляет 25%. Так как теоретически в вивианите содержится 28,73% воды, то можно сказать, что изученный нами вивианит, в этом отношении характеризуется некоторым дефицитом. Что же касается экзотермических эффектов, то, по всей вероятности, первый



Кривые нагревания вивианита: 1, 2 — кр. потери веса и ДТА исследованного вивианита; 3, 4—кр. ДТА вивианита по В. П. Ивановой и др. (1974).

Результаты расчета рентгенограмм вивинанита

Вивинанит из Кацдагского месторождения		Вивинанит (ASTM 1966) №№ 100 67 67 3—0070	
1		2	
J	d_a/n	J	d_a/n
4	8,62	27	8,00
3	7,60	—	—
10	6,79	100	6,80
1	5,85	—	—
3	5,66	—	—
6	4,91	40	4,91
1	4,52	13	4,50
1	4,29	4	4,32
7	4,06	13	4,09
3	3,85	40	3,84
1	3,63	5	3,65
1	3,53	—	—
3	3,44	—	—
3	3,34	3	3,33
8	3,19	53	3,20
1	3,09	—	—
1	3,04	—	—
6	2,97	67	2,97
1	2,86	—	—
6	2,72	67	2,71
7	2,69	—	—
1	2,65	8	2,64
5	2,57	—	—
6	2,52	33	2,52
3	2,41	40	2,42
1	2,37	—	—
1	2,34	—	—
6	2,31	27	2,31
5	2,22	20	2,23
5	2,17	20	2,19
1	2,15	—	—
5	2,07	23	2,07
3	2,01	8	2,01
—	—	8	1,96
2	1,91	33	1,92
2	1,89	20	1,89
3	1,87	—	—
1	1,83	11	1,82
1	1,78	13	1,78
1	1,76	—	—
1	1,72	—	—
9	1,676	40	1,67
1	1,648	—	—
1	1,626	—	—
1	1,611	—	—
4	1,578	23	1,59
1	1,556	7	1,55
3	1,524	11	1,52
1	1,497	12	1,49
1	1,475	7	1,47
1	1,442	—	—
1	1,431	—	—
1	1,413	—	—
1	1,400	—	—
1	1,371	—	—
1	1,353	—	—
6	1,341	—	—
1	1,333	—	—
1	1,317	—	—
1	1,295	—	—

Условия съемки. ДРОН-1; напряжение — 35 кВ; анодный ток — 12 мА, скорость вращения образца 1, мин. Сика-излучение с фильтром. Аналитик И. Дж. (Институт геологии).

из них (с максимумом при 655°C) вызван кристаллизацией безводного фосфата закиси железа — $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, а второй (с максимумом при 775°C) — окислением Fe^{2+} в Fe^{3+} с образованием — FePO_4 .

Результаты рентгенометрического исследования минерала, проведенного на дифрактометре ДРОН-1, приводятся в таблице. Сравнение полученных рентгеновских данных с имеющимися в литературе не вызывает сомнений в том, что изученный минерал является вивинанитом [7]. При этом следует отметить, что на рентгенограмме вивинанита из Кацдагского месторождения получен целый ряд дополнительных линий, отсутствующих у эталона: 7,60 (3), 5,66 (3), 3,44 (3), 3,57 (5), 1,41 (6) и т. д.

В заключение отметим, что район Кацдагского месторождения характеризуется хорошо развитым лесным покровом, служившим источником фосфора. При разложении растений циркулирующие на поверхности содержащие углекислоту воды, обладая значительной растворяющей способностью, очевидно, извлекли из них определенное количество фосфора. Они по многочисленным трещинам пород, просачиваясь до уровня первичных руд, обусловили их разрушение, в результате чего обогатились железом и приобрели сернокислую реакцию. В дальнейшем по мере миграции в различных типах пород кислотность этих минерализованных вод понизилась, что препятствовало транспортировке в них фосфора и железа и тем самым создало благоприятную обстановку для формирования вивинанита.

Литература

1. Велизаде С. Ф. Мат-лы Юбилейной научной сессии. Баку, 1972.
2. Велизаде С. Ф. „ДАН Азерб. ССР“, 1975, т. XXXI, № 3.
3. Велизаде С. Ф., Эфендиева Э. Н., Алиев А. А., Мустафазаде Б. В., Покидин А. К. „ДАН Азерб. ССР“, 1976, т. XXXII, № 8.
4. Керимов Г. И., Велизаде С. Ф. „ДАН Азерб. ССР“, 1974, т. XXX, № 5.
5. Иванова В. П. и др. Термический анализ минералов и горных пород. „Недра“, 1974.
6. Романов В. И. Автореф. канд. дисс., 1975.
7. ASTM. Powder diffraction file. Soc. techn. Philadelphia, 1966.

Институт геологии

Поступило 21.VI 1977

С. Ф. Велизаде, Е. Н. Эфендиева, Н. Ф. Нагыев

КАСДАГ ЖАТАҒЫНДА ВИВИАНИТ ҲАГҒЫНДА

Мағаләдә вивинанитин Касдаг жатағынын оксидләшмә зонасында илк дәфә олараг ашкар едилмәсиндән бәһс едилр. Вивинанит минерал гумлу, килли шистләрин вә кварс дамарларынын мүхтәлиф чат вә бошлугларында кичик өлчүлү јувачыглар шәклиндә гејд олунур. О, адәтән көј вә јашыл рәңкли кристаллар тәшкил едир, бә'ән исә друза шәкилли агрегатлар әмәлә кәтирр.

Минералын оптики хусусијәтләри микроскоп васитәси илә дәһиг өјрәнилмиш, диагностикасы спектрал, термик вә рентгенометрик тәһлил үсуллары васитәсилә тәсдиг едилмишдир.

S. F. Velizade, E. N. Efendieva, N. F. Nagiev

ON VIVIANIT FROM KATSDAG DEPOSIT

Vivianit on Katsdag deposit is revealed for the first time by the authors of the article. It is met as small nests and irregular form of segregation in fractures and in cavities of quartz-reefs and magmatic rocks as well as on shist formation planes of ore enclosing sandy-argillaceous shales. Vivianite diagnostics, besides microscopic investigation is determined by the methods of spectral, thermal and roentgenostructural analyses. Condition of vivianit formation is adduced in conclusion.

УДК 55 (1)

ГЕОЛОГИЯ

Чл.-корр. Э. Ш. ШИХАЛИБЕЙЛИ, В. В. КОРОБАНОВ, С. С. МУСТАФАЕВ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О НАЛИЧИИ ААЛЕНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО СКЛОНА (ЛАГИЧСКИЕ ГОРЫ) БОЛЬШОГО КАВКАЗА

В литературе по южному склону Б. Кавказа наличие Дуруджинского антиклинория подтверждено работами ряда исследователей (1, 2, 3, 4, 5, 6) на отрезке, охватывающем междуречье Белоканчая и Дамирапаранчая; восточнее же меридиана с. Куткашен упомянутый антиклинорий не выделяется. Поэтому на всех имеющихся геологических картах данного района Азербайджана, в междуречье Гирдыманчая и Дамирапаранчая и западнее, севернее Вандамской зоны, показано наличие палеоген-нижнемеловых отложений. В связи с этим полоса распространения палеогеновых отложений получила наименование (в литературе) Лагичского прогиба. Некоторые исследователи ошибочно считают, что он на западе соединяется с Дашагильским синклинорием Вандамской зоны и именуется ими Лагич-Дашагильским прогибом.

Наши исследования 1974 г. показали, что на всем протяжении от Дамирапаранчая на западе до верховьев правого притока Гирдыманчая на востоке, севернее Вандамской зоны выступают песчано-сланцевые отложения ааленского возраста, слагающие Дуруджинский антиклинорий и до настоящего времени принимающиеся всеми исследователями этой части южного склона Большого Кавказа за майкопские. В действительности, нижние течения правых притоков Геокчая (Ширванчай, Сангерчай, Джангучай) сложены отложениями аалена, а не майкопа, и ширина полосы их выходов здесь достигает 3—4 км. Восточнее отложения аалена, постепенно погружаясь, прослеживаются до верховьев Ахоччая и Гирдыманчая и перекрываются майкопскими отложениями, занимающими в среднем течении Гирдыманчая все пространство между Вандамской зоной на юге и Ковдаг-Сумгаитской — на севере. Здесь, как и на западе, отложения аалена с юга приведены в тектонический контакт с вулканогенными отложениями Вандамской зоны по крупному разлому, именуемому нами Ниналдагским.

С севера отложения аалена ограничены крупным Зангинским надвигом, установленным В. Е. Ханым [5], западным продолжением которого является Кайнарский надвиг, установленный Э. Ш. Шихалибейли [6]. Таким образом, эту единую систему надвигов следует именовать Кайнаро-Зангинской.

В силу того, что Дуруджинский антиклинорий разделяет две структурно-формационные зоны: Дибрарскую на севере и Вандамскую на юге и резко отличается историей своего тектонического развития, его следует отнести к шовной зоне южного склона Большого Кавказа.

Повсеместно на отложения аалена Дуруджинского антиклинория по пологим поверхностям скольжения с севера надвинуты отложения кимериджа, титона и валанжина. Надо полагать, что здесь, как и на западе, под надвинутой серией верхнеюрско-нижнемеловых отложений на некоторых глубинах имеются недостающие толщи осадков средней и верхней юры. Косвенным доказательством этого может служить наличие крупных глыб хиналугских песчаников в элювии у слияния рек Сангерчай и Ширванчай-правых притоков Геокчая.

В среднем течении Геокчая, южнее Зангинского надвига, на отложения аалена с севера надвинуты отложения кимериджа-титона и валанжина, собранные в ряд изоклинально-чешуйчатых складок.

В районе г. Шакамдаг осевая полоса Дуруджинского антиклинория срезана двумя параллельно протягивающимися разломами-взбросами СВ—ЮЗ простирания, благодаря которым Дуруджинский антиклинорий ступенчато погружается в восточном направлении. Именно здесь выступают майкопские отложения, получающие все более широкое распространение по мере продвижения на восток.

В структурном отношении Дуруджинский антиклинорий на исследуемом участке представляет горст-антиклиналь, ядро которой сложено отложениями глинисто-сидеритовой свиты, собранной в ряд наклонных складок с пологим северным и крутым южным крыльями при северном падении обоих. Крылья горст-антиклинали сложены отложениями песчано-сланцевой свиты и ограничены с севера и с юга разрывами. Подобное строение Дуруджинского антиклинория можно прочесть в ряде сечений: по Геокчаю, в притоках Ахоччая, в районе г. Шакамдаг. Но в сечениях по рек Ширванчай, Сангерчай оно не просматривается из-за широко развитых оползневых явлений. Несколько западнее, по левому притоку Вандамчая, можно отметить в строении антиклинория наличие двух антиклинальных складок, разделенных небольшой синклиналью, что свидетельствует о погружении шарнира Дуруджинского антиклинория в восточном направлении.

В строении Дуруджинского антиклинория принимают участие отложения двух свит: глинисто-сидеритовой и песчано-сланцевой.

Глинисто-сидеритовая свита характеризуется преобладанием серых, почти черных листоватых звонких оскольчатых сланцев с характерными включениями железистых конкреций и спорадическими пропластками серых песчаников, мощность которых варьирует от 0,05 до 0,1 м. Мощность пакетов глинистых сланцев достигает 1,5—2 м, мощность всей толщи — не менее 150—200 м.

Песчано-сланцевая толща характеризуется ритмичным чередованием песчаников и сланцев (50 на 50). Песчаники темно-серые, с многочисленными прожилками кальцита и углистого вещества; мощность пропластков 0,2—0,3 м. Сланцы темно-серые до черного цвета, мощность пакетов — 0,2—0,3 м. Мощность толщи не менее 600—700 м.

Микрофауна: *Tolypammina cf. tortonsa* Mak.

Reinholdella cf. antiqua (Kapt),

определенная Г. К. Касимовой в образце, взятом нами из глинисто-сидеритовой толщи в районе г. Шакамдаг в 1974 г., указывает на среднеюрский возраст этой толщи.

Микрофауна: Двустворчатые:

Lima sp. indet — юра — голоцен

Spondylopecten sp. indet—палеозой—ныне
стебли морской лилии:

Pentacrinus sp. indet—в. триас-юра,
найденная и определенная Т. А. Гасановым, В. Б. Агаевым в песча-
но-сланцевых отложениях по Ширванчаю у с. Каладжик (1975), так-
же указывает на юрский возраст толщи.

На фаунистически охарактеризованные отложения аалена Дуруд-
жинского антиклинория надвинуты пестроцветная и карбонатно-терри-
генная толщи, которые, на основании сопоставления с фаунистически
охарактеризованными отложениями верхней юры-нижнего мела южно-
го склона Б. Кавказа относятся соответственно: к земчайской свите
кимериджа, илисуйской свите титона и дюзсыртовской фации валанжина.

Пестроцветная толща в нижней части представлена серо-зелены-
ми известковистыми песчаниками (мощность пропластков 0,3—0,4 м) и
серыми аргиллитами. Эту часть толщи мы относим к кимериджу (зем-
чайская свита). В верхней части преобладает тонкоритмичное чере-
дование зеленых и бордовых (доминируют) известковистых аргилли-
тов (мощность пропластков 0,03—0,05 м). Эту часть толщи относим к
титону (илисуйская свита), а всю толщу—к кимеридж-титону. Общая
мощность толщи—100—120 м.

Карбонатно-терригенная толща. Ее можно разделить на две час-
ти. В нижней она представлена ритмичным чередованием аргиллитов,
мергелей, песчаников, известковистых песчаников, известняков. Для
отложений этой части толщи характерно увеличение известковистости,
мощности пропластков вверх по разрезу и слабая кремнистость. Верх-
няя часть толщи представлена исключительно толстослоистыми (2—2,5 м
мощности пропластков) известковистыми песчаниками и мощность ее
достигает 35—40 м. Общая мощность толщи 300—350 м и мы относим
ее к дюзсыртовской фации валанжина.

На основании проведенных исследований в междуречье Дамира-
паранчая и правых притоков Гирдыманчая выделяется восточное про-
должение Дуруджинского антиклинория. Последний сложен песча-
но-сланцевыми отложениями аалена и представляет собой горст-антик-
линаль, на северное крыло которой надвинуты отложения кимериджа,
титона и валанжина. С севера она ограничена Кайнаро-Зангинским
надвигом, отделяющим ее от Закатало-Ковдагского синклинория, с
юга—Ниялдагским надвигом, отделяющим ее от Вандамского антик-
линория. Она является типично шовной структурой южного склона
Б. Кавказа, сильно отличающейся историей своего развития на про-
тяжении мезо-кайнозоя.

Литература

1. Агаев В. Б., Гасанов Т. А. „ДАН Азерб. ССР“, №8, Изд-во „Элм“, Баку, 1975. 2. Агаев В. Б., Исаев Б. М., Елчиев М. Н., Мамедов А. И. „Уч. зап. АГУ, серия геол.-геогр.“, №6, Баку, 1972. 3. Агаев В. Б., Шихалибейли Э. Ш. Геология СССР, т. XVII. Изд-во „Недра“, М., 1972. 4. Агаев В. Б., Шихалибейли Э. Ш. „Уч. зап. АГУ, серия геол.-геогр.“, №2, 1973. 5. Ханн В. Е. Геотектоническое развитие юго-восточного Кавказа, Азнефтеиздат, Баку, 1950. 6. Шихалибейли Э. Ш. Геологическое строение Азербайджанской части южного склона Б. Кавказа. Изд-во АН Азерб. ССР, Баку, 1950.

Институт геологии

Поступило 27. VI 1977

E. Sh. Shikhalibeyli, V. V. Korobanov, S. S. Mustafaev

NEW DATA ABOUT THE PRESENCE OF AALEN SEDIMENTS IN THE EASTERN PART OF THE SOUTH SLOPE (LAGICH MOUNTAINS) OF THE MAJOR CAUCASUS

In the southern slope of the Major Caucasus in Lagich Mountains the eastern con-
tinuation of Durudja anticlinorium stand out presenting the typical structure and dif-
fering much by its evolution history during the Mesocenozoic.

ЭСТЕТИКА

И. Н. РЗАЕВ

РОЛЬ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ СКАЗКИ В ФОРМИРОВАНИИ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ИДЕАЛА

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

Сказка—как жанр устного народного творчества своеобразно отра-
жает творческую и практическую деятельность человека, события
общественной жизни. Несмотря на то, что сказка зародилась еще в
эпоху распада первобытнородовой общины¹, своего расцвета она дос-
тигла гораздо позднее. Возникшая одновременно с проявлениями
классовой борьбы, сказка, спустя столетия, расцвела вновь именно в
период обострения этой борьбы. Обе эти исторические ситуации ха-
рактеризуются сильнейшими общественными катаклизмами, в ходе
которых выкристаллизовывались определенные эстетические и этиче-
ские ценности, вырисовывались идеальные нормы. Располагая богатыми
выразительными и изобразительными возможностями и художествен-
ными средствами, сказка в указанные исторические периоды, т. е. в
период распада первобытной общины и в период существования ка-
питалистической общественно-экономической формации, выходит в
первый ряд среди жанров фольклора, пропагандируя и изображая всю
гамму самых благородных передовых человеческих идеалов.

Став ареной идеологической борьбы, сказка художественно во-
площает различные идеальные образы, среди которых ведущими были
образы „благородного“ и „низкого“ героев. Неотвратимо усиливаю-
щаяся поляризация классовых сил отнюдь не способствовала созда-
нию единого идеала, потому что „всякий идеал является представле-
нием о том, какой должна быть действительность с точки зрения тех
или иных общественных сил.“²

Однако мы имеем возможность анализировать причины возник-
новения этих идеальных образов, т. к. „идеалы вообще являются
порождением реальных противоречий действительности, когда эти
противоречия представлены в их желаемом и окончательном разре-
шении“.³

¹ В. Я. Пропп. Исторические корни волшебной сказки, Л., 1946, стр. 334;
Е. М. Мелетинский. Герой волшебной сказки, М., 1958, стр. 148.

² Л. Н. Столович. Категория прекрасного и общественный идеал, М., 1969,
стр. 10.

³ Г. Пенчев. Эстетический идеал и общественные противоречия. „Современ-
ная прогрессивная эстетическая мысль“, М., 1974, стр. 22.

Вполне приемлемые условия для формирования общественного и эстетического идеалов созданы в сказке, где в сжатой концентрированной форме даны общественные, эстетические, морально-этические противоречия общества, а также показаны результаты, к которым могло бы прийти общество в процессе разрешения этих противоречий.

Сказка, на первый взгляд уводящая от решения реальных проблем, становится своеобразной формой осознания социальных сил, формой выделения их из конкретности жизненных явлений и тем самым их обобщения.⁴ Подобные сказки упорно изображают одни и те же социальные причины невзгод и несчастий народа.

Объективно эти причины сводятся к незнанию правящими классами жизни трудящихся масс, к нежеланию и неумению облегчить непосильный груз условий простого человека, сводятся к эксплуатации человека человеком. И потому, так гневно звучат народные слова в финале сказки „Мальчик—богатырь“: „О люди, для шаха не может быть кары лютее. У него отняли его власть и трон. Теперь пусть он живет, как простая чернь, пусть познает все тяготы жизни, голод и холод, пусть воочию увидит, что справедливо, а что нет. Пусть вспоминает он о содеянном зле. И тогда не единожды он умрет, а сто крат на дню, мучимый совестью своей.“⁵

„Благородные“ герои в азербайджанских сказках представлены, главным образом, „анонимными“ шахами, которые повинуюсь народному желанию, отрекаются от дурных поступков и становятся на путь праведный. В сказке „Шах и визирь“ шах велел построить караван-сарай на всех дорогах, перекинуть мосты через все большие реки, беднякам и сиротам раздать деньги и хлеб. Он сам выслушивал все жалобы и судил справедливо виновных. Сказка „Добрый шах“ кончается предложением шаха: „Соберем воедино свои богатства и все раздадим беднякам“.

Как результат борьбы народа против социального неравенства родились сказки и о воцарении „низких“ героев.⁶ В сказке „Добрый шах“ шахиня рассказывает, что она была дочерью бедного человека, потом разбогатела и все раздала беднякам. О самом процессе воцарения она не говорит ни слова. В сказке „Шах и старик“ старик идет на верную смерть, защищая жителей своего города, за что немедленно воцаряется, правит справедливо и честно, всю казну раздает беднякам, старикам, сиротам. Это происходит несколько неожиданно по историческим меркам, но весьма логично по законам жанра сказки. Неожиданно потому, что такие народные идеалы, как равенство между людьми, материальная независимость от власти имущих, духовная свобода не были и не могли быть реализованы, пока существовала эксплуатация одних классов другими, исключавшая в первую очередь какое-либо равенство в распределении материальных благ.

В азербайджанской сказке дилемма о двух способах социальных революций также решается очень своеобразно: тирания несправедливого шаха может быть свергнута как „сверху“, другим, справедливым шахом, так и „снизу“, возмущенными народными массами. Учитывая, что и в этом, втором случае непременно выбирается новый шах и только тот находит средства осчастливить весь народ, отметим, что сказочная философия признает возможным решение противоречий действительности только „сверху“, даже если ведущую, основную роль в свержении тирании играют трудовые массы. Именно потому, что

⁴ К. С. Давлетов. Фольклор как вид искусства. М., 1966, стр. 145.

⁵ Азербайджанские сказки. Баку, 1968, стр. 125.

⁶ Е. М. Мелетинский. Герои волшебной сказки. М., 1958, стр. 253.

„практическое осуществление и выражение эстетического идеала предполагает в качестве необходимой предпосылки свободу во всей жизнедеятельности общественного человека“,⁷ следует предположить, что такой предпосылкой в сказке служил царский сансказочный идеал власти.

Воплощение общественного эстетического идеала в образе царя свойственно не только азербайджанским сказкам. В. П. Аникин, говоря о русской сказке, отмечает, что и там „позитизация принимает интересную форму дарования героям царского сана. В волшебной сказке действуют не просто Иван да Марья, а Иван-царевич и Марья-царевна. Сказка поселяет их во дворцах. Однако в поступках, речах и обычаях они остаются простыми людьми.“⁸

Необходимо отметить, что в азербайджанских сказках существует и довольно необычный, колоритный образ царя плешивых, как, например, в сказке „Салех и Валех“,⁹ который правит наравне с настоящим шахом и учит его вершить правый суд. Несмотря на внешнюю безобразность, царь плешивых является истинным воплощением общественного эстетического идеала. Этот герой не царского происхождения, но народ считает его достойным царского сана. И очень символично, что шах, имеющий все возможности разрешить назревшие противоречия—глупость судей, коррупцию, лжесвидетельство—и таким образом стать идеальным героем, не справляется со своими обязанностями и уступает преимущество герою низкого происхождения. В большинстве сказок шах, олицетворяющий антиобщественные, античеловеческие черты, заменяется новым шахом, воплощающим в себе прекрасные черты человеческого характера. Других форм правления, кроме восточного деспотизма, в азербайджанских сказках не встречается, потому что идеалы разрешают жизненные противоречия ровно настолько, насколько позволяет уровень человечества на данном этапе и опираются на объективные возможности своего времени. Такие сказки, как „Золотой подсвечник“ вновь и вновь подчеркивают, что образ шаха сам по себе еще не противопоставляется народному идеалу, а, напротив, носит в себе характерные черты этого идеала. В образах прекрасных царевичей и королевичей народ „освобождался“ от тяготевшей над ним бедности, серости, тусклости повседневного быта. Это было очищение и вместе с тем напоминание о той идеальной норме, о которой недостаточно только мечтать, но за которую нужно и бороться, как это делает сказочный герой.¹⁰ Вместе с тем народная традиция всячески подчеркивает, что придворная знать, и даже шах, несмотря на свое нынешнее величие, происходит из простой народной среды. В сказке „Ильяс“ выясняется, что шах был сыном пекаря, в сказке „Шах и визирь“ два визиря оказались сыновьями мясника и погонщика мулов.

Слушая сказку трудно уловить, что в ней сплелись представления времен первобытных и самых недавних, что сказка, описывая современные персонажи в современной ситуации, продолжает идеализировать времена патриархально-родовой общины. Даже образы шахов, зачастую, более напоминают главу большой патриархальной семьи, чем деспотов, известных нам по историческим хроникам. В этих условиях нетрудно было оценить „семейно-родовые идеалы в качестве нормы понимания социальных отношений, как это и делает сказка. Проявления чисто классовых отношений, обусловленных

⁷ В. М. Мурин. Эстетический идеал. М., 1966, стр. 104.

⁸ В. П. Аникин. Русская народная сказка, М., 1959, стр. 179.

⁹ Азербайджанские сказки. Баку, 1951, стр. 405.

¹⁰ В. Е. Гусев. Эстетика фольклора. Л., 1967, стр. 273.

имущественными и социально-групповыми различиями, рассматриваются сказкой как отступления от нормальных человеческих отношений, как социальное зло".¹¹ Ясно, что изучение эстетического идеала не может быть полным без учета совпадающих и не совпадающих интересов различных классов и групп, в различных экономических условиях, при смене политических ситуаций. В сказке, охватывающей весь многовековой путь, пройденный человечеством, провести подобные разграничения между идеалами разных эпох особенно трудно. Однако уже одно выявление этих идеалов будет ценно, что объясняется "обусловленной народностью этих идеалов, т. к. именно выражение в идеалах коренных народных интересов и потребностей способствует правильному отражению в них генеральной тенденции исторического развития".¹²

Институт литературы

Поступило 12. I 1977

И. Н. Рзаев

ЕСТЕТИК ИДЕАЛЫН ФОРМАЛА САЛЫНМАСЫНДА АЗЕРБАЙДЖАН НАҒЫЛЛАРЫНЫН РОЛУ

Естетик идеал ләҗәгәт вә көзәллик һағында олан тәсәввур кими реал зидди-јәтләрдән доғмушдур. Бу зиддијәтләр Азәрбајҗан нағылларында арзу едилән тәрзә вә гәти бир шәкилдә һәл едилр. Естетик идеалы башлыча категоријасы олан "көзәллик", ејни заманда, ичтиман идеалы да әһатә едилр. Азәрбајҗан нағыллары бу ики идеалы өзүндә бирләшдирр вә ичтиман зиддијәтләрни арадан галдыран персонажлары тәдғиг едилмәси үчүн реал имканлар јарадыр.

I. N. Rzayev

ROLE OF AZERBAIJAN TALE IN FORMING AESTHETICS IDEAL

Aesthetic ideal being a notion of a proper thing as a beauty was born from real contradictions which in fairy tales are presented in their desired and final solution. The leading category of aesthetic ideal of beauty fulfilled also in a social ideal joins these two ideals and gives real possibilities for researching numerous personages who remove social contradictions.

This article is founded on the examples of social idealization of a governor in the azerbaijani fairy-tales.

¹¹ К. С. Давлетов. Фольклор как вид искусства, стр. 154.

¹² Л. Н. Столович. Категория прекрасного и общественный идеал, стр. 330.

МҮНДӘРИЧАТ

Ријазиијат

Р. А. Шәфијев. Үмумиләшмиш тәрс оператору һесабламағ үчүн дустурлар 3

Функционал анализ

И. Н. Ағајев, В. С. Һәмидов. Аналитик функцијалар фәзасында бир хәтти интеграл тәнлијин тәғриби һәлли һағында 7

Ријазиијат

Раһа Мәһәммәд Баһа Әл-дин Ағам. Мүнтәзәм вә јахылығ Бул чәбрләри 11
С. Ј. Јағубов, В. Б. Шаһмуров. Абстракт анизотроп фәзада дахил-о-ма вә из һағында 16

Механика

К. С. Һағвердијев. Шип вә подшипник арасында өзлүлү-пластик пластик мајенин гәрарлашмамыш һәрәкәтинин гејри-хәтти мәсәләси 19

Јарымкечиричиләр вә диелектрикләр физикасы

И. Б. Абдуллајев, К. Р. Аллаһвердијев, Је. А. Виногра-дов, Г. Н. Жижин, Н. Н. Мелник, Р. Һ. Нанн, Е. Ју. Салајев, Р. М. Сәрдарлы. $TiGaSe_2$ -дә фәиз кечидинин мүмкүнлүју һағында 26

Бәрк чисимләрин физикасы

М. Н. Әлијев. Парамагнит ашгарлы диамагнит кристалларда нүвә маг-нит резонансы нәзәријәси 31

Физика

М. И. Әлијев, З. С. Һәсәнов. $AgFeTe_2$ -дә электронларын ефектив күт-ләси һағында 36

Јарымкечиричиләр физикасы

Ч. О. Гачар, В. А. Гулијев, И. А. Мәммәдбәјли, Е. Ј. Салајев. Сабит фаза сүрүшмәсинин електрооптик модуляторун ишинә тәсири 39
Үмуми вә физики кимја

И. Ә. Әләкбәров. Тенклоһексанын, тенклоһексан—аргон гарышығындакы пилдәјән бошалмада парчаланмасы 44

Үзви кимја

В. Ә. Чәфәров, Ш. К. Казымов, С. Ч. Аббасова. Тиопиклорһидри-нин һаллокеналкокси төрәмәләринин спиртләрлә конденләшмә реакцијасы механизминин тәдғиги 49

Ә. М. Гулијев, Г. З. Һүсејнов, Н. А. Әлијев, А. Г. Ибадзадә, Н. Ј. Ибраһимов. Меркаптојантар туршусунун диалкил ефирләринин алы-масы вә онларын формалдеһид вә икили аминләрлә конденләшмәси 53

Газ вә газ-конденсат јатағларынын ишләнмәси

М. Т. Абасов, Ф. Һ. Оручәлијев, А. А. Әһмәдов, Н. М. Чәфәро-ва. Газ-конденсә јатағлары ишләнмәсинин ләјинләшдирмә методларынын тәкмилләшдирилмәсинә даир 59

Минералокија

С. Ф. Вәлизадә, Е. Н. Әфәндијева, Н. Ф. Нағыјев. Касдағ јата-
ғында винианит һагғында 62

Кеолокија

Ә. Ш. Шыхәлибәјли, В. В. Коробанов, С. С. Мустафајев. Бә-
јүк Гафгазын чәнуб јамачынын шәрг һиссәсиндә (Јаһыч дағлары) Аален чә-
күнтүләринин олмасы һагғында јени мәлүматлар 66

Естетика

Һ. Н. Рзајев. Естетик идеалын формаја салынмасында Азәрбајчан на-
ғылларынын ролу 69

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Р. А. Шафиев. Формулы для вычисления псевдообратного оператора 3

Функциональный анализ

Г. Н. Агаев, В. С. Гамидов. О приближенном решении одного линей-
ного интегрального уравнения в пространстве аналитических функций 7

Математика

Рага Мухаммед Баха Эль—Дин Агами. Близостные и равномерные булевы
алгебры 11

С. Я. Якубов, В. Б. Шахмуров. Теоремы вложения и теоремы о следах
в анизотропных пространствах вектор—функций 16

Механика

К. С. Ахвердиев. Нелинейная задача о неустановившемся движении
вязко-пластичной жидкости между шипом и подшипником 19

Физика полупроводников и диэлектриков

Г. Б. Абдуллаев, К. Р. Аллахвердиев, Е. А. Виноградов,
Г. Н. Жижин, Н. М. Мельник, Р. Х. Нани, Э. Ю. Салаев, Р. М. Сар-
дарлы. О возможности фазового перехода в TiCaSe_2 26

Физика твердого тела

М. Н. Алиев. Теория ядерного магнитного резонанса в диамагнитных
кристаллах с примесями парамагнитных ионов 31

Физика

М. И. Алиев, З. С. Гасанов. Об эффективной массе электронов в
 AgFeTe_2 36

Физика полупроводников

Ч. О. Каджар, В. А. Кулиев, И. А. Мамедбейли, Э. Ю. Сала-
ев. Влияние постоянного фазового сдвига на работу электрооптического моду-
лятора 39

Общая и физическая химия

Г. А. Алекперов. К вопросу о механизме разложения циклогексана в
тлеющем разряде в смеси циклогексан-аргон 44

Органическая химия

В. А. Джафаров, Ш. К. Кязимов, С. Д. Аббасова. Изучение ме-
ханизма конденсации галогеналкокси производных тиоэпихлоргидрина со спир-
тами 49

А. М. Кулиев, К. З. Гусейнов, Н. А. Алиев, А. К. Ибадзаде,
Н. Ю. Ибрагимов. Синтез диалкиловых эфиров меркаптоантарной кислоты
и конденсация их с формальдегидом и вторичными аминами 53

Разработка газовых и газоконденсатных месторождений

М. Т. Абасов, Ф. Г. Оруджалиев, А. А. Ахмедов, Н. М. Джа-
фарова. К совершенствованию методов проектирования разработки газо-
конденсатных месторождений 59

Минералогия

С. Ф. Велизаде, Э. Н. Эфендиева, Н. Ф. Нагев. О вивините из кацдагского месторождения 62

Геология

Э. Ш. Шихалибейли, В. В. Коробанов, С. С. Мустафаев. Новые данные о наличии лавенских отложений в восточной части южного склона (Лавенские горы) Большого Кавказа 66

Эстетика

И. Н. Гзаев. Роль азербайджанской сказки в формировании эстетического идеала 69

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В «Докладах Академии наук Азербайджанской ССР» помещаются краткие сообщения, содержащие законченные, еще не опубликованные результаты научных исследований, имеющих теоретическое или практическое значение.

В «Докладах» не публикуются крупные статьи, механически разделенные на ряд отдельных сообщений, статьи полемического характера без новых фактических данных, статьи с описанием промежуточных опытов без определенных выводов и обобщений, работы непринципиальные, описательного или обзорного характера, чисто методические статьи, если предлагаемый метод не является принципиально новым, а также статьи по систематике растений и животных (за исключением описания особо интересных для науки находок).

Статьи, помещаемые в «Докладах», не лишают автора права последующей публикации того же сообщения в развернутом виде в других изданиях.

2. Поступающие в «Доклады» статьи рассматриваются Редакционной коллегией только после представления их академиком по специальности. Каждый академик может представить не более 5-ти статей в год.

Статьи членов-корреспондентов Академии наук Азербайджанской ССР принимаются без представления.

Редакция просит академиков при представлении статьи указывать дату получения ее от автора, а также наименование раздела, в котором статья должна быть помещена.

3. В «Докладах» публикуются не более трех статей одного автора в год.

4. В «Докладах» помещаются статьи, занимающие не более четверти авторского листа—около 6—7 страниц машинописи (10 000 печатных знаков), включая рисунки.

5. Все статьи должны иметь резюме на английском языке; кроме того, статьи, написанные на азербайджанском языке, должны иметь: резюме на русском языке и на оборот.

6. В конце статьи должны быть указаны название научного учреждения, в котором выполнена работа, и номер телефона автора.

7. Опубликование результатов работ, проведенных в научных учреждениях должно быть разрешено дирекцией научного учреждения.

8. Статьи (включая и резюме), должны быть напечатаны на машинке через два интервала, на одной стороне листа и представляются в двух экземплярах. Формулы должны быть вписаны четко и ясно, при этом прописные буквы должны быть подчеркнуты (черным карандашом) двумя черточками снизу, а строчные — сверху, букву греческого алфавита надо обводить красным карандашом.

9. Цитируемая в статье литература приводится не в виде подстрочных сносок, а общим списком (вподбор), в алфавитном порядке (по фамилии автора), в конце статьи с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой. Список литературы должен быть оформлен следующим образом:

а) для книг: фамилия и инициалы автора, полное название книги, номер тома, город, издательство и год издания;

б) для статей в сборниках (трудах): фамилия и инициалы автора, название статьи, название сборника (трудов), том, выпуск, место издания, издательство, год, страница;

в) для журнальных статей: фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год, том, номер, (выпуск), страница.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются (за исключением отчетов и диссертаций, хранящихся в научных учреждениях).

10. На обороте рисунков должны быть указаны фамилия автора, название статьи и номер рисунка. Отпечатанные на машинке подписи к рисункам представляются на отдельном листе.

11. Авторы статей должны указывать индекс статьи по Унифицированной десятичной классификации (УДК) и прилагать реферат для «Реферативного журнала».

12. Авторы должны избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и в тексте статьи.

Ввиду небольшого объема статей выводы помещаются лишь в необходимых случаях.

13. В случае представления двух или более статей одновременно необходимо указать желательный порядок их помещения.

14. Корректур статей авторам как правило не посылается. В случае посылки корректуры допускается лишь исправление ошибок типографии.

15. Редакция выдает автору бесплатно 15 отдельных оттисков статьи.

Сдано в набор 24/X 1977 г. Подписано к печати 22/XII 1977 г. Формат бумаги 70×108¹/₁₆. Бум. лист. 2,38. Печ. лист. 6,65. Уч.-изд. лист. 5,8. ФГ 19891. Заказ 1030. Тираж 695. Цена 40 коп.

Издательство «Элм».

370073. Баку-73, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание. Типография АН Азерб. ССР, Баку, проспект Нариманова, 31.

6
ОТК

40 гл.
коп.

Индекс
76355

Вопросы, связанные с разработкой и внедрением новых технологий, являются одними из наиболее актуальных в настоящее время. В связи с этим необходимо уделять особое внимание изучению и анализу различных аспектов этой проблемы.

В настоящее время в мире наблюдается быстрый рост научно-технического прогресса, который приводит к появлению новых технологий и методов производства. Это, в свою очередь, требует от нас постоянного обновления знаний и навыков, а также внедрения новых технологий в нашу жизнь.

Одним из основных направлений деятельности является изучение и анализ различных технологий и методов производства. Это позволяет нам лучше понимать, как работают различные технологии, и какие преимущества и недостатки они имеют.

Важным аспектом является также внедрение новых технологий в нашу жизнь. Это требует от нас не только знания, но и умения применять эти знания на практике. Поэтому необходимо уделять особое внимание обучению и подготовке кадров, которые смогут эффективно использовать новые технологии.

В заключение хотелось бы отметить, что вопросы, связанные с разработкой и внедрением новых технологий, являются одними из наиболее актуальных в настоящее время. В связи с этим необходимо уделять особое внимание изучению и анализу различных аспектов этой проблемы.