

Азәрбајҹан ССР
Елмләр Академијасы
Академия наук
Азербайджанской ССР

ISSN 0002-3078

МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

ЧИЛД
XLII
ТОМ



1986

1844

ДАН Азерб. ССР публикует краткие сообщения об оригинальных, нигде не печатанных ранее, результатах научных исследований, представленные академиком АН Азерб. ССР, которые тем самым берут на себя ответственность за научные достоинства представляемой статьи.

В «Докладах» не публикуются крупные статьи, механически разделенные на ряд отдельных сообщений, статьи полемического характера, без новых фактических сообщений, статьи полемического характера, без новых фактических данных, статьи с описанием промежуточных опытов, без определенных выводов и обобщений, 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).

Будучи органом срочной информации, журнал «ДАН Азерб. ССР» принимает и отбирает к печати статьи, объем которых допускает их публикацию в установленные решением Президиума АН Азерб. ССР сроки.

В связи со всеми перечисленными ограничениями отклонение статьи редакцией «Доклады АН Азерб. ССР» означает только, что она не согласуется с требованиями и возможностями этого журнала и не исключает ее публикации в других изданиях.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Доклады АН Азерб. ССР» просит авторов руководствоваться приведенными правилами и надеется, что авторы ознакомятся с ними прежде, чем пришлют статью в редакцию.

Статьи, присланные без соблюдения этих правил, к рассмотрению не принимаются.

1. Статьи, направляемые в редакцию, должны иметь представление члена АН СССР или академика АН Азерб. ССР, если оно требуется (см. выше).

Статьи с просьбой направить их на представление редакцией не принимаются.

2. Статья публикуется по мере поступления. Единственным поводом для внеочередной публикации является исключительная важность сообщения и соображения приоритета. Для этого необходимо специальное решение редколлегии.

3. Как правило, редакция направляет представленные статьи на рецензию.

4. «Доклады» помещают не более трех статей одного автора в год. Это правило не распространяется на членов АН СССР, академиков Академии наук Азерб. ССР.

5. Авторы должны определить раздел, в который следует поместить статью, в

десятичной классификации (УДК). К реферат в двух экземплярах, преданных журналов ВИНИТИ.

название учреждения, в котором выдана также полный почтовый адрес и этого соавтора.

указать лицо, с которым редакция

отку не означает, что статья принята. Если рукопись вновь рассматривается, ее вернуть вместе с первоначальными замечаниями. Датой поступления считать вариант статьи.

мающие не более 1/4 авторского листа. Текст, таблицы, библиография (не более четырех) не должны превышать четырех, числе вклейки на мелованной бумаге.

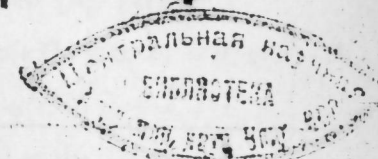
большого увеличения. Штриховые рисунки не печатаются, а даются на кальке. Рисунки должны быть в двух экземплярах. Повторение рисунков недопустимо. Рисунки должны быть четкими, обеспечивающим ясность передачи всех деталей на белой бумаге. Подписи к рисункам должны быть через два интервала на отдельной строке. Имена авторов указываются фамилиями авторов,

(на границе обложки)

МƏ'РУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XLII ЧИЛД

№ 11



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Э. Ю. Салаев (главный редактор), Г. Б. Абдуллаев, М. Т. Абасов,
В. С. Алиев, Г. А. Алиев, Дж. А. Алиев, Н. Г. Алиев, Дж. Б. Гулиев,
Н. А. Гулиев, М. З. Джафаров, Ф. Г. Максудов, А. А. Надиров,
Ю. М. Сендов (зам. главного редактора), М. А. Усейнов,
Г. Г. Зейналов (ответств. секретарь).

© Издательство «Элм», 1986 г.

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

Азербайджанской ССР»

Чл.-корр. АН АзССР Я. Д. МАМЕДОВ, В. М. МУСАЕВ
К ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ
НЕЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ
ВОЛЬТЕРРА-ФРЕДГОЛЬМА

Пусть X и Y — некоторые банаховы пространства. Через X_T обозначим пространство непрерывных абстрактных функций $x(\tau)$ ($0 \leq \tau \leq T$) со значением из X и с нормой

$$\|x\|_{X_T} = \max_{0 \leq \tau \leq T} \|x(\tau)\|_X.$$

Пусть S, S^*, S_T, S_T^* — шары (соответственно) из X, Y, X_T, Y_T :

$$S = \{x \in X; \|x\|_X \leq r\}, S^* = \{y \in Y; \|y\|_Y \leq r\},$$

$$S_T = \{x \in X_T; \|x\|_{X_T} \leq r\}, S_T^* = \{y \in Y_T; \|y\|_{Y_T} \leq r\}.$$

Пусть далее при фиксированном $y \in Y$ $V(t, x_t, y)$ — нелинейный оператор Вольтерра, т. е. при фиксированном $t \in [0, T]$ он действует из $X_t \times Y$ в X . Пусть, наконец, $F(x, y)$ есть нелинейный оператор, действующий из $X \times Y$ в Y .

Рассмотрим систему операторных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= V(t, x_t, y), \\ y &= F[x(t), y]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Система (1), когда $V(t, x_t, y)$ не зависит от y , а $F(x, y)$ не зависит от x , расщепляется на два самостоятельных уравнения, которые в литературе хорошо исследованы (см., например, [1], [2]).

Примером системы (1) может служить система интегральных уравнений:

$$u(t, x) = f_1(t, x) + \int_0^t \int_0^l K_1[t, x, \tau, s; u(\tau, s), v(s)] ds d\tau,$$

$$v(x) = f_2(x) + \int_0^l K_2[x, s; u(t, s), v(s)] ds.$$

К таким системам приводится следующая смешанная задача, имеющая прикладное значение (см., например [3], [4]):

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} - \frac{\partial^2 u(t, x)}{\partial x^2} &= f_1[t, x, u(t, x), v(x)], & u(0, x) &= \varphi(x), \\ u(t, 0) &= u(t, l) = 0, \\ \frac{d^2 v(x)}{dx^2} &= f_2[t, u(t, x), v(x)], & v(0) &= v(l) = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Заметим, что в работе [5] была исследована система нелинейных операторных уравнений Вольтерра-Фредгольма. Однако эта система в отличие от системы (1) не содержит в себе как частный случай, например, задачу (2). В этой статье находятся достаточные условия для однозначной разрешимости системы (1) и доказывается сходимость к этому решению метода простой итерации.

1. Пусть S_T — пространство скалярных непрерывных функций, определенных на $(0, T)$. Пусть

$$Ш_T = \{\varepsilon(t) \in C_T; \|\varepsilon\|_{C_T} \leq 2r\}.$$

Пусть $\varphi(t, \varepsilon, \delta)$ — нелинейный, непрерывный, неотрицательный скалярный оператор Вольтерра при фиксированном $\delta \in [0, 2r]$, действующий из

$$Ш_T^+ = \{\varepsilon(t) \in C_T; 0 \leq \varepsilon(t) \leq 2r\}$$

в $Ш_T^+$. Пусть, далее $\psi(\varepsilon, \delta)$ — непрерывная, неотрицательная функция, действующая из $[0, 2r] \times [0, 2r]$ в $[0, 2r]$. Предположим, что $\varphi(t, \varepsilon, \delta)$, $\psi(\varepsilon, \delta)$ не убывают по ε и δ . Наконец, предположим, что если $\{\varepsilon_i^{(n)}\}$ не возрастает и сходится:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varepsilon_i^{(n)}(t) = \varepsilon(t), \text{ то } \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(t, \varepsilon_i^{(n)}, \delta) = \varphi(t, \varepsilon, \delta).$$

Рассмотрим следующую скалярную систему:

$$\begin{cases} \varepsilon(t) = \varphi(t, \varepsilon, \delta), \\ \delta = \psi(\varepsilon(t), \delta). \end{cases} \quad (3)$$

и допустим, что она имеет только нулевое решение.

Для приближенного решения этой системы построим итерационный процесс равенствами:

$$\begin{cases} \varepsilon^{(0)}(t) = \varphi(t, 2r, 2r), \quad \varepsilon^{(n)}(t) = \varphi(t, \varepsilon_i^{(n-1)}, \delta^{(n-1)}), \\ \delta^{(0)} = \psi(2r, 2r), \quad \delta^{(n)} = \psi(\varepsilon^{(n-1)}(t), \delta^{(n-1)}). \end{cases} \quad (4)$$

Легко заметить, что последовательности $\{\varepsilon^{(n)}(t), \delta^{(n)}\}$ неотрицательны, не возрастают, следовательно, сходятся:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varepsilon^{(n)}(t) = \varepsilon(t), \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \delta^{(n)} = \delta.$$

Тогда, переходя к пределу в (4) при $n \rightarrow \infty$, получаем, что $(\varepsilon(t), \delta)$ является решением системы (3). Система (3) имеет лишь нулевое решение, поэтому

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \varepsilon^{(n)}(t) = 0, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \delta^{(n)} = 0,$$

причем эта сходимость равномерна по $t \in [0, T]$.

2. Теперь перейдем к исследованию решения системы (1).

Для системы (1) построим итерационный процесс равенствами:

$$\begin{cases} x^{(n)}(t) = V(t, x_i^{(n-1)}, y^{(n-1)}), \\ y^{(n)} = F[x^{(n-1)}(t), y^{(n-1)}] \quad (n = 1, 2, \dots), \end{cases} \quad (5)$$

где $x^{(0)}(t), y^{(0)}$ — произвольные функции соответственно из S_T и S_T^+ .

Имеет место следующая

Теорема. Пусть оператор $V(t, x_i, y)$ действует из $[0, T] \times X S_i \times S^*$ в S_T , а оператор $F(x, y)$ действует из $S \times S^*$ в S^* и выполнены условия:

$$\begin{cases} \|V(t, x_i, y) - V(t, \bar{x}_i, \bar{y})\|_X \leq \varphi(t, \|x_i - \bar{x}_i\|_X, \|y - \bar{y}\|_Y), \\ \|F(x, y) - F(\bar{x}, \bar{y})\|_Y \leq \psi(\|x - \bar{x}\|_X, \|y - \bar{y}\|_Y), \end{cases} \quad (6)$$

где $\varphi(t, u, v)$ и $\psi(u, v)$ удовлетворяет условиям, приведенным в п. 1.

Тогда система (1) однозначно разрешима и последовательность функций $(x^{(n)}(t), y^{(n)})$, определенных из равенства (5), сходится к решению $(x^*(t), y^*)$, скорости сходимости определяются формулами:

$$\begin{cases} \|x^{(n)}(t) - x^*(t)\|_X \leq \varepsilon^{(n-1)}(t), \\ \|\bar{y}^{(n)} - y^*\|_Y \leq \delta^{(n-1)}, \end{cases} \quad (7)$$

где $\varepsilon^{(n)}(t), \delta^{(n)}$ определены формулами (4).

Доказательство. Очевидно, что $x^{(n)}(t) \in S_T, y^{(n)} \in S_T^+$. Введем обозначения:

$$u^{(n,m)}(t) = \|x^{(n)}(t) - y^{(m)}(t)\|_X, \quad v^{(n,m)} = \|y^{(n)} - y^{(m)}\|_Y.$$

Тогда из (5) имеем:

$$\begin{cases} u^{(n,m)}(t) \leq \varphi[t, u^{(n-1, m-1)}, v^{(n-1, m-1)}], \\ v^{(n,m)} \leq \psi[u_i^{(n-1, m-1)}, v^{(n-1, m-1)}]. \end{cases}$$

Отсюда при $m > n$ имеем:

$$u^{(n,m)}(t) \leq \varepsilon^{(n-1)}(t), \quad v^{(n,m)} \leq \delta^{(n-1)}. \quad (8)$$

Следовательно,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x^{(n)}(t) = x^*(t), \quad \lim_{n \rightarrow \infty} y^{(n)} = y^*.$$

Переходя к пределу в (8) при $m \rightarrow \infty$, получаем:

$$\|x^{(n)}(t) - x^*(t)\|_X \leq \varepsilon^{(n-1)}(t), \quad \|y^{(n-1)} - y^*\|_Y \leq \delta^{(n-1)}.$$

Отсюда

$$\begin{cases} \|V(t, x_i^{(n-1)}, y^{(n-1)}) - V(t, x_i^*, y^*)\|_X \leq \varepsilon^{(n-1)}(t), \\ \|F(x^{(n-1)}, y^{(n-1)}) - F(x^*, y^*)\|_Y \leq \delta^{(n-1)}. \end{cases}$$

Тогда

$$\begin{cases} \lim_{n \rightarrow \infty} V(t, x_i^{(n-1)}, y^{(n-1)}) = V(t, x_i^*, y^*), \\ \lim_{n \rightarrow \infty} F(x^{(n-1)}, y^{(n-1)}) = F[x^*(t), y^*]. \end{cases}$$

Следовательно, $(x^*(t), y^*)$ является решением системы (1).

Единственность решения системы (1) получается из (7).

Теорема доказана.

В заключение заметим, что утверждение этой теоремы остается в силе, если выполнены условия:

$$\|V(t, x_i, y) - V(t, \bar{x}_i, \bar{y})\|_X \leq L_1 \int_0^t \|x(s) - \bar{x}(s)\|_X ds + L_2 \|y - \bar{y}\|_Y,$$

$$\|F(x, y) - F(\bar{x}, \bar{y})\|_Y \leq L_1 \|x - \bar{x}\|_X + L_2 \|y - \bar{y}\|_Y,$$

где $\max(1, T)L_1 + L_2 < 1$.

Литература

1. Мамедов Я. Д., Аширов С. Нелинейные уравнения Вольтерра.—Ашхабад: Ылым, 1977. 2. Красносельский М. А., Вайникко Г. Н., Забрейко П. П. и др. Приближенное решение операторных уравнений.—М.: Наука, 1969. 3. Розенберг М. Д.—Изв. АН СССР. ОТН. 1952, № 10. 4. Ewing Richard.—SIAMS. Numer. Anal., 1980, 17, № 13. 5. Мамедов Я. Д., Мусаев В. М.—Докл. АН СССР, 1985, т. 284, № 6.

АГУ и.м. С. М. Кироза, АПИ и.м. В. И. Ленина

Поступило 3. II 1986

Ј. Ч. Маммэдов, В. М. Мусајев

ГЕЈРИ-ХЭТТИ ВОЛТЕР-ФРЕДГОЛМ ОПЕРАТОР ТЭНЛИКЛЭР СИСТЕМИНИН
ҺЭЛЛЭР НЭЗЭРИЈЛЭСИНЭ ДАИР

Мэгалэдэ гејри-хэтти Волтер-Фредголм тип оператор тэнликлэр системинин биргил-мэтли һалли үчүн кафи шэртлэрини тапылмасындан данышылыр.

Ya. D. Mamedov, V. M. Musayev

TOWARDS THE THEORY OF SOLUTION OF THE NON-LINEAR SYSTEMS
OF VOLTER—FREDHOLM OPERATOR EQUATIONS

Sufficient conditions for the single solvability of the systems of the Volter-Fredholm type of non-linear operator equations are obtained.

УДК. 330. 115.

МАТЕМАТИКА

В. А. ТРУБИН, Ф. А. ШАРИФОВ

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ОДНОГО КЛАССА
ЗАДАЧ РАЗМЕЩЕНИЯ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ф. Г. Максудовым)

В статье рассматривается задача размещения производства: промежуточной продукции с заданными мощностями поставщиков и потребителей, когда места возможного размещения производства, поставщики и потребители расположены в вершинах простой цепи. Показано, что в этом случае задача допускает полиномиально ограниченный алгоритм ее решения. Приведено доказательство унимодулярности матрицы условий для некоторой задачи эквивалентной исходной.

Рассматриваемый класс задач в общем случае формулируется в виде:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n d_{kj} + \sum_{k=1}^p b_k Z_k, \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{ik} = A_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad \sum_{k=1}^p y_{kj} = B_j, \quad j = \overline{1, n},$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n y_{kj}, \quad k = \overline{1, p}, \quad (2)$$

$$0 \leq x_{ik} < A_i Z_k, \quad 0 \leq y_{kj} \leq B_j Z_k, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, p}, \quad (3)$$

$$Z_k = 0 \quad \forall 1, \quad k = \overline{1, p}, \quad (4)$$

где m —число поставщиков сырья, n —число потребителей продукции, p —число мест возможного размещения производства, перерабатывающего сырье в готовую продукцию; c_{ik} , d_{kj} —удельные затраты на транспортировку сырья из i в k и готовой продукции из k в j , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, p}$; A_i , B_j —известные мощности поставщиков и потребителей, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$; b_k —фиксированные доплаты за размещение производства в пункте k , $k = \overline{1, p}$. Мы рассматриваем здесь закрытую задачу, для которой выполнено условие:

$$\sum_{i=1}^m A_i = \sum_{j=1}^n B_j.$$

К (1)—(4) сводится задача размещения производства с произвольными вогнутыми функциями затрат на размещение производства и транспортировку продукции от потребителей к местам размещения и от них к поставщикам. Процедура такого сведения аналогична описанной в [1, 2] для других классов задач размещения.

В данной статье мы рассматриваем подкласс одномерных задач вида (1)–(4), в которых коэффициенты c_{ik} и d_{kj} удовлетворяют специальным условиям:

$$c_{ik} = \kappa_1 \sum_{r \in [i, k]} l_r, \quad d_{kj} = \kappa_2 \sum_{r \in [k, j]} l_r, \quad (5)$$

где κ_1, κ_2 — константы, i, k, j являются вершинами простой цепи $L = L(V, R)$ с множеством вершин V и ребер R , $|V| = n$, l_r — длина ребра $r \in R$, $[i, k], [k, j]$ — по цепи исходной цепи L . Таким образом, предполагается, что каждая вершина $v \in V$ может быть поставщиком, потребителем или местом возможного размещения производства, а удельные транспортные затраты пропорциональны расстоянию перевозки на цепи.

Сопоставим с задачей (1)–(5) на цепи следующую транспортную задачу:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_{ij} z_{ij}, \quad \sum_{i=1}^m z_{ij} = Ai, \quad i = \overline{1, m},$$

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = B_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad z_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n},$$

где $\rho_{ij} = \sum_{r \in [i, j]} l_r$.

Пусть $z^* = \{z_{ij}^*\}$ — ее оптимальное базисное решение.

Теорема 1. *Не нулевые компоненты вектора Z^* определяют оптимальное решение задачи (1)–(5) по следующему правилу:*

если $z_{ij}^ > 0$, то точка размещения k , такая, что*

$$x_{ik}^{(i)*} = y_{kj}^{(j)*} = z_{ij}^*. \quad (6)$$

Для доказательства отметим два свойства задачи (1)–(5).

Определение. Поток x_{ik} в задаче (1)–(4) назовем x -поток, а y_{kj} — y -поток.

Лемма а.) *В оптимальном решении (x^*, y^*) нет встречных x - (или y -) потоков, порожденных различными поставщиками или потребителями; б) в оптимальном решении (x^*, y^*) нет пары потоков разных типов, которые одинаково направлены, и один из них целиком покрывает другой.*

Доказательство тривиально.

Задачу (1)–(4) с учетом теоремы 1 сформулируем как задачу размещения следующим образом.

Начиная с крайнего z_{ij}^* упорядочиваем потоки и стягиваем каждый из них в одну из вершин i, j . Эту вершину назовем потоковой вершиной и обозначим ее через $t_{[i, j]}$, $l = 1, 2, \dots, [B]$, где $B = \{(i, j); z_{ij}^* > 0\}$. Множества вершин подцепи $[i, j]$ обозначим $V[i, j]$. Для $v_k \in V([i, j])$ расстояние до потоковой вершины $t_{[i, j]}^{(e)}$ определим следующим образом:

$$\rho(t_{[i, j]}^{(e)}, v_k) = 2 \cdot \min_{v' \in V([i, j])} \rho(v', v_k), \quad \rho(v', v_k) = \sum_{r \in [v', v_k]} l_r,$$

а для

$$v_k \in V([i, j]),$$

$$\rho(t_{[i, j]}^{(e)}, v_k) = 0.$$

Для потоковой вершины $t_{[i, j]}^{(e)}$ мощность L_l полагаем равной z_{ij}^* , $l = 1, 2, \dots, [B]$. Обозначим $d_{lk} = \rho(t_{[i, j]}^{(e)}, v_k)$, $l = \overline{1, m}$, $k = \overline{1, n}$, где $m = [B]$.

Итак, получаем следующую задачу размещения.

$$\text{Найти } \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m f_i(x_i)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = L_j, \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

где

$$f_i(x_i) = \begin{cases} b_i & \text{если } x_i > 0, \quad i = \overline{1, n}. \\ 0 & \text{если } x_i = 0, \end{cases}$$

В [1,2] задача, двойственная к данной, сводится к следующему виду.

$$\max \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \omega_{jk}, \quad \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n a_{ijk} \omega_{kj} \leq b_i, \quad 0 \leq \omega_{ik} \leq f_{jk}, \quad j = \overline{1, m}, \quad i, k = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где k — порядковый номер элемента d_{ij} в упорядоченном по неубыванию списке элементов j -го столбца матрицы D :

$$f_{jk} = d_{j, k+1} - d_{jk}, \quad f_{jm} = \infty, \quad j = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, n-1}. \quad (8)$$

$$a_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если порядковый номер } d_{ij} \text{ не больше, чем } k, \\ 0 & \text{в противном случае, } i, k = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (9)$$

Так как задача размещения рассматривается на цепи $L = L(V, R)$, матрица A из (9) характеризуется тем, что если ее строки упорядочены в соответствии с порядком вершин на цепи, то в каждом ее столбце единичные элементы расположены подряд (т.е. нулевые элементы не могут находиться между единичными).

Теорема 2. *Матрица (9) в задаче (7)–(8) вполне унимодулярна.*

Справедливость теоремы 2 является следствием теоремы Хеллера [3] и указанной специфики матрицы A .

Для определения оптимальных значений переменных к задаче (8)–(9) упорядочиваем подцепи, порожденные потоковыми вершинами, которые соответствуют столбцам A , так, чтобы полученная матрица не содержала подматриц вида $\begin{pmatrix} 110 \\ 101 \end{pmatrix}$ или $\begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix}$.

Как показано в [1, 2], для рассматриваемой задачи оптимальное решение можно получить путем последовательного присваивания переменным их максимально возможных значений (грид-алгоритм).

Так как каждый поток z_{ij}^* определяет на цепи L подцепь $[i, j]$, то вместо потоковых вершин будем использовать термин „подцепь“.

Алгоритм упорядочения (АУ)

Выберем крайнюю вершину цепи $L(V, R)$ и упорядочим по минимуму расстояния от выбранной вершины все подцепи, смежные ей. Затем выбираем следующую вершину и упорядочиваем по минимуму расстояния все подцепи—смежные ей и не содержащие просмотренные ранее вершины и так далее, до тех пор, пока не будут упорядочены все подцепи.

Покажем, что матрица \bar{A} с упорядоченными АУ столбцами не содержит подматрицы типа $\begin{pmatrix} 110 \\ 101 \end{pmatrix}$ или $\begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix}$.

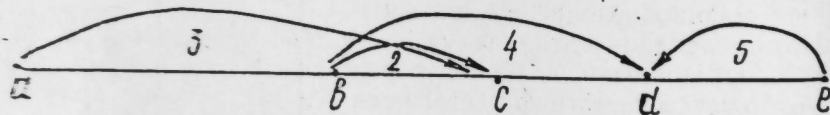
Пусть первая строка подматрицы $\begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix}$ соответствует вершине v_1 , вторая—вершине v_2 , столбец $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ порожден подцепью L_1 , а столбец $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ —подцепью L_2 .

Если $v_1 < v_2$ на цепи $L = L(V, R)$, то АУ рассматривает сначала v_1 и упорядочивает все подцепи, содержавшие вершину v_1 , т.е. вместо столбца $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ должен быть или $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, или же $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$.

Если $v_2 < v_1$, то вместо столбца $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ также должен быть или $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$, или же $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$.

Итак, в обоих случаях после АУ матрица \bar{A} не содержит подматрицы вида $\begin{pmatrix} 101 \\ 110 \end{pmatrix}$. Аналогично показывается, что матрица \bar{A} не содержит подматрицу $\begin{pmatrix} 110 \\ 101 \end{pmatrix}$.

Для примера упорядочим подцепи для цепи, изображенной на рисунке. Числа на ребрах означают длины этих ребер, стрелками показаны потоки. После АУ получаем следующую последовательность подцепей:



$[a, c]a, [a, c]ab, [a, c]abc, [a, c]abcd, [a, c]abcde, [b, c]bca,$
 $[b, c]bcad, [b, c]bcade, [b, d]bcda, [b, d]bcdae, [d, e]decta,$
 $[b, c]b, [b, c]bc, [b, d]b, [b, d]bc, [b, d]bcd, [d, e]d, [d, e]de,$
 $[d, e]dec, [d, e]decb.$

Алгоритм упорядочивания требует $(n-1)$ операций для получения матрицы \bar{A} , и $(n-1)n^2$ операций для присвоения переменных и

их допустимых максимальных значений. В результате трудоемкость алгоритма составляет $O(n^3)$. Зная оптимальное решение двойственной задачи, легко с помощью теорем двойственности построить решение исходной задачи. Трудоемкость его построения не превосходит $O(n^3)$.

Литература

1. Трубин В. А. Эффективный алгоритм решения задачи размещения на сети в форме дерева.—Докл. АН СССР, 1976, т. 231, с. 547—550. 2. Трубин В. А. Два класса задач размещения на древовидных сетях.—Кибернетика, 1984, № с. 84—87. 3. Саати Т. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы.—М.: Мир, 1973.

Институт кибернетики АН УССР

Поступило 18. IV 1985

В. А. Трубин, Ф. А. Шарифов

ИСТЕҢСАЛЫН ЈЕРЛЭШДИРИЛМЭСИ ҮЗРЭ БИР СИНИФ МЭСЭЛЭ ҮЧҮН ЭФФЕКТИВ ҺӘЛЛ АЛГОРИТМИ

Мәғаләдә истеһсалчы вә истеһлакчыларын күчү верилдикдә аралыг мәһсул истеһсалынын јерләшдирилмәси мәсәләсинә бахылып. Истеһсалын јерләшдирилмәси үчүн мүмкүн мәнтәгәләр, истеһсалчылар вә истеһлакчылар верилмиш эңчириш тәлә нөгтәләриндә јерләшир. Мәсәләнин һәлли үчүн ефектив алгоритм верилир.

V. A. Trubin, F. A. Sharifov

AN EFFECTIVE PROCEDURE FOR DECISION OF A CERTAIN TYPE OF SETTING PROBLEMS

The article concerns the problem of setting of half-finished product industry with the given amount of suppliers and consumers if the possible setting of industry, suppliers and consumers is situated at the height of the simple chain.

In the article the authors show that in this case the problem can be solved by polynomially limited algorithm. The justification of unimodular condition matrix for a problem of equivalent given figure is done.

Н. В. ИБАДОВ

ОБ УРАВНЕНИЯХ СВЕРТКИ В ПРОСТРАНСТВАХ
ФУНКЦИЙ ЗАДАННОГО РОСТА ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ф. Г. Максудоглы)

1. Пусть D — неограниченная область в плоскости C . Через K_n обозначим круги радиуса n , центры которых находятся в начале координат. Обозначим $D_n = K_n \cap D$, $n = 1, 2, \dots$.

Пусть $d_n(z)$ — функция расстояния от точки $z \in D_n$ до границы D_n , $H(D_n^1)$ — пространство функций, аналитических в D_n , с топологией равномерной сходимости на компактах. Для $p > 0$ и любого n введем множество $H(p, D_n)$ аналитических функций $f(z)$, удовлетворяющих условию

$$|f(z)| \leq C(f, B) \exp\left(B \frac{1}{(d_n(z))^p}\right), \quad \forall B > 0, \quad z \in D_n.$$

Зафиксируем последовательность $B_m \downarrow 0$ и введем банаховы пространства

$$Q_m^n = \left\{ f(z) \in H(D_n) : \|f\|_m^n = \sup |f(z)| \exp\left[-\left(B_m \frac{1}{(d_n(z))^p}\right)\right] < \infty \right\},$$

$n = 1, 2, \dots; m = 1, 2, \dots$; очевидно $H(p, D_n) = \bigcap_{m=1}^{\infty} Q_m^n$. В $H(p, D_n)$

введем топологию проективного предела нормированных пространств Q_m^n , т.е.

$$H(p, D_n) = \lim_{m \rightarrow \infty} Pr Q_m^n.$$

Рассмотрим теперь множество $H(p, D)$ как пересечение $\bigcap_{n=1}^{\infty} H(p, D_n)$ и в нем введем топологию проективного предела

$$H(p, D) = \lim_{n \rightarrow \infty} Pr H(p, D_n).$$

Через $H^*(p, D)$ обозначается сопряженное пространство к $H(p, D)$, в котором введена сильная топология. Опишем пространство $H^*(p, D)$ в терминах преобразований Лапласа:

$$\hat{S}(\lambda) = (S, l^z), \quad S \in H^*(p, D).$$

Пусть $K_n(\varphi)$ — опорная функция [2, 43] компакта \bar{D}_n и число $q \in (0, 1)$. Рассмотрим последовательность нормированных пространств E_m^n целых функций экспоненциального типа $\psi(\lambda)$ с нормой

$$\|\psi\|_m^n = \sup |\psi(\lambda)| \exp[-(h_n(\arg \lambda)) \cdot |\lambda| + B_m |\lambda|^q],$$

$$h_n(\theta) = K_n(-\theta), \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad n = 1, 2, \dots; \quad m = 1, 2, \dots$$

Через $P_{(q)}^n$ обозначим индуктивный предел нормированных пространств E_m^n и через $P_{(q)}$ обозначим индуктивный предел $P_{(q)}^n$, т.е.

$$P_{(q)}^n = \lim_{m \rightarrow \infty} \text{ind } E_m^n, \quad P_{(q)} = \lim_{n \rightarrow \infty} \text{ind } P_{(q)}^n.$$

Справедлива следующая

Теорема. Пространство $H^*(p, D)$ топологически изоморфно пространству $P_{(q)}$, где $q = \frac{p}{p+1}$.

Доказательство теоремы 1 существенно опирается на теорему 1 из работы [4].

2. Определение. Область в плоскости C назовем большой, если с помощью сдвига в эту область можно поместить всякий круг K_n .

Пусть $D \subset C$ — выпуклая и большая область, содержащая начало координат. Очевидно, из начала координат можно провести в C луч $l(0 \leq l)$, такой, что выполняются следующие два условия:

а) $D + t \subset D, \quad \forall t \in l$;

б) для любого $n > 0$ найдется $t_n \in l$, такое, что $K_n + t \subset D$, если $|t| > |t_n|, t \in l$.

В пространстве $H(p, D)$ рассмотрим уравнение свертки

$$M_F[f](z) = 0, \quad (1)$$

где $F \in H^*(p, D)$. Пусть $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m, \dots$ есть нули характеристической функции $\hat{F}(\lambda) = (F, l^z)$ уравнения (1) соответственно с кратностями $\kappa_1, \kappa_2, \dots, \kappa_m, \dots$.

Назовем элементарными решениями уравнения (1) решения вида $\{z^p l^{mz}, 0 \leq p \leq \kappa_m - 1\}$.

Через E обозначим линейную оболочку множества (2), а через W — совокупность всех решений уравнения (1) из пространства $H(p, D)$.

Возникает аппроксимационная задача: можно ли всякое решение из W аппроксимировать элементами из E ?

Теорема. Если D выпуклая большая область, то

$$\bar{E} = W.$$

Доказательство теоремы 2 проводится по методу из [1, 144]. Пусть $F \in H^*(p, D)$. Тогда существует $n > 0$, такое, что $F \in H^*(p, D_n)$. Возьмем функционал $G \in H^*(p, D)$, который ортогонален E . Очевидно,

$\hat{C}(\lambda)$ — целая функция экспоненциального типа. Тогда $\Phi(\lambda) = \frac{\hat{G}(\lambda)}{\hat{F}(\lambda)}$ —

целая функция, имеющая также экспоненциальный тип [2, 41]. По

теореме 12.3 [1, 78] существует $S \in H^*(C)$, такой что $\hat{S}(\lambda)$ совпадает с $\Phi(\lambda)$, и, следовательно, получаем равенства

$$\hat{G}(\lambda) = \hat{F}(\lambda) \cdot \Phi(\lambda) = \hat{F}(\lambda) \cdot \hat{S}(\lambda). \quad (3)$$

Равенство (3) означает, что функционал G есть свертка в пространстве $H(C)$ функционалов S и F , т.е.

$$G = S \times F. \quad (4)$$

Равенство (4) на самом деле справедливо и для пространства функций, аналитических в круге K_n достаточно большого радиуса n .

Пусть $f(z) \in W$. Тогда существует $t_0 \in I$, такое, что $f(z+t)$ будет аналитична по z в K_n для $t \in I$ по модулю больших $|t_0|$. Поэтому

$$(G, f(z+t)) = (F \times S, f(z+t)), \quad |t| \geq |t_0|, \quad t \in I.$$

Правая часть последнего равенства равна нулю, так как $f(z) \in W$, и поскольку левая часть этого равенства определена и в нуле, то по теореме единственности для аналитических функций имеем:

$$(G, f(z)) = 0.$$

Теорема доказана.

3. Рассмотрим теперь пространство $H(p, D)$, где D — полоса, т.е.

$$D = \{z \in \mathbb{C} : 0 < \operatorname{Im} z < 1\}.$$

Пусть $D_1 = \{z \in \mathbb{C} : \operatorname{Im} z < 1\}$, $D_2 = \{z \in \mathbb{C} : \operatorname{Im} z > 0\}$, тогда $D = D_1 \cap D_2$. По теореме 1.4.5 [3, 28] всякая аддитивная проблема Кузена разрешима в \mathbb{C} . Поэтому любую функцию $f(z) \in H(p, D)$ можно представить в виде

$$f(z) = f_1(z) + f_2(z), \quad z \in D,$$

где $f_1(z) \in H(D_1)$, $f_2(z) \in H(D_2)$. Нетрудно видеть, что функции $f_1(z)$ и $f_2(z)$ принадлежат $H(p, D_1)$ и $H(p, D_2)$ соответственно.

Пусть $F \in H^*(p, D)$. В пространстве $H(p, L)$ рассмотрим уравнения свертки (1). Как и ранее, через E обозначим линейную оболочку множества элементарных решений (1), а через $W(D)$ — совокупность всех решений (1) из пространства $H(p, D)$.

Теорема 3. Для любой $f(z) \in W(D)$ справедливо представление

$$f(z) = f_1(z) + f_2(z),$$

где $f_1(z) \in W(D_1)$, $f_2(z) \in W(D_2)$. Здесь $W(D_1)$, $W(D_2)$ — решения уравнения (1) из пространства $H(p, D_1)$, $H(p, D_2)$ соответственно.

Доказательство. Пусть $f(z) \in W(D)$, тогда

$$f(z) = \tilde{f}_1(z) + \tilde{f}_2(z), \quad z \in D,$$

где $\tilde{f}_1(z) \in H(p, D_1)$, $\tilde{f}_2(z) \in H(p, D_2)$. Так как функция по условию является решением уравнения (1), то

$$M_F[f](z) = M_F[\tilde{f}_1](z) + M_F[\tilde{f}_2](z) = 0, \quad z \in \mathbb{R}.$$

Отсюда получаем:

$$M_F[\tilde{f}_1](z) = -M_F[\tilde{f}_2](z).$$

Из этого равенства вытекает, что функции $M_F[\tilde{f}_1](z)$ и $-M_F[\tilde{f}_2](z)$ определяют некоторую целую функцию $\psi(z)$. Тогда по теореме 18.3 [1, 144] существует функция $y_0(z) \in H(\mathbb{C})$, удовлетворяющая уравнению

$$M_F[y_0](z) = \psi(z).$$

Определим функции $f_1(z) = \tilde{f}_1(z) - y_0(z)$, $f_2(z) = \tilde{f}_2(z) + y_0(z)$, которые, очевидно, принадлежат $H(p, D_1)$ и $H(p, D_2)$ соответственно. Более того, справедливы включения: $f_1(z) \in W(D_1)$ и $f_2(z) \in W(D_2)$ — и верно равенство

$$f(z) = \tilde{f}_1(z) + \tilde{f}_2(z) = f_1(z) + f_2(z).$$

Так как D_1 и D_2 — большие области, то по теореме 2 получаем следующий результат:

Теорема 4. Множество E плотно в $W(D)$.

Литература

1. Напалков В. В. Уравнения свертки в многомерных пространствах. — М.: Наука, 1982.
2. Леонтьев А. Ф. Целые функции. Ряды экспонент. — М.: Наука, 1983.
3. Хермандер Л. Введение в теорию функций нескольких комплексных переменных. — М.: Мир, 1968.
4. Ибадов Н. В. Системы неоднородных уравнений свертки в одном классе аналитических функций. — Баку, 1985. — 28 с. — Деп. в АЗНИИИТИ 5 марта 1985, 328, Аз-85 деп., РЖ, Мат., 1985, 7Б114 деп.

Кировабадский госпединститут им. Г. Зардаби

Поступило 19. 11 1986

Н. В. Ибадов

СƏРҲЭД ЈАХЫНЛЫҒЫНДА ВЕРИЛМИШ АРТЫМЫ МƏЉУМ ФУНКСИЈАЛАР ФЭЗАСЫНДА БУКҮМ ТƏНЛИКЛƏРИ ҺАГГЫНДА

Мəғалəдə сəрҲэд јахынлығында мұэјјэн шəртлəри өдəјэн вə верилэн гејри-мəндуд габарыг областда аналитик олан функцијалар фəзасына бахылып. Бу фəзада тəјин олуи-муш функционаллар Лаплас чевирмэси вəситэсилə ифадə олуи-мушдур.

Бəјүк областларда бирчинс бұкүм тəнлијини истəнилэн Һəллини, бу тəнлијин «еле-ментар» Һəллəрини хэтти комбинэсијасы шəкилдə кəстəрилə билмэси Һаггында апрак-симэсија мəсələси өјрəнилмишдир.

Бу нəтичэлэр əсасында золагда бирчинс бұкүм тəнлији үчүн апраксимэсија мəсələ-си Һəлл олуи-мушдур.

N. V. Ibadov

ON FOLD EQUATIONS IN THE SPACES OF FUNCTIONS OF THE GIVEN GROWTH NEAR A BOUNDARY

In the article the author considers the space functions, being analytical in the given unbounded convex range and satisfying some conditions of growth near a boundary. The description of functionals over this space in the terms of Laplace transformation is given.

The question of approximation of solutions of homogeneous fold equations by linear combinations of «elementary» solutions of the same equations is studied in the large range.

On the basis of these results, the solution of approximation problem for the fold equation in a strip is given.

А. Г. ДЖАФАРЛИ

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ В НИТЯХ ПРИ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОМ ДВИЖЕНИИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ф. Г. Максудовым)

В работах [2—6] решены задачи поперечного удара конусом по гибкой нити с произвольным законом деформирования типа Рахматулина-Тейлора-Кармана [2—4], линейным [5] и квазилинейным [6] законами деформирования типа Соколовского-Мальверна.

Настоящая статья посвящена исследованию поперечного удара конусом по гибкой нити с достаточно общим нелинейным уравнением состояния типа Соколовского-Мальверна. Рассматривается случай полного облегания. В этом случае при дозвуковом режиме движения имеем три разные области движения с заранее неизвестными границами. На поверхности конуса (область I) имеет место следующая система нелинейных дифференциальных уравнений:

$$E(\varepsilon) \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \kappa \Phi[\sigma - f(\varepsilon)], \quad (1)$$

$$\rho_0 \left[\frac{\partial}{\partial t} \left(r \frac{\partial \theta}{\partial t} \right) + \frac{\partial \theta}{\partial t} \cdot \frac{\partial r}{\partial t} \right] = \frac{\partial}{\partial s_0} (\sigma \cos \varphi) + \sigma \sin \varphi \frac{\partial \dot{\theta}}{\partial s_0} \sin \alpha, \quad (2)$$

$$\rho_0 \left[\frac{1}{\sin \alpha} \frac{\partial^2 r}{\partial t^2} - \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right)^2 r \sin \alpha \right] = \frac{\partial}{\partial s_0} (\sigma \sin \varphi) - \sigma \cos \varphi \frac{\partial \theta}{\partial s_0} \sin \alpha, \quad (3)$$

$$r \frac{\partial \theta}{\partial s_0} = (1 + \varepsilon) \cos \varphi, \quad (4)$$

$$\frac{1}{\sin \alpha} \frac{\partial r}{\partial s_0} = (1 + \varepsilon) \sin \varphi, \quad (5)$$

где ρ_0 —начальная плотность нити; t —время; s_0 —лагранжева координата частиц нити; $r(s_0, t)$ —радиус окружности на поверхности конуса, проходящей через точки (s_0, t) ; $\theta(s_0, t)$ —центральный угол этой окружности в точке (s_0, t) , отсчитываемый от осевой плоскости симметрии; φ —угол между нитью и окружностью; α —угол полураствора конуса; E и Φ —некоторые экспериментальные функции; $\varepsilon(s_0, t)$ —относительное удлинение нити; $\sigma(s_0, t)$ —напряжение, отнесенное к первоначальной площади поперечного сечения нити; κ —некоторая физическая постоянная с размерностью s^{-1} ; $\sigma = f(\varepsilon)$ представляет собой статистическую диаграмму растяжения материала нити.

В случае полного облегания часть нити располагается по крайней образующей $(\theta = \frac{\pi}{2})$. Уравнение движения в этой области (область

II) получается из (1)—(5), если в них положить $\theta = \varphi = \frac{\pi}{2}$. Движение нити вне поверхности конуса (область III) является одномерным.

Задачу будем решать по волновой схеме, когда на границе областей II и III напряжение и деформация непрерывны. Однако эта волна, так же как и граница областей I—II, является волной сильного разрыва для скорости частиц и угла наклона нити.

Условия на этих волнах принимают вид:

$$\frac{v_0}{\cos \alpha} - u_2 = v_0 \operatorname{tg} \alpha - u_3, \quad (6)$$

$$\rho_0 (c - u_1)^2 = \tau_c (1 + \varepsilon_c), \quad (7)$$

$$c \sin \varphi_c = c - u_1, \quad (8)$$

где σ_c , ε_c и φ_c —значения напряжения, деформации и угла φ на границе областей I—II, u_1 —скорость частиц нити на этой волне со стороны области II, c —эйлерова скорость этой волны, u_2 и u_3 —скорости частиц на границе областей II и III соответственно.

Кроме (6)—(8) имеем еще и условие симметрии в точке $s_0 = 0$:

$$\theta(0, t) = \varphi(0, t) = 0. \quad (9)$$

Начальные условия нулевые.

Уравнения (1)—(5) представляют собой замкнутую систему уравнений относительно $r(s_0, t)$, $\theta(s_0, t)$, $\varphi(s_0, t)$, $\sigma(s_0, t)$ и $\varepsilon(s_0, t)$. Исследуем эти уравнения. Для произвольного закона деформирования независимо от конкретного вида $\sigma(\varepsilon)$ уравнения (2)—(5) имеют решение:

$$\varphi = \theta \sin \alpha. \quad (10)$$

В данной статье предполагается, что и для закона деформирования типа (1) форма нити на поверхности конуса описывается формулой (6).

Тогда из (4)—(5) получим:

$$r(s_0, t) = \frac{c(t)}{\cos \varphi}, \quad (11)$$

где $c(t)$ —произвольная функция интегрирования.

Из (2)—(4) после некоторых операций находим:

$$r \frac{\partial \theta}{\partial t} \sin \varphi - \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\partial r}{\partial t} \cos \varphi = \text{const}. \quad (12)$$

После этого легко показать, что из (2)—(5) остается лишь два независимых уравнения, а остальные удовлетворяются тождественно. Введя обозначение

$$u = r \frac{\partial \theta}{\partial t} \cos \varphi + \frac{1}{\sin \alpha} \frac{\partial r}{\partial t} \sin \varphi, \quad (13)$$

оставшимся уравнениям придаем вид:

$$\rho_0 \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \tau}{\partial s_0}, \quad \frac{\partial u}{\partial s_0} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}, \quad (14)$$

которые совместно с (1) представляют собой замкнутую систему уравнений относительно u , τ и ε . Из (9) и (11) легко получим:

$$\left. \frac{\partial r}{\partial t} \right|_{\varepsilon=0} = \text{const}, \quad u(0, t) = 0. \quad (15)$$

Следовательно, согласно (7) имеем: $c(t) = c_1 t$, где $c_1 = \text{const}$.
Записывая уравнения (1) и (14) в характеристической форме, аналогично [6] можно показать, что в области I имеет место интеграл

$$u(s_0, t) \equiv 0. \quad (16)$$

После этого из (14), (1) и (13) находим:

$$\varepsilon = \text{const} = c_2, \quad \sigma = f(c_2) + F^*(c_3 - kt), \quad (17)$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{(1 + c_1) \sin \alpha}{c_1 t} S_0,$$

где F^* есть обратная первообразной функции $1/\Phi(z)$, а c_2 и c_3 — постоянные интегрирования. Поскольку постоянные $c_2, c_3, \frac{c_1}{v_0}$ являются

безразмерными, то они не могут зависеть от κ (подробно см. [6]). Следовательно, эти постоянные при неизменных значениях v_0, α, ρ_0 будут одни и те же в случаях $\kappa = 0$ и $\kappa \neq 0$. т.е. их точное значение может быть определено для закона деформирования типа $\sigma = \sigma(\varepsilon) =$

$= \int_0^{\varepsilon} E(\varepsilon) d\varepsilon$. Точное решение задачи при таких зависимостях найдено в работах [2—4]. В этом случае для определения неких параметров ε_c, u_1, c имеем систему трех уравнений (6)—(8), где следует принять:

$$\varphi_c = \frac{\pi}{2} \sin \alpha, \quad \sigma_c = \sigma(\varepsilon_c) = \int_0^{\varepsilon_c} E(\varepsilon) d\varepsilon, \quad u_3 = - \int_0^{\varepsilon_c} \sqrt{\frac{E(\varepsilon)}{\rho_0}} d\varepsilon, \quad u_2 = u_1. \quad (18)$$

После нахождения ε_c, u и c постоянные интегрирования определяются следующим образом:

$$c_1 = c \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sin \alpha\right)}{\sin \alpha}, \quad c_2 = \varepsilon_c, \quad c_3 = \Phi[\sigma(c_2) - f(c_2)]. \quad (19)$$

Таким образом, предполагая, что форма нити на поверхности конуса определяется формулой (10), найдено аналитическое решение задачи. При этом следует отметить, что формула (10) точно удовлетворяет уравнениям движения (2)—(5), начальным условиям задачи и граничным условиям в точке $s_0 = 0$.

В заключение определим изменения напряжений и деформаций на переднем фронте волн. Если вблизи $\varepsilon \neq 0, E(\varepsilon) \neq \text{const}$, то на переднем фронте волн, распространяющихся со скоростью $a_0 = \sqrt{E^{(0)}/\rho_0}$, $\sigma = 0, \varepsilon = 0$ и $u = 0$, при этом, если $\frac{dE}{d\varepsilon} < 0$, возле фронта волн распространяются центрированные волны. А если вблизи $\varepsilon = 0, E(\varepsilon) = \text{const}$, то передний фронт возмущений является волной сильного разрыва. Условия сохранения количества движения и массы на этой волне дают [1]:

$$\sigma = -\rho_0 a u, \quad u = -a \varepsilon, \quad (20)$$

где a — пока неизвестная скорость распространения этой волны. По-

скольку скорость этой волны является характеристической, то на этой волне имеет место характеристическое условие

$$d\sigma - \rho_0 a du = -\kappa \Phi dE. \quad (21)$$

Если $\frac{dE}{d\varepsilon} > 0$, то имеет место распространение ударных волн. Эта волна распространяется со скоростью

$$a^2 = \int_0^{\varepsilon} E(\varepsilon) d\varepsilon / (\rho_0 \varepsilon). \quad (22)$$

Если же $\frac{dE}{d\varepsilon} < 0$ и притом $\frac{dE}{d\varepsilon} = 0$ при $\varepsilon = 0$, то из уравнений (20)—

(21) находим, что $a_0^2 = \frac{E(0)}{\rho_0}$,

$$\frac{d\sigma}{dt} = -\frac{\kappa}{2} \Phi \left[\sigma - f\left(\frac{\sigma}{E(0)}\right) \right] = -\kappa P(\sigma). \quad (23)$$

При заданных видах $\Phi(z)$, интегрируя (23) с учетом условия $\sigma(0, 0^+) = f(c_2) + F^*(c_3)$, находим изменения напряжения σ , а по формулам (20) — ε и u на переднем фронте волн $s_0 = a_0 t$, из которых вытекает, что если $\sigma(0, 0^+) > \sigma_s$, то за фронтом этой волны всегда $\sigma > \sigma_s$.

Литература

1. Рахматулин Х. А., Демьянов Ю. А. Прочность при интенсивных нагрузках. — М.: Физматгиз, 1961. 2. Нуриев Б. Р. Автореф. дис... канд. наук. — М.: МГУ, 1976. 3. Нуриев Б. Р. — Докл. АН АзССР, 1980, № 2. 4. Агаларов Д. Г., Нуриев Б. Р., Рахматулин Х. А. — ПММ, 1981, т. 45, № 2. 5. Нуриев Б. Р., Широков С. М. Матер. V респ. конф. молодых ученых по мат. и мех. — Баку: Элм, 1984, т. 2, ч. 2. 6. Нуриев Б. Р. — Изв. АН АзССР. Сер. физ.-техн. и мат. наук, 1985, № 4.

Институт математики и механики АН АзССР

Поступило 18. X 1985

А. Г. Чэфэрли

ИПЛЭРИН ФЭЗА ХЭРЭКЭТИНДЭ ОНЛАРДА ГЕЈРИ-ХЭТТИ ӨЗЛҮПЛАСТИК ДАЛГАЛАРЫН ЈАҢЫЛМАСЫ

Мәгаләдә иплэрә конуслә енинә зәрбә мәсәләси арашдырылып. Һал тәлији оларар Соколовски-Малверн типли гејри-хәтти өзлүпластик мүнәсибәти гәбул олунмушдур. Мәсәлә гејри-хәтти хусуси төрәмәли диференсәл тәликләр системинин һәллинә кәтирилир. Мүәјјән фәрзијәләр даһилиндә мәсәләнин аналитик һәлли тапылмышдыр.

А. G. Djafarly

NONLINEAR VISCOPLASTIC WAVES IN THREADS IN THEIR DIMENSIONAL MOTION

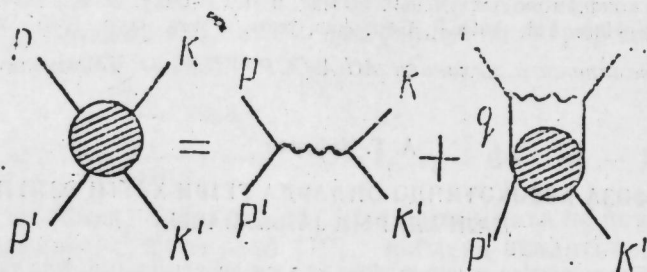
In this article the problem of nonlinear viscoplastic wave propagation in threads due to transverse impact by cone is investigated. The problem deals with the nonlinear partial differential equations in the domains with unknown moving boundaries. Under some assumptions the analytical solution to the problem is obtained.

Чл.-корр. АН АзССР С. А. ГАДЖИЕВ, Р. К. ДЖАФАРОВ

АБСОРБТИВНАЯ ЧАСТЬ АМПЛИТУДЫ РАССЕЯНИЯ ДВУХ
СКАЛЯРНЫХ ЧАСТИЦ

Решение уравнений для амплитуды рассеяния связанных состояний и других квантово-полевых функций представляет большой интерес для построения моделей взаимодействующих адронов. Амплитуда рассеяния скалярных частиц в лестничном приближении была исследована в работах [1—4]. Следует отметить, что в указанных работах исследовалась амплитуда рассеяния вперед в различных аспектах. В работе [5] показано, что лестничное уравнение для мнимой части амплитуды рассеяния на произвольные углы имеет решения, однако получить явного вида решения авторам не удалось. А в работе [6] получено лишь асимптотическое решение интегрального уравнения для мнимой части амплитуды рассеяния двух безмассовых скалярных частиц с безмассовым обменом.

В настоящей работе в рамках $\lambda\phi^3$ -теории исследуется лестничное приближение уравнения Бете—Солпитера, записанного для абсорбтивной части амплитуды рассеяния двух массивных скалярных частиц на произвольные углы с безмассовым обменом (рисунок).



Уравнение Бете—Солпитера для амплитуды рассеяния на произвольные углы в теории с трilinearным взаимодействием имеет следующий вид:

$$F(s, t) = -\frac{g^2}{(p+p')^2} - \frac{g^2}{(2\pi)^4} \int \frac{F(s', t') ds' dt'}{(q^2 - m^2)[(\kappa - p + q)^2 - m^2](p - q)^2} \quad (1)$$

В (1) использованы инвариантные переменные $s = (p + p')^2$, $t = (p - \kappa)^2$, $s' = (p' + q)^2$, $t' = (q - \kappa)^2$.

Будем считать, что частицы с импульсами p' , κ' и κ находятся на массовой поверхности: $p'^2 = \kappa'^2 = \kappa^2 = m^2$.

Уравнение для мнимой части амплитуды рассеяния (1) можно записать в следующем виде:

$$M(s, t) = \pi g^2 \delta[(p + p')^2] + \frac{\pi g^2}{(2\pi)^4} \int \frac{M(s', t') \delta[(p - q)^2] \theta(p_0 - q_0) d^4 q}{(q^2 - m^2)[(\kappa - p + q)^2 - m^2]} \quad (2)$$

где $M(s, t) = \text{Im} F(s, t)$.

Уравнение (2) будем решать методом последовательных приближений:

$$M_1(s, t) = \sum_{i=1}^{\infty} g^{2i} M_i(s, t) \quad (3)$$

В дальнейшем все манипуляции будем проводить в системе центра инерции начальных частиц: $\vec{p} + \vec{p}' = 0$.

В качестве первого приближения имеем следующее:

$$M_1 = \pi \delta(s) \quad (4)$$

Для нахождения второго приближения необходимо вычислить интеграл вида:

$$M_2(s, t) = \frac{\pi^2}{(2\pi)^4} \int \frac{\delta[(q + p')^2] \delta[(p - q)^2] \theta(p_0 - q_0) \theta(q_0 + p'_0) d^4 q}{(q^2 - m^2)[(\kappa - p + q)^2 - m^2]} \quad (5)$$

Интегрируя (5) по угловым и импульсным переменным, получим следующее выражение:

$$M_2(s, t) = \frac{\pi^3 X}{2^2 (2\pi)^4 |\vec{p}| A s} \quad (6)$$

где

$$X = \ln \left| \frac{2|\vec{p}|(C + B) + B\sqrt{s} \cdot \sqrt{s} - 2|\vec{p}|}{2|\vec{p}|(D - B) + B\sqrt{s} \cdot \sqrt{s} + 2|\vec{p}|} \right|;$$

$$A = [2s(1 - z) - (s - 4m^2)(1 - z^2)]^{1/2};$$

$$B = \sqrt{s} \sqrt{s - 4m^2} (z - 1) A^{-1}; \quad C = A - \sqrt{s - 4m^2} z - \sqrt{s};$$

$$D = A - \sqrt{s - 4m^2} z + \sqrt{s}; \quad |\vec{\kappa}| = \frac{1}{2} \sqrt{s - 4m^2},$$

z — косинус угла рассеяния частиц с импульсами \vec{p} и κ .

Подставляя (6) в (2) и произведя интегрирование для третьего приближения, получим:

$$M_3(s, t) = -\frac{\pi^5 X L}{2^3 (2\pi)^8 |\vec{p}| s A^2} \quad (7)$$

где

$$L = \frac{1}{\sqrt{s}} \left[\frac{2D - B}{B} \ln \frac{2D - B}{B} - \frac{2C + 3B}{B} \ln \frac{2C + 3B}{B} \right].$$

Аналогично можно получить выражение для четвертого приближения:

$$M_4(s, t) = \frac{\pi^7 X L^2}{2^4 (2\pi)^{12} |\vec{p}| s A^3} \quad (8)$$

Суммируя полученный ряд (3) при условии $|\lambda L/A| < 1$, окончательное выражение для мнимой части амплитуды рассеяния получим в виде:

$$M(s, t) = \pi g^2 \delta(s) + \frac{\pi^3 g^4}{2(2\pi)^4 |\vec{p}| s} \cdot \frac{X}{A + \lambda L}, \quad (9)$$

где $\lambda = g^2 \pi^2 / 2(2\pi)^4$.

Метод, которым решено уравнение (2'), дает нам возможность частичного выхода за рамки теории возмущений, поскольку за малый параметр бралась не константа взаимодействия, а величина $|\lambda L/A| < 1$.

Используя выражение (9) в принципе можно восстановить действительную часть амплитуды рассеяния с помощью дисперсионного соотношения, однако мы опускаем эту процедуру и исследуем асимптотическое поведение амплитуды рассеяния при $s \gg 4m^2$.

После несложных вычислений получим:

$$M(s, t) = \pi g^2 \delta(s) + \frac{\pi^3 g^4}{2(2\pi)^4 |\vec{p}| \sqrt{s}} \times \\ \times \frac{\ln \left| \frac{2|\vec{p}|(2z+1) + \sqrt{s}}{2|\vec{p}|(3-2z) - \sqrt{s}} \cdot \frac{1-\sqrt{s}-2|\vec{p}|}{\sqrt{s}+2|\vec{p}|} \right|}{(1-z)s - \lambda \Phi(z)}, \quad (10)$$

где $\Phi(z) = (5-4z) \ln|5-4z| + (3+4z) \ln|3+4z|$.

Полученное выражение (10) достаточно сложно зависит от угла рассеяния, и, как показал численный анализ, при больших значениях полной энергии $s \gg 4m^2$ асимптотическое выражение мнимой части амплитуды может приобрести полюсную особенность.

Проанализируем полюсную особенность выражения (10). При $\theta \rightarrow 0$ (рассеяние вперед) выражение (10) приобретает простой вид и полюсная особенность исчезает, что согласуется с результатами [1-4]. Увеличение угла рассеяния приводит к возникновению полюса, причем с увеличением угла полюс смещается в сторону больших энергий, достигая своего максимального значения при $s = 11,27\lambda$.

Действительно, расчеты показывают, что при $\theta \rightarrow \pi$ полюс возникает при $s = 9\lambda \ln 3 = 9,81\lambda$, а при $\theta = \frac{\pi}{2}$ полюс возникает при $s = 11,27\lambda$. Таким образом, здесь мы имеем аналогично реджевской асимптотике движущуюся особенность, и эта особенность "осциллирует" и принимает максимальное значение при $s = 11,27\lambda$; экспериментальное обнаружение этого факта было бы подтверждением наших результатов.

Литература

1. Арбузов Б. А., Рочев В. Е. — ЯФ, 1975, т. 21, № 4, с. 883.
2. Клименко К. Г., Рочев В. Е. — ТМФ, 1977, т. 30, № 2, с. 191.
3. Дьяконов В. Ю. — ТМФ, 1980, т. 43, № 2, с. 218.
4. Клименко К. Г., Рочев В. Е. — ТМФ, 1980, т. 31, № 2, с. 448.
5. Gilain C., Leu D. — J. Math. Phys., 1980, № 22 (8), p. 1787.
6. Гаджиев С. А., Джафаров Р. К., Либашивили А. И. — В сб. науч. тр.: "Множественное рождение и структура молекул". Баку: АГУ, 1985, с. 51.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 14. X 1985

С. А. Гаджиев, Р. Г. Чафаров

ИКИ СКАЛЈАР ЗЭРРЭЧИЈИН СЭПИЛМЭСИ АМПЛИТУДАСЫНЫН ХЭЈАЛИ ЁИССЭСИ

Мәгаләдә ики скалјар зәррәчијин ихтијари бучаглар алтында сәпилмәси амплитудасынын хәјали ёиссәси үчүн пилләвари јахынлашмада јазылмыш Бете-Солпитер тәңлији тәдгиг едилмишдир.

S. A. Gadjiev, R. G. Djafarov

AN IMAGINARY PART OF TWO SCALAR PARTICLES SCATTERING AMPLITUDE

In this article the Bethe-Salpeter equation in staircase approximation written for an imaginary part of two scalar particles scattering amplitude to arbitrary angles is investigated.

К. А. РУСТАМОВ, Б. А. РАДЖАБОВ, Н. А. КЕРИМОВ

КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ,
ИНВАРИАНТНЫЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ГРУППЫ $SO(4, 1)$

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

В последнее время усилилась тенденция рассмотрения частиц в реальном искривленном пространстве—времени и стремление связывать внутренние симметрии не с симметриями плоского мира, а с симметрией де Ситтера, реальнее имитирующей Вселенную [1—5]. В связи с этим возникает необходимость нахождения де Ситтер-инвариантных уравнений, описывающих свободное движение частиц произвольного спина. Частные виды таких уравнений приведены во многих работах [1—5]. Отметим также работу [6], в которой рассматриваются уравнения в 5-мерном псевдоевклидовом пространстве, инвариантные относительно неоднородной группы де Ситтера $SO(4, 1)$. Цель настоящей работы—описание полного класса таких уравнений, описывающих эволюцию квантово-механических систем.

Пространство де Ситтера наиболее просто реализуется в виде однополостного гиперболоида в 5-мерном псевдоевклидовом пространстве:

$$\xi^a \eta_{ab} \xi^b = -R^2, \quad (1)$$

$$\eta_{ab} = \text{diag}(1, -1, -1, -1, -1), \quad a, b = 0, 1, 2, 3, 4.$$

Группа де Ситтера $SO(4, 1)$ действует на гиперболоид (1) транзитивно, так что его можно реализовать как фактор-пространство этой группы. Для этого зафиксируем точку $O(0, 0, 0, 0, R)$ гиперболоида (1). Стабилизатором этой точки является группа Лоренца $SO(3, 1)$. Следовательно, имеют место соотношения [4, 5]:

$$\Lambda(\xi, g) = h^{-1}(g\xi)gh(\xi), \quad (2)$$

где Λ и g —элементы группы Лоренца $SO(3, 1)$ и де Ситтера $SO(4, 1)$ соответственно, а $h(\xi)$ —оператор Вигнера. Действуя оператором $h(\xi)$ на точку O , можно получить любую точку ξ гиперболоида (1) $\xi = h(\xi)O$. Выбирая для определенности $h(\xi)$ в виде:

$$h(\xi) = g_{35}(\gamma)g_{25}(\beta)g_{15}(\alpha)g_{05}(\sigma),$$

получаем следующую систему координат:

$$\xi = (R \text{ sh } \sigma, R \text{ ch } \sigma \sin \alpha, R \text{ ch } \sigma \cos \alpha \sin \beta, R \text{ ch } \sigma \cos \alpha \cos \beta \sin \gamma, R \text{ ch } \sigma \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma). \quad (3)$$

После этих предварительных замечаний можно приступить к нахождению де Ситтер-инвариантных уравнений. Из общих соображений известно, что такие уравнения должны быть линейными и содержать производные волновых функций не выше I порядка [9]:

$$L_0 \frac{\partial \Psi}{\partial \sigma} + L_1 \frac{\partial \Psi}{\partial \alpha} + L_2 \frac{\partial \Psi}{\partial \beta} + L_3 \frac{\partial \Psi}{\partial \gamma} + M \Psi = 0, \quad (4)$$

где $L_\nu = L_\nu(\sigma, \alpha, \beta, \gamma)$, $\nu = 0, 1, 2, 3$ и $M = M(\sigma, \alpha, \beta, \gamma)$ — искомые матрицы N -го порядка, $\Psi(\sigma, \alpha, \beta, \gamma)$ — N -компонентная волновая функция, определенная на поверхности гиперболоида (1) и преобразующаяся при преобразовании координат следующим образом:

$$\Psi'(g\xi) = T(\Lambda(\xi, g))\Psi(\xi), \quad g \in SO(4, 1), \quad (5)$$

$\Lambda(\xi, g)$ — элемент стационарной подгруппы, определяемой (2); $T(\Lambda)$ — представление группы Лоренца $SO(3, 1)$.

В дальнейшем будем предполагать, что $T(\Lambda)$ вполне приводимо и разлагается в прямую сумму неприводимых представлений $T^{\cdot}(\cdot)$ группы $SO(3, 1)$, которые, как известно [7], задаются с точностью до эквивалентности двумя числами (l_0, l_1) (l_0 — положительное целое или полуцелое, l_1 — произвольное комплексное число).

Следуя методике нахождения инвариантных уравнений, изложенной в монографиях [7, 8], приходим к такому результату:

Теорема. Все де Ситтер-инвариантные уравнения с частными производными I порядка (с точностью до эквивалентности) в системе координат (3) имеют вид:

$$\Lambda_0 \frac{\partial \Psi}{\partial \sigma} + \Lambda_1 (\text{ch } \sigma)^{-1} \frac{\partial \Psi}{\partial \alpha} + (\text{ch } \sigma \cos \alpha)^{-1} \Lambda_2 \frac{\partial \Psi}{\partial \beta} + (\text{ch } \sigma \cos \alpha \cos \beta)^{-1} \Lambda_3 \frac{\partial \Psi}{\partial \gamma} + M \Psi = 0 \quad (6)$$

и существуют тогда и только тогда, когда представление $T(\Lambda)$ есть прямая сумма таких $\tau(l_0, l_1)$ и $\tau'(l'_0, l'_1)$ компонент, которые связаны соотношениями*:

1) либо $(l'_0, l'_1) = (l_0 \pm 1, l_1)$, 2) либо $(l'_0, l'_1) = (l_0, l_1 \pm 1)$.

В (6) матрицы $\Lambda_0 = \|a_{em, e'm'}^{\cdot\cdot}\|$, $\Lambda_1 = \|b_{em, e'm'}^{\cdot\cdot}\|$, $\Lambda_2 = \|c_{em, e'm'}^{\cdot\cdot}\|$, $\Lambda_3 = \|d_{em, e'm'}^{\cdot\cdot}\|$ не зависят от координат и совпадают с соответствующими матрицами релятивистски-инвариантных уравнений, явный вид которых приведен в работе [7, 281], а для матричных элементов $M = \|M_{em, e'm'}^{\cdot\cdot}\|$ имеем:

$$M_{im, l-2, m}^{\cdot\cdot} = 2 \text{ th } \sigma [(l^2 - m^2)((l-1)^2 - m^2)]^{1/2} C_i^{\cdot\cdot} (C_{i-1}^{\cdot\cdot} c_{i-2}^{\cdot\cdot} - C_{i-1}^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot}),$$

$$M_{im, l-1, m-1}^{\cdot\cdot} = (2 \text{ ch } \sigma \cos \alpha)^{-1} [(l+m)(l+m-1)]^{1/2} [i(l-m+1) \sin \alpha - (l-m+1) \text{ tg } \beta] (C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot} - C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot}),$$

$$M_{im, l-1, m}^{\cdot\cdot} = -2n \text{ th } \sigma (l^2 - m^2)^{1/2} [A_i^{\cdot\cdot} (C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot} - C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot}) + C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot} (A_{i-1}^{\cdot\cdot} - A_{i-1}^{\cdot\cdot})],$$

$$M_{im, l-1, m+1}^{\cdot\cdot} = -(2 \text{ ch } \sigma \cos \alpha)^{-1} [(l-m)(l-m-1)]^{1/2} \times [i(l+2m+1) \sin \alpha + (l+m+1) \text{ tg } \beta] (C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot} - C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot}),$$

$$M_{im, l, m-1}^{\cdot\cdot} = (2 \text{ ch } \sigma \cos \alpha)^{-1} [(l+m)(l-m+1)]^{1/2} \times [-i(2m-1) \sin \alpha + (m-1) \text{ tg } \beta] c_{i-1}^{\cdot\cdot} (A_i^{\cdot\cdot} - A_i^{\cdot\cdot}),$$

$$M_{im, l, m}^{\cdot\cdot} = \text{ th } \sigma [(2m^2 - l) C_i^{\cdot\cdot} (C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot} - C_i^{\cdot\cdot} c_{i-1}^{\cdot\cdot}) +$$

* Заметим, что такие представления называются зацепляющимися [7].

$$\begin{aligned}
& + (2m^2 + l + 1) C_{i+1}^{\bar{c}} (C_{i+1}^{\bar{c}} c_{i+1}^{\bar{c}'} - C_{i+1}^{\bar{c}'} c_{i+1}^{\bar{c}}) + \\
& + (2m^2 - l(l+1)) A_i^{\bar{c}} c_{i+1}^{\bar{c}'} (A_i^{\bar{c}} - A_i^{\bar{c}'}) + m^{\bar{c}} \delta^{\bar{c}'} \\
M_{im, l, m+1}^{\bar{c}} & = (2 \operatorname{ch} \sigma \cos \alpha)^{-1} [(l+m-1)(l-m)]^{1/2} \times \\
& \times [i(2m+1) \sin \alpha + (m+1) \operatorname{tg} \beta] c_{i+1}^{\bar{c}'} (A_i^{\bar{c}} - A_i^{\bar{c}'}), \\
M_{im, l+1, m-1}^{\bar{c}} & = (2 \operatorname{ch} \sigma \cos \alpha)^{-1} [(l-m+1)(l-m+2)]^{1/2} \times \\
& \times [-i(l+2m) \sin \alpha + (l+m) \operatorname{tg} \beta] (C_{i+1}^{\bar{c}} c_{i+1}^{\bar{c}'} - C_{i+1}^{\bar{c}'} c_{i+1}^{\bar{c}}), \\
M_{im, l+1, m}^{\bar{c}} & = 2m \operatorname{th} \sigma [(l+1)^2 - m^2]^{1/2} [A_i^{\bar{c}} (C_{i+1}^{\bar{c}} c_{i+1}^{\bar{c}'} - \\
& - C_{i+1}^{\bar{c}'} c_{i+1}^{\bar{c}}) + C_{i+1}^{\bar{c}} c_{i+1}^{\bar{c}'} (A_{i+1}^{\bar{c}} - A_{i+1}^{\bar{c}'})], \\
M_{im, l+1, m+1}^{\bar{c}} & = (2 \operatorname{ch} \sigma \cos \alpha)^{-1} [(l+m+1)(l+m+2)]^{1/2} \times \\
& \times [l(l-2m) \sin \alpha + (l-m) \operatorname{tg} \beta] (C_{i+1}^{\bar{c}} c_{i+1}^{\bar{c}'} - C_{i+1}^{\bar{c}'} c_{i+1}^{\bar{c}}), \\
M_{im, l+2, m}^{\bar{c}} & = 2 \operatorname{th} \sigma [(l+2)^2 - m^2]^{1/2} [(l+1)^2 - m^2]^{1/2} \times \\
& \times C_{i+1}^{\bar{c}} (C_{i+2}^{\bar{c}} c_{i+2}^{\bar{c}'} - C_{i+2}^{\bar{c}'} c_{i+2}^{\bar{c}}),
\end{aligned}$$

где $m^{\bar{c}}$ и $m^{\bar{c}'}$ — произвольные комплексные числа,

$$A_i^{\bar{c}} = i l_0 l_1 [l(l+1)]^{-1}, \quad C_i^{\bar{c}} = i l^{-1} [(l^2 - l_0^2)(l^2 - l_1^2)(4l^2 - 1)]^{-1/2}$$

$$m = -l, -l+1, \dots, l-1, l; \quad l = l_0, l_0+1, \dots,$$

а величины $c_{i+1}^{\bar{c}'}$ имеют следующий вид:

$$1) \text{ при } (l_0', l_1') = (l_0 \pm 1, l_1)$$

$$c_{i+1}^{\bar{c}'} = c^{\bar{c}'} [(l+l_0+1)(l-l_0)]^{1/2},$$

$$2) \text{ при } (l_0', l_1') = (l_0, l_1 \pm 1)$$

$$c_{i+1}^{\bar{c}'} = c^{\bar{c}'} [(l+l_1+1)(l-l_1)]^{1/2}.$$

Здесь $c^{\bar{c}'}$ и $c^{\bar{c}}$ — произвольные комплексные числа и отличны от нуля только для зацепляющихся компонент τ и τ' .

В заключение отметим, что полученные нами де Ситтер-инвариантные уравнения после замены $\sigma \rightarrow x^0/R$, $\alpha \rightarrow x^1/R$, $\beta \rightarrow x^2/R$, $\gamma \rightarrow x^3/R$ в пределе $R \rightarrow \infty$ переходят к релятивистски-инвариантным уравнениям в полном соответствии с тем, что пространства Минковского локально есть предельный случай [5] мира де Ситтера при $R \rightarrow \infty$.

Литература

1. Dirak P. A. — Ann. Math., 1935, 36, 657.
2. Gursev F. and Lee T. D. — Proc. Nat. Acad. Sci., 1963, 49, 179.
3. Nachtmann O. — Commun. Math. Phys., 1967, 6, 1.
4. Borner G. and Durr H. P. — Nuovo Cim., 1969, 61A, 669.
5. Менский М. Б. — Метод индуцированных представлений: пространство — время и концепция частиц. — М.: Наука, 1976.
6. Фушич В. И., Сокур Л. П. Препринт ИТФ-69-33. — Киев, 1969.
7. Гельфанд И. М. и др. Представления группы вращений и группы Лоренца, их применения. — М.: Физматгиз, 1958.
8. Наймарк М. А. Линейные представления группы Лоренца. — М.: Физматгиз, 1958.
9. Дирак П. Принципы квантовой механики. — М.: Физматгиз, 1960.

ИКИПР НПО космических исследований

Поступило 28. X 1985

К. Э. Рүстәмов, Б. Э. Рәчәбов, Н. А. Кәримов

SO(4,1) ГРУПУНА КӨРЭ ИНВАРИАНТ ОЛАН КВАНТ-МЕХАНИКИ ТЭНЛИКЛӘР

Мәгаләдә SO(4,1) де-Ситтер групуна көрә инвариант олан I тәртиб хүсуси төрәмәли дифференциал тәнликләрини там синфинини тапылмасындан бәһс олуур.

K. A. Rustamov, B. A. Radjabov, N. A. Kerimov

QUANTUM MECHANICAL EQUATIONS, INVARIANT TO THE GROUP SO(4,1)

The complete class of first-order partial differential equations, invariant to the de Sitter group SO(4,1), is found in this article.

М. И. МАМЕДОВ, Г. И. КЕЛБАЛИЕВ, А. С. ГУСЕЙНОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ФОККЕРА — ПЛАНКА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГРАНУЛЯЦИИ ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Математическое описание процессов грануляции порошкообразных материалов в барабанных грануляторах проводится детерминированными или сугубо вероятностными методами, не учитывающими механизм гранулообразования [1]. В более общем случае грануляция порошкообразных материалов представляет собой сложный физический процесс с характерными вероятностными свойствами, среди которых особый интерес представляет эволюция функции распределения гранул по размерам по всей длине гранулятора. Процесс грануляции характеризуется зарождением в результате распыления связующего вещества с дальнейшим образованием гранул и уплотнением их в результате окатывания по поверхности барабана. В общем случае размеры гранул, образовавшихся в результате окатывания, определяются формулой [1]:

$$\frac{da}{d\tau} = \frac{2R\omega}{\pi a} \bar{\lambda}(\tau), \quad (1)$$

где $\bar{\lambda}(\tau)$ представляет собой толщину пленки, наслаивающейся на поверхность частиц и зависящей от скорости уплотнения и износа гранул. Если считать в частном случае, что гранулообразование происходит за счет агломерирования частиц начального размера a_0 (частиц порошка), то можно предположить $\bar{\lambda} = a_0$, а в более общем случае $\bar{\lambda}(\tau)$ зависит от скорости грануляции, износа, уплотнения и многих других факторов. Наряду с указанными явлениями при грануляции порошкообразных материалов происходит адгезионное осаждение частиц порошка на внутренней поверхности барабана. Причем образовавшаяся толщина слоя носит устойчивый характер, поскольку при дальнейшем нарастании слоя в результате вращения барабана наблюдается отрыв комков с поверхности с его измельчением при ударе о дно барабана и с образованием частиц различных размеров. Для описания процесса измельчения хрупких материалов можно использовать закон Кирпичева—Кика [2], согласно которому скорость измельчения пропорциональна линейному размеру частиц:

$$R_1 = -\kappa_1 a. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получим уравнение грануляции, учитывающее изменение размеров за счет окатывания и измельчения:

$$\frac{dr}{d\tau} = \frac{m_1}{r} - \kappa_1 r + \hat{x}(\tau), \quad (3)$$

где

$$m_1 = \frac{2R\omega}{\pi a_m^2} a_0, \quad r = a/a_m.$$

Функцию распределения частиц по размерам согласно обобщенному уравнению Фоккера—Планка можно записать в виде:

$$\frac{\partial P(r, t, x)}{\partial t} + V \frac{\partial P(r, t, x)}{\partial x} = - \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{dr}{d\tau} P(r, t, x) \right] + B \frac{\partial^2 P(r, t, x)}{\partial r^2}. \quad (3a)$$

Рассматривая стационарный процесс и введя обозначение $\tau = x/V$ функцию распределения частиц согласно (3) и обобщенному уравнению Фоккера—Планка можно представить в виде:

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = - \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{dr}{d\tau} P(r, \tau) \right] + B \frac{\partial^2 P}{\partial r^2}, \quad (4)$$

где B — параметр, характеризующий интенсивность случайной силы $\hat{x}(\tau)$. Граничными условиями для (4) будут:

$$P(r, \tau)|_{r=0} = 0, \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial P(r, \tau)}{\partial r} \right|_{r=a_0/a_m} = 0, \quad (5a)$$

$$P(r, \tau)|_{r=0} = P_0(r, \tau). \quad (5b)$$

Условие (5a) характеризует постоянство функции распределения при одинаковых размерах частиц порошка, а (5b) — плотность распределения на входе в гранулятор. Для решения (4) используем метод разделения переменных [3]:

$$P(r, \tau) = \psi(t) \cdot \varphi(r), \quad (6)$$

подстановка которого в (4) дает следующие уравнения:

$$\frac{d\psi}{dt} = \lambda\psi, \quad (6a)$$

$$\kappa_2 \frac{d^2\varphi}{dr^2} - \frac{d}{dr} \left[\left(r - \frac{m_R}{r} \right) \varphi \right] - \lambda_2 \varphi = 0, \quad (6b)$$

где

$$\kappa_2 = B/\kappa_1, \quad \lambda_2 = \lambda/\kappa_1, \quad m_R = m_1/\kappa_1.$$

Решение уравнения (6a) можно представить в виде:

$$\psi(t) = c_1 e^{\lambda t}. \quad (7)$$

Для решения второго уравнения введем следующие переменные $x = r^2/2\kappa_2$, $\varphi = r\psi(r)$, с учетом которых определим производные:

$$\frac{d\varphi}{dr} = y(x) + 2x \frac{dy}{dx},$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} = \frac{\sqrt{2\kappa_2 x}}{\kappa_2} \left[3 \frac{dy}{dx} + 2x \frac{d^2 y}{dx^2} \right],$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[\left(r - \frac{m_R}{r} \right) \varphi \right] = 2\sqrt{2\kappa_2 x} y + \sqrt{2\kappa_2 x} \left(2x - \frac{m_R}{\kappa_2} \right) \frac{dy}{dx}.$$

Подставив производные в (6б), путем элементарных преобразований получим:

$$x \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + (q-x) \frac{\partial y}{\partial x} - Py = 0, \quad (8)$$

где

$$q = \frac{3}{2} + \frac{R \omega a_0}{\pi B}, \quad P = 1 + \frac{\lambda}{2\kappa_1}.$$

Выражение (8) представляет собой вырожденное гипергеометрическое уравнение, решением которого является гипергеометрическая функция Куммера [4]:

$$\Phi(P(\lambda), q, x(r)) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\prod_{i=0}^{n-1} (P+i)}{\prod_{i=0}^{n-1} (q+i)} \frac{1}{n!} \left(\frac{r^2}{2\kappa_2}\right)^n. \quad (9)$$

Тогда частное решение (4) представится в виде:

$$P(r, \tau) = cr \Phi(P(\lambda), q, x(r)) e^{\lambda \tau}. \quad (10)$$

Используя (5а), имеем $\left. \frac{\partial P(r, \tau)}{\partial r} \right|_{r=a_0/a_m} = c \left(r \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \Phi \right) e^{\lambda \tau} = 0$, кото-

рое преобразуется к виду:

$$\frac{a_0}{a_m} \Phi'_r + \Phi = 0, \quad (11)$$

где $\Phi'_r \left(P(\lambda), q, \frac{r^2}{2\kappa_2} \right) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\prod_{i=0}^{n-1} (P(\lambda) + i)}{\prod_{i=0}^{n-1} (q + i)} \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{a_0^2/a_m^2}{2\kappa_2} \right)^{n-\frac{1}{2}}$.

С учетом последнего выражения (11) преобразуется к следующему виду:

$$1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\prod_{i=0}^{n-1} (P(\lambda) + i)}{\prod_{i=0}^{n-1} (q + i)} \frac{1}{n!} \left(\frac{a_0^2/a_m^2}{2\kappa_2} \right)^n \left(1 + 2n \frac{a_0}{a_m} \left(\frac{a_0^2/a_m^2}{2\kappa_2} \right)^{n-\frac{1}{2}} \right) = 0. \quad (12)$$

Нелинейное уравнение (12) позволяет определить собственные числа λ_i . Общее решение (4) определяется из частного решения (10) в виде:

$$P(r, \tau) = \sum_i c_i r \Phi_i(P(\lambda), q, x(r)) e^{\lambda_i \tau}. \quad (13)$$

Поскольку функции Φ_i ортогональны друг к другу в интервале $[0, 1]$ с весом $r^{\frac{mR}{\kappa_2}} e^{-\frac{r^2}{2\kappa_2}}$ [5], то с использованием условия (5б), умножив на $r^{\frac{mR}{\kappa_2}} e^{-\frac{r^2}{2\kappa_2}} \Phi_i(r)$ и интегрируя в пределах от 0 до 1, имеем:

$$\int_0^1 P_0(r, 0) r^{\frac{mR}{\kappa_2}} e^{-\frac{r^2}{2\kappa_2}} \Phi_i(r) dr = \sum_1 \int_0^1 c_1 r^{\frac{mR}{\kappa_2}} e^{-\frac{r^2}{2\kappa_2}} \Phi_i(r) \Phi_j(r) dr.$$

Учитывая условия ортогональности, получим:

$$c_1 = \int_0^1 P_0(r, 0) r^{\frac{mR}{\kappa_2}} \exp \left[-\left(\frac{r^2}{2\kappa_2} \right) \right] \Phi_i(r) dr. \quad (14)$$

Таким образом, решения (12), (13) и (14) позволяют исследовать эволюцию функции распределения гранул по размерам на всей длине барабанного гранулятора с учетом окатывания и измельчения. В промышленных условиях более удобным является задание функции распределения гранул по размерам на выходе из гранулятора, что позволяет вместо условия (4) использовать

$$\tau = \tau_s, \quad P(r, \tau) = \hat{P}(r, \tau_s). \quad (15)$$

Тогда постоянную c_1 можно определить аналогично изложенному в виде:

$$c_1 = \int_0^1 \hat{P}(r, \tau_s) r^{\frac{mR}{\kappa_2}} \exp \left[-\left(\frac{r^2}{2\kappa_2} + \lambda_1 \tau_s \right) \right] \Phi_i(r) dr. \quad (16)$$

В последнем случае решение задачи позволяет исследовать обратную эволюцию функции распределения по длине гранулятора начиная с конца. В частном случае данная постановка аналогична обратной, условно корректной задаче восстановления начального распределения, если производные $\frac{\partial P(r, \tau)}{\partial \tau}$, $\frac{\partial P(r, \tau)}{\partial r}$ и $\frac{\partial^2 P}{\partial r^2}$ — гладкие и дифференцируемые функции в интервале $\tau \in [0, \tau_s]$. Недостатком подобных решений является невозможность точного задания граничных функций распределения, учитывающих ошибки измерения.

Литература

1. Класен П. В., Гришасв Н. Г. Основы техники гранулирования. — М.: Химия, 1982.
2. Ходаков Г. С. Физика измельчения. — М.: Наука, 1972.
3. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1966.
4. Янке Е., Леш Ф. Специальные функции. — М.: Наука, 1977.
5. Протодьяков Н. О., Богданов С. Р. Статистическая теория явлений переноса в химической технологии. — Л.: Химия, 1983.

НИПИнефтехимавтомат

Поступило 4. IV 1985

М. П. Маммадов, Г. И. Кэлбалиев, Э. С. Нүсејнов

ФОККЕР-ПЛАНК ТЭНЛИЈИНДЭН ИСТИФАДЭ ЕТМЭКЛЭ ТОЗВАРИ МАТЕРИАЛЛАРЫН ДЭНЭВЭРЛЭШДИРИЛМЭСИ ПРОСЕСИНИН РИЈАЗИ ЈАЗЫЛЫШЫ

Мәгаләдә тозвари материалларын дәнэвэрлэшдирилмәси просесини ријази јазмаг үчүн дисперс ахында онларын хырдалашмасыны нэзэрә алмагла Фоккер-Планк тәнлијиндән истифадә олуимушдур.

Хүсуси һәндәси функциялар сифиндә һиссәчикләрин агломерасиясынын хүсуси һалы үчүн дәнэвэрләрин өлчүләрини пәјланма функцияларынын еволүсијасыны тәдгиг етмәјә имкан верән һәмийн тәнлијин аналитик һәлли алынмышдыр.

FOCKER—PLANK EQUATION APPLICATION FOR POWDERED MATERIALS GRANULATION PROCESSES DESCRIPTION

The Focker—Plank equation application is considered for granulation processes description and calculation taking into account grinding flow.

In the class of special hypergeometric functions the Focker—Plank equation analytical solution is obtained for the special case of particles agglomeration, allowing to research the evolution of the granules distribution function according to sizes.

УДК 548.736.3

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Ш. К. КЯЗИМОВ, Г. Ш. ГАСАНОВ, Ю. Г. АСАДОВ

СТРУКТУРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ В AgCuSe

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. И. Алиевым)

Кристаллы бинарных соединений Cu_2Se и Ag_2Se при повышении температуры претерпевают структурные превращения. Монокристаллы Cu_2Se при комнатной температуре имеют ромбическую решетку с параметрами элементарной ячейки $a = 4,118$, $b = 7,028$ и $c = 20,360 \text{ \AA}$, $z = 12$ [1]. При 407 К ромбическая модификация превращается в ГЦК модификацию с параметром элементарной ячейки $a = 5,840 \text{ \AA}$ [2].

Монокристаллы Ag_2Se при комнатной температуре имеют также ромбическую решетку с параметрами элементарной ячейки $a = 7,05$, $b = 7,85$ и $c = 4,33 \text{ \AA}$, $z = 4$ [3]. При 430 К ромбическая решетка превращается в ОЦК решетку с параметром элементарной ячейки $a = 4,98 \text{ \AA}$, $z = 2$ [2].

В этих кристаллах структурные превращения происходят обратимо и по типу монокристалл—монокристалл.

Надо отметить, что более сложные структуры из двух или нескольких металлических элементов и одного неметаллического также сохраняют черты бинарного неорганического соединения. Одним из ярких примеров является соединение AgCuSe . В работе [4] впервые установлено, что соединение AgCuSe кристаллизуется в тетрагональной сингонии с параметрами элементарной ячейки $a = 4,083$, $c = 6,30 \text{ \AA}$, $z = 2$. В более поздней работе [3] показано, что AgCuSe кристаллизуется в ромбической структуре с параметрами элементарной ячейки $a = 4,105$, $b = 20,35$ и $c = 6,31 \text{ \AA}$, $z = 10$. Как видно, параметр b_r ромбической структуры кратен пяти параметрам тетрагональной решетки, т. е. $b_r = 5 \cdot b_t$. По данным работ указанных авторов в структуре AgCuSe атомы Ag находятся в плоскостях, перпендикулярных оси С. Около каждого из них располагаются 4 Ag на расстоянии $2,96 \text{ \AA}$ и 6 Se на расстояниях: $2,67 \text{ \AA}$ (4 Se), $3,59 \text{ \AA}$ (1 Se) и $3,64 \text{ \AA}$ (1 Se). Атомы Se образуют вытянутые тетраэдры, в которых находятся атомы Cu. Расстояние Se—Se = $3,03 \text{ \AA}$, расстояние Cu—Se = $2,06$ — $2,50 \text{ \AA}$ и наименьшее расстояние Cu—Ag = $2,98 \text{ \AA}$.

Если для кристалла AgCuSe принять ромбическую решетку, приведенную в [3], то она точно совпадает со структурой кристалла Cu_2Se .

В работе [3] также показано, что низкотемпературная модификация AgCuSe устойчива до температуры 463—468 К. Данные о про-

цессе структурных превращений и в высокотемпературной модификации этого соединения в литературе отсутствуют.

Данная статья является первой из запланированных исследований структурных превращений в сложных соединениях халькогенидов меди и серебра.

С этой целью из отдельных компонентов синтезировалось соединение AgCuSe . Из синтезированного образца при комнатной температуре снимались порошковые диаграммы, расчеты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет дебаеграммы и дифрактограммы AgCuSe ($\text{CuK}\alpha$ -излучение ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), фильтр Ni, 35 кВ, 10 мА)

№ п/п	$d, \text{ \AA}$ дебагер	$d, \text{ \AA}$ дифракт	J/J_1	hkl	Параметры элементарной ячейки, \AA
1	3,426		1	101	
2	3,141	3,1426	4	002	
3	2,902	2,8937	7	110	
4	2,632	2,6221	9	111	
5	2,508	2,4924	8	012	
6	2,132	2,1301	10	112	
7	2,045	2,0459	4	020	$a=4,083$
8	1,866	1,8674	4	013	
9	1,716		1	022,113	
10	1,585	1,5852	6	122,004	$c=6,30$
11	1,556		1	132	
12	1,506		7	220	
13	1,457	1,4684	1	023,300	
14	1,379		2	114,123	
15	1,341	1,3480	1	031	
16	1,321		1	222	
17	1,290		1	130	
18	1,272		1	131	
19	1,247		2	032,024	
20	1,207	1,2047	6	015	
21	1,194		3	132,124	
22	1,141		1	033	
23	1,037		3	125,034	
24	1,021		1	040,016	
25	0,919		1	240,126	
26	0,878		2	242,333	
27	0,861		2	341,051	

Данные порошковые диаграммы полностью согласуются с данными [3], т. е. все межплоскостные расстояния d_i хорошо индицируются на основе тетрагональной решетки с параметрами элементарной ячейки $a = 4,083$, $c = 6,30 \text{ \AA}$, $z = 2$, пространственная группа $D_{2h}^2 - I 4, nmm$.

Для исследования структурных фазовых переходов из синтезированного слитка были изготовлены плоские образцы с произвольной кристаллографической ориентацией. Температурные дифрактометрические исследования проводились на дифрактометре ДРОН-1,5 с температурной приставкой, работающей в интервале 293–2273 К.

При комнатной температуре от поверхности массивного образца AgCuSe в интервале углов от 20 до 100° было зафиксировано 10

четких дифракционных отражений. Расчет межплоскостных расстояний и индексы отражений приведены в табл. 1.

После проведения записи при комнатной температуре включалась нагревательная печь и через каждые 50 К, не изменяя ориентации кристалла, повторялись записи в прежнем интервале углов. Таким образом было обнаружено, что при 523 К все 11 дифракционных отражений исчезают и в прежнем интервале углов фиксируются четыре отражения (табл. 2), которые индицируются в кубической гранецентрированной (ГЦК) решетке с параметром элементарной ячейки $a = 6,080 \text{ \AA}$.

Таблица 2

Расчет дифрактограммы AgCuSe (излучение $\text{CuK}\alpha$, фильтр Ni, 35 кВ, 10 мА, $T_{\text{эксп}} = 523 \text{ K}$)

№ п/п	$d, \text{ \AA}$ $d_{\text{ГЦК}}$	$d, \text{ \AA}$ $d_{\text{Ттор}}$	hkl	Параметр элементарной ячейки, \AA
1	3,5120	3,5103	111	
2	3,0338	3,0400	200	
3	2,1520	2,1499	220	$a=6,080$
4	1,8333	1,8332	311	

Для определения температуры равновесия между модификациями AgCuSe счетчик прибора был установлен на максимуме отражения от плоскости (112) тетрагональной решетки, имеющей максимум интенсивности, который исчезает при полном превращении тетрагональной модификации в ГЦК и появляется при обратном превращении. Используя указанный способ, найдена температура равновесия между тетрагональной и ГЦК модификациями $-504 \pm 1 \text{ K}$.

Полученные результаты позволяют считать, что высокотемпературная модификация соединения AgCuSe также сохраняет решетку высокотемпературной модификации соединения Cu_2Se .

Как было показано, соединение Cu_2Se выше 407 К кристаллизуется в ГЦК решетке с параметром элементарной ячейки $a = 5,840 \text{ \AA}$. Замена половины атомов меди в структуре Cu_2Se атомами серебра приводит лишь к увеличению триада решетки ГЦК модификации за счет большого ионного радиуса атомов серебра ($\text{Ag}^{1+} - 1,26$) по сравнению с ионным радиусом атомов меди ($\text{Cu}^{1+} - 0,96$). Несмотря на то, что обе модификации AgCuSe сохраняют решетки низко- и высокотемпературных модификаций Cu_2Se , температура превращения повышается на 97 К.

Литература

1. Stevels A. Z. N., Jellinek F.—Rec. Trav. Chem., 1971, 90, 273.
2. Rahlfs P.—Z. Phys. Chem., 1936, 31, 157.
3. Early J. W.—Amer. Min., 1950, 35, № 5—6, 345.
4. Frueh A. J. et al.—Zs. Krist., 1957, 108, 389.

Институт физики АН АзССР

П упило 26. VI 1985

Ш. К. Қазымов, Н. Ш. Гасанов, Ә. Г. Әсәдов

Ag Cu Se БИРЛӘШМӘСИНДӘ ГУРУЛУШ ЧЕВРИЛМӘСИ

Мәгаләдә кәстәрилмишдир ки, синтез едилмиш Ag Cu Se бирләшмәсиндә рентген-дифраксия үсулу илә мұәјјән едилмишдир ки, отаг температурунда мөвчуд олан тетрагонал фаза (504 ± 1) К-дә сәтһинә мәркәзләшмиш куб фазаја кечир.

Sh. K. Kyazimov, G. Sh. Gasanov, Yu. G. Asadov

STRUCTURAL TRANSITIONS IN AgCuSe

AgCuSe compound is synthesized and the processes of structural transitions occurring in it are studied. Low-temperature tetragonal modification is established to transform into the face-centred cubic one at 504 ± 1 K.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLII ЧИЛД

№ 11

1986

УДК 621.315.592

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Ф. Н. КАЗНЕВ, Ш. М. КУЛНЕР, А. К. МАМЕДОВ, Г. С. СЕЙИДЛИ

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ
НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($x = 0,2 \div 0,5$)

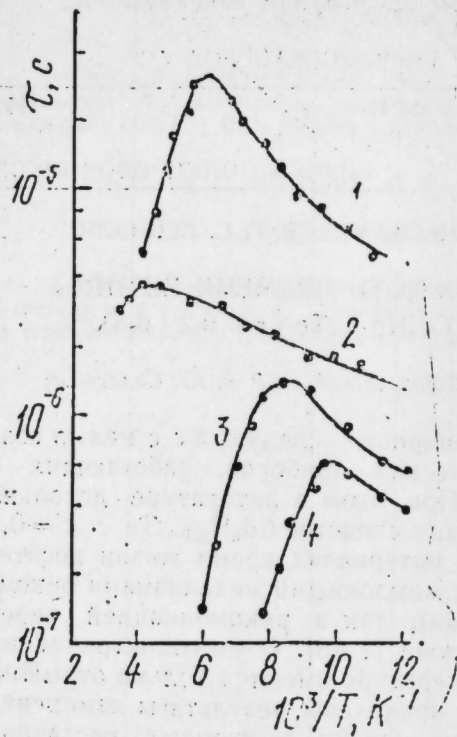
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Э. Ю. Салаевым)

Твердые растворы $Cd_xHg_{1-x}Te$ широко исследуются с целью создания на их основе фотоэлектрических приборов, работающих в длинноволновой области спектра. При этом в литературе довольно подробно освещены фотоэлектрические свойства $Cd_xHg_{1-x}Te$ с $x = 0,2$ и $x = 0,3$. Установлено, что в этих материалах время жизни носителей заряда может определяться как межзонными механизмами рекомбинации (ударным и излучательным), так и рекомбинацией через примесные уровни в запрещенной зоне [1-6]. О фотоэлектрических свойствах $Cd_xHg_{1-x}Te$ с $x = 0,5$ в литературе имеются только отрывочные сведения. В настоящей работе приведены результаты измерений температурной зависимости времени жизни в твердых растворах $Cd_xHg_{1-x}Te$ с $x = 0,2 \div 0,5$, предпринятых с целью выяснения поведения времени жизни τ с изменением состава образцов x .

Измерения проводились в диапазоне температур $80 \div 300$ К. Время жизни носителей заряда определялось из кривых релаксации фототока. Релаксация фототока исследовалась в линейном режиме. В качестве источника излучения использовались ОКГ ЛГ-126 ($\lambda = 0,63, 1,19$ и $3,39$ мкм). Для формирования прямоугольного импульса света использовался электрооптический модулятор МЛ-4, питание которого осуществлялось от генератора прямоугольных импульсов Г5-54. Установка позволяла облучать образцы световыми импульсами с фронтом $\Delta t_f \leq 4 \cdot 10^{-9}$ с.

Исследовались монокристаллические образцы $Cd_xHg_{1-x}Te$ с $x = 0,2, x = 0,25, x = 0,3$ и $x = 0,5$ *n*-типа, полученные методом направленной кристаллизации с последующим длительным отжигом в насыщенных парах ртути. На рисунке представлена температурная зависимость времени жизни τ для образцов $Cd_xHg_{1-x}Te$.

Для образца с $x = 0,3$ с понижением температуры от комнатной время жизни экспоненциально увеличивается (кр. 1), достигая максимального значения в области температур $180 \div 200$ К, которая соответствует переходу от примесной проводимости к собственной. При этом наклон на этом участке не превышает половины ширины запрещенной зоны. Такое изменение с температурой позволяет предположить, что из межзонных механизмов рекомбинации доминирующую роль играет излучательный механизм [2, 3]. В области примесной проводимости $80 \div 170$ К τ экспоненциально уменьшается с понижением температуры. Энергия активации на этом участке составляет



Температурная зависимость времени жизни носителей заряда в $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (x : 1—0,5; 2—0,5; 3—0,25; 4—0,2)

0,04 ÷ 0,03 эВ. Вычисленные значения излучательного времени жизни для состава $x = 0,3$ оказались примерно на порядок выше экспериментальных значений τ в области температур 80 ÷ 170 К. Следовательно, межзонная излучательная рекомбинация в области температур 80 ÷ 170 К не является доминирующим механизмом рекомбинации. В примесной области температур преобладающим механизмом рекомбинации является рекомбинация через локальные уровни в запрещенной зоне. Наличие в интервале 80 ÷ 170 К только одного участка с экспоненциальным уменьшением τ характерно для рекомбинации Шокли—Рида через центры одного типа. Тогда для случая $n_0 \gg p_0$ и $\Delta n = \Delta p \ll n_0$, что соответствует условиям измерений, приведенная на рисунке температурная зависимость времени жизни позволяет найти энергию рекомбинационного уровня относительно потолка валентной зоны E_{UR} [2, 3]. Для измеренных образцов с $x = 0,3$ значение E_{UR} оказалось 0,05 ÷ 0,06 эВ. Рекомбинационные уровни с энергией, близкой к приведенным значениям, отмечались в работах [1, 4].

В образцах с $x = 0,5$ (кр. 2) с повышением температуры от 80 К время жизни медленно и монотонно возрастает вплоть до наступления собственной проводимости при $T = 250 \div 270$ К и далее снижается. Полученная зависимость $\tau(T)$ для образца с $x = 0,5$ качественно согласуется с данными работы [7] и указывает на преимущественную роль рекомбинации через локальные центры в этом материале в области температур 80 ÷ 250 К.

В образцах с $x = 0,25$ и $x = 0,20$ (кр. 3 и 4) в области собственной проводимости τ уменьшается экспоненциально с ростом T , причем

наклон зависимости $\lg \tau \left(\frac{1000}{T} \right)$ на этом участке приблизительно равен ширине запрещенной зоны соответствующего состава (0,16 эВ для $x = 0,25$ и 0,1 эВ для $x = 0,2$), что характерно для межзонной ударной (Оже) рекомбинации [2, 3]. В области примесной проводимости рекомбинация происходит через уровни, расположенные на 0,02 ÷ 0,03 эВ от потолка валентной зоны.

Проследим за изменением времени жизни τ с увеличением x , т. е. с повышением процентного содержания кадмия в образцах и увеличением ширины запрещенной зоны. Для всех исследованных образцов время жизни имеет максимальное значение в температурной области перехода от примесной проводимости к собственной. При малых x возрастание τ с ростом x (и увеличением ширины запрещенной зоны) связано с вкладом межзонных механизмов рекомбинации. Уменьшение же времени жизни при $x > 0,3$ связано с рекомбинацией через примесные центры. Причиной возникновения примесных состояний в запрещенной зоне в изученных кристаллах могут быть структурные дефекты любого типа (в частности, вакансии ртути), а также неконтролируемые примеси в исходном материале.

Литература

- Андрухив М. Г., Иванов-Омский В. И., Мальцева В. А., Огородников В. К., Тотиева Т. Ц. — ФТП, 1979, 13, с. 362.
- Kinch M. A., Brau M. J., Simmons A. — J. Appl. Phys., 1973, 44, p. 2425.
- Calas J., Allegre J., Fau C. — Phys. Stat. Sol. (b), 1981, 107, p. 275.
- Allegre J., Calas J., Fau C. — Infrared Phys., 1982, 22, p. 65.
- Polta D. L., Aggarwal P. L. — Appl. Phys. Lett., 1983, 43, p. 941.
- Баженов Н. Л., Гельмонт Б. Л., Иванов-Омский В. И., Мальцова В. А., Огородников В. К., Тотиева Т. Ц. — ФТП, 1982, 16, с. 109.
- Писаревский В. К., Савицкий В. Г. — Матер. V Всесоюз. симпоз. «Полупроводники с узкой запрещенной зоной и полуметаллы». — Львов: Изд-во Львовского госуниверситета, 1980, ч. II, с. 143.

Поступило 21. II 1986

Ф. Н. Газыиев, Ш. М. Гулиев, А. К. Мамедов, Г. С. Сеидли

$\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($x=0,2 \div 0,5$) МОНОКРИСТАЛЫНДА ЖАШАМА МҮДДЭТИНИН ТЕМПЕРАТУР АСЫЛЫЛЫҒЫ

Мәғаләдә $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($0,2 \leq x \leq 0,5$) n-тип монокристалында 80—300 К температур интервалында жүкдашычыларынын τ жашама мүддәтинин температур асылылыгы тәчрүби тәдтиг олунмушдур.

Мүәјјәм едилмишидир ки, жашама мүддәтинин температур асылығы һәр бир тәркиб үчүн мәхсуси кечиричиликдән ашгар кечиричилије кечид областында максимума маликдир. $0,2 \leq x \leq 0,3$ -дә X-нин артмасы илә бөјүмәси зоналарарасы рекомбинасија механизминин вердији әләвә илә, $x > 0,3$ олдугда τ -нун азалмасы исә ашгар сәвијјәләрдән рекомбинасија илә әләгәләндирилир.

F. N. Kaziev, Sh. M. Kuliev, A. K. Mamedov, G. S. Seidli

TEMPERATURE DEPENDENCE OF CHARGE CARRIERS LIFETIMES IN $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($x=0.2 \div 0.5$)

Temperature dependence of lifetime of charge carriers in $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ single crystals $0.2 \leq x \leq 0.5$ of n-type is experimentally studied in temperature range from 80 to 300 K.

It is found that for each composition temperature dependence of lifetime has maximum in junction region of intrinsic conductivity to extrinsic one. At $0.2 \leq x \leq 0.3$ increase of τ with increasing of x is connected with the contribution of band-to-band recombination mechanisms but decrease of τ at $x > 0.3$ is associated with the recombination across impurity levels.

Чл.-корр. АН АзССР М. Г. ШАХТАХТИНСКИЙ, А. И. МАМЕДОВ,
М. А. КУРБАНОВ, Ю. Н. ГАЗАРЯН, М. А. РАМАЗАНОВ, М. М. КУЛИЕВ,
Н. Г. АТАКИШЕВ

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Полимеры и полимерные композиции, имеющие пьезоэлектрические свойства, в последние годы привлекают внимание исследователей вследствие их возможного применения в пьезоэлектрических преобразователях. В настоящее время нет единого мнения относительно механизма пьезоэлектричества полимерных композиций и считается, что их свойства определяются в основном пьезоэлектрическими свойствами наполнителя, а роль полимерной матрицы сводится к диэлектрической проницаемости [1]. Поэтому композиты разрабатывались в основном на основе полярных полимеров, и большинство исследований сконцентрировано на изучении пьезоэлектрических свойств композитов на основе хлор- и фторсодержащих полимеров, таких, как поливинилхлорид (ПВХ), поливинилденфторид (ПВДФ), поливинилфторид (ПВФ) с сегнетоэлектриками [2—4].

В данной статье рассматриваются пьезоэлектрические свойства полимерных композиций, в которых в качестве наполнителя использовался порошок керамики типа ЦТС, а в качестве полимерной матрицы — неполярные полимеры — полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и полипропилен (ПП), а также полярный полимер — поливинилден-

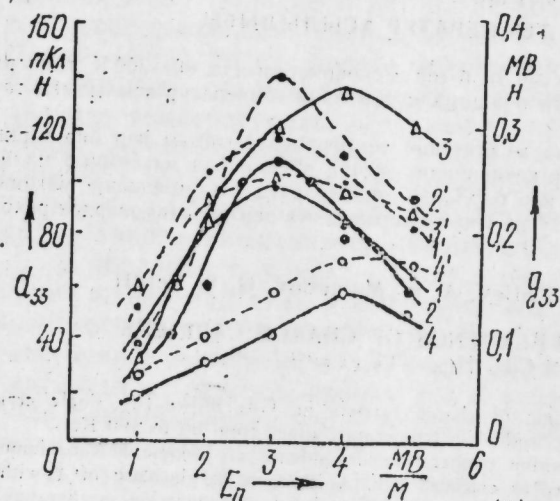


Рис. 1. Зависимость d_{33} (кр. 1—4) и g_{33} (кр. 1'—4') композиций от напряженности поля поляризации: 1, 1' — композитов ПВДФ + ЦТС; 2, 2' — ПП + ЦТС; 3, 3' — ПЭВП + ЦТС; 4, 4' — ПЭВП + ЦТС. Содержание наполнителя $\Phi = 50$ об. %, $T_n = 373$ К

фторид (ПВДФ). Методика получения и исследования пьезоэлектрических композитов описана в работе [5]. На рис. 1 показана зависимость d_{33} и g_{33} композиций ПВДФ+ЦТС, ПП+ЦТС, ПЭВП+ЦТС (содержание наполнителя $\Phi = 50$ об. %) от напряженности поля поляризации (E_d) при температуре поляризации $T_c = 373$ К. Наибольшее значение пьезокоэффициента d_{33} имеет композиция на основе ПВДФ, а композиции на основе ПП и ПЭВП имеют близкие значения d_{33} , в то же время композиция на основе ПЭВП имеет d_{33} примерно в 2 раза меньше, чем на основе ПП и ПЭВП. Такой же вид кривых с максимумом имеют зависимости d_{33} и g_{33} от температуры поляризации.

На рис. 2 показана зависимость d_{33} и g_{33} композиции от содержания наполнителя Φ . Значения пьезокоэффициентов соответствуют оптимальным условиям поляризации. В зависимости от Φ значения d_{33} нелинейно возрастают, а g_{33} достигают максимума при $\Phi \sim 40 - 50$ об. %.

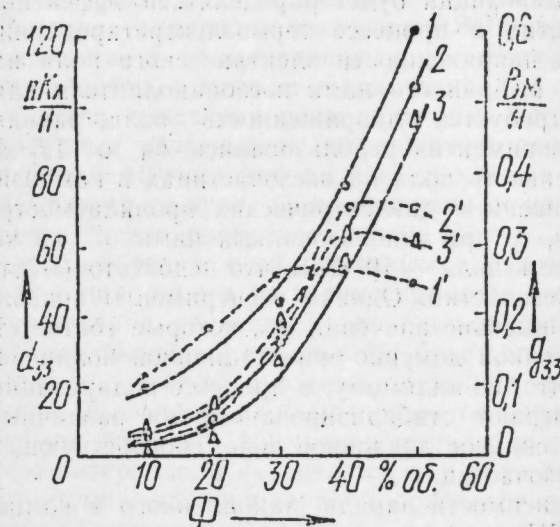


Рис. 2. Зависимость d_{33} (кр. 1—3) и g_{33} (кр. 1'—3') композиций от содержания ЦТС: 1, 1' — ПВДФ + ЦТС; 2, 2' — ПП + ЦТС; 3, 3' — ПЭВП + ЦТС

Это объясняется тем, что вместе с ростом d_{33} с увеличением Φ растет нелинейно и диэлектрическая проницаемость композиции, причем скорость роста ϵ выше при больших содержаниях наполнителя, чем скорость роста d_{33} . Поэтому при определенном значении Φ пьезокоэффициенты g_{33} начинают уменьшаться. Сравнение коэффициента g_{33} исследованных композиций показывает, что значение g_{33} композиции на основе ПП и ПЭВП выше, чем у композиции с ПВДФ, а g_{33} композиции с ПЭВП приближается к g_{33} композиции с ПВДФ. Согласно [1] d полимерной композиции можно определить по формуле:

$$d = \frac{15 \Phi}{(2 + 3\Phi)(1 - \Phi)} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} d_2,$$

где Φ — объемное содержание наполнителя, ϵ_1 и ϵ_2 — диэлектрические проницаемости полимерной матрицы и наполнителя, d_2 — пьезокоэффициент наполнителя. В этой формуле исходят из того, что модуль упругости наполнителя намного больше модуля упругости полимерной матрицы и что полимерная матрица не имеет пьезоэлектрических

свойств. Из [1] видно, что d_{33} композиций различных полимеров с одним и тем же наполнителем должен быть пропорционален диэлектрической проницаемости полимерной матрицы, т. е. композиции на основе полиолефинов должны иметь примерно одинаковые значения пьезокоэффициента d_{33} , и эти значения должны быть в 5—6 раз меньше, чем у композиций на основе ПВДФ. Однако приведенные результаты показывают, что композиции с ПП и ПЭНП имеют пьезокоэффициент немного меньший, чем композиции с ПВДФ, и в два раза больший, чем у композиций с ПЭВП.

Таким образом, можно утверждать, что пьезосвойства композиций определяются не только свойствами пьезонаполнителя и диэлектрической проницаемости полимерной матрицы, но и другими свойствами последней, такими, как надмолекулярная структура матрицы, способность ее накапливать заряд, а также реориентационная поляризация наполнителя и зависимость электрофизических свойств матрицы и наполнителя от E_n и T^n .

Ясно, что величина d_{33} композиции будет определяться эффективностью поляризации пьезочастиц в процессе термоэлектретирования, которая зависит от величины напряженности электрического поля на частицах пьезокерамики. Для выбранного нами пьезонаполнителя для эффективной поляризации требуется напряженность поля, равная $3,5 \cdot 10^6$ В/м [6]. В наших экспериментах использовались E_n от 1,5 до $6,0 \cdot 10^6$ В/м. Так как напряженность поля на пьезочастицах в композиции будет определяться отношением диэлектрических проницаемостей и проводимостей компонентов, то при использованных нами E_n на частицу приходится напряженность поля $\sim 10^5$ В/м, что недостаточно для эффективной поляризации пьезочастиц. Однако эксперименты показывают, что композиции имеют высокие значения d_{33} , которые соответствуют большой величине остаточной доменно-ориентационной поляризации частиц. Отсюда следует, что, по-видимому, в процессе поляризации композиции большую роль играют стабилизированные на различных ловушках заряды, создающие сильное локальное поле, способствующее эффективной поляризации пьезочастиц.

На рис. 3 приведены зависимости заряда, накопленного в композициях с ПВДФ, ПП и ПЭНП, от напряженности поля поляризации. Величина заряда определялась по площади кривой ТСТ. Эти зависимости имеют такой же вид кривых с максимумом, как в зависимости d_{33}

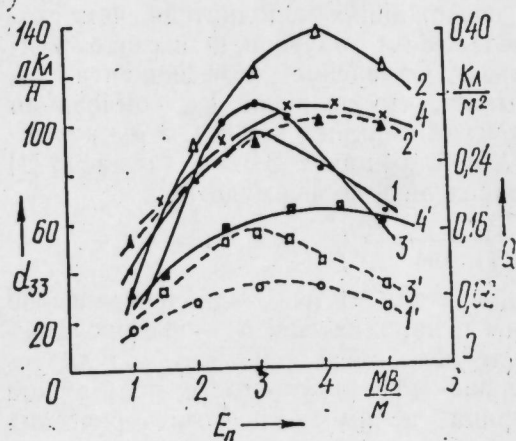


Рис. 3. Зависимость d_{33} (кр. 1—4) и заряда Q (кр. 1'—4'), накопленного в композициях, от напряженности поля поляризации: 1, 1'—ПВДФ+ЦТС; 2, 2'—ПЭНП+ЦТС; 3, 3'—ПП+ЦТС; 4, 4'—ПП+ЦТС медленноохлажденный образец. Содержание наполнителя $\varphi = 50$ об. %. Поляризация проводилась при оптимальном значении T_n

от E_n (рис. 1), причем максимумы зависимостей Q и d_{33} от E_n совпадают. Отметим, что величина заряда Q у исследованных композиций хорошо коррелирует со значениями d_{33} этих композиций и величина заряда у композиции с ПВДФ имеет наибольшее значение, а композиции с ПП и ПЭНП имеют близкие значения заряда. Это означает, что способность полимерной матрицы накапливать заряд, связанная с надмолекулярной структурой полимера, влияет на пьезоэлектрические свойства полимерной композиции. Об этом свидетельствуют также результаты d_{33} и Q от E_n , полученные для закаленных и медленноохлажденных образцов композиции ПП+ЦТС (кр. 4, 4'). Видно, что и в случае медленноохлажденных образцов наблюдается корреляция между d_{33} и зарядом, накопленным в композиции.

Поляризация полимерных композиций может происходить за счет доменно-ориентационной поляризации частичек ЦТС, смещения носителей заряда на макрорасстояния с захватом их на границе полимер-пьезочастица (миграционная поляризация) и инжекции носителей заряда с электродов с последующим захватом их на ловушках в полимере. В случае полярного полимера ПВДФ возможна также дипольная поляризация в полимерной матрице. В первых двух случаях образуется гетерозаряд, в третьем — гомозаряд.

Для выяснения роли указанных зарядов были определены температурные зависимости эффективной поверхностной плотности заряда и пьезокоэффициента d_{33} . Найдено, что в температурном интервале, где ΔQ падает до нуля, d_{33} практически не изменяется. Поверхностная плотность заряда определяется как $\Delta\psi = \psi_{\text{гом}} - Q_{\text{гет}}$. Здесь $\psi_{\text{гом}}$ — гомозаряд, образованный объемным зарядом, локализованным на ловушках в полимере и на границе раздела полимер — пьезочастицы, $Q_{\text{гет}}$ — гетерозаряд, связанный с доменно-ориентационной поляризацией пьезочастиц. Основной вклад в ΔQ будет вносить заряд, локализованный на мелких ловушках в полимере, так как заряд на границе раздела полимер — пьезочастицы компенсируется поляризацией пьезочастиц. Поэтому тот факт, что ΔQ уменьшается до нуля в определенном температурном интервале, а d_{33} остается при этом постоянным, свидетельствует об отсутствии влияния зарядов, локализованных на мелких и приповерхностных ловушках в полимере, на пьезоэффект в композиции. Это вытекает также из анализа кривых ТСТ (рис. 4), термоэлектретированных

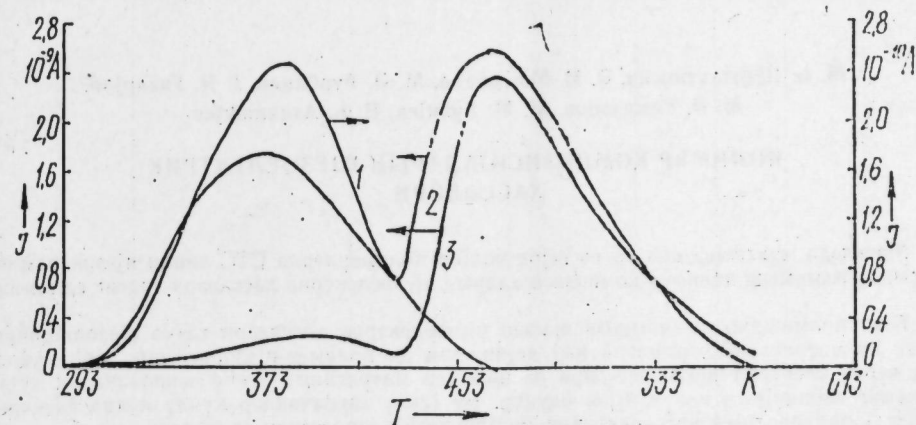


Рис. 4. Кривые ТСТ полипропилена (кр. 1), композита ПП+ЦТС, $\varphi = 50$ об. % (кр. 2) и композита ПП+ЦТС после термоочистки (кр. 3)

при одинаковых условиях композита и полимера (полипропилена), составляющего основу композита. Кривая ТСД полимера имеет один максимум при температуре 373 К. На кривой ТСД композита на основе ПП появляется второй максимум при более высокой температуре, а низкотемпературный пик наблюдается при той же температуре, что и в чистом полимере. Поэтому можно сделать предположение, что новый пик обусловлен зарядами, стабилизированными на границе раздела полимер — пьезочастицы, так как его величина зависит от содержания пьезонаполнителя. Методом термоочистки был убран заряд, связанный с первым пиком, а затем измерена величина d_{33} . Эксперименты показали, что величины d_{33} до и после термоочистки практически не отличаются друг от друга, в то же время высота и площадь второго пика заметно изменяется (рис. 4, кр. 3). Это также свидетельствует о том, что в основном в пьезоэффекте в композиции играют роль заряды, стабилизированные на границы раздела фаз.

Таким образом, пьезоэлектрические свойства композитов обусловлены не только свойствами пьезонаполнителя и матрицы, но и электронно-ионными процессами, происходящими на границе раздела полимер — пьезонаполнитель в процессе поляризации, которые определяются в основном существованием глубоких ловушек в матрице на этой границе, а также способностью матрицы накапливать и сохранять заряды. Эти заряды, создавая сильное локальное электрическое поле, способствуют эффективной поляризации пьезочастиц.

Литература

1. Furukawa T., Fujino K., Fukada E. — Jap. J. Appl. Phys., 1976, 15, No. 11, 2119 — 2129.
2. Луцкейкин Г. А., Тихомирова Т. П., Полевая М. К. — Тез. докл. II всесоюз. конф. «Актуальные проблемы получения и применения сегнето- и пьезоэлектрических материалов». М.: НИИТЭХИМ, 1984, с. 459.
3. Furukawa T., Isbida K., Fukada E. — Jap. J. Appl. Phys., 1979, 50, No. 7, 4904 — 4912.
4. Jamazaki H., Kitayama T. — Ferroelectrics, 1981, 33, No. 1 — 4, 147 — 153.
5. Шахтахтинский М. Г., Курбанов М. А., Гусейнов Б. А., Газарян Ю. Н., Кулиев М. М., Гулиев А. О. — Изв. АН АзССР. Сер. физ.-техн. и мат. наук., 1985, № 2, с. 66 — 67.
6. Фесенко Е. Г., Данцигер А. Я., Разумовский О. Н. Новые пьезокерамические материалы. — Ростов: РГУ, 1983.

ОКБ «Регистр» ИФАН АзССР

Поступило 4. XII 1985

М. Н. Шахтахтински, Э. И. Мәммәдов, М. Э. Гурбанов, Ж. Н. Газарян,
М. Э. Рамазанов, М. М. Гулијев, Н. Н. Атакишијев

ПОЛИМЕР КОМПОЗИСИЈАЛАРЫН ПЬЕЗОЭЛЕКТРИК ХАССӘЛӘРИ

Мәгаләдә мұхтәлиф полјар вә гејри-полјар полимерләрлә СТС типли пјезокерамика әсасында алынмыш полимер композисијаларын пјезоелектрик хассәләри тәдгиг едилмишдир.

Кәстәрилмишдир ки, композисијанын пјезоелектрик хассәләри тәкчә пјезоһиссәчикләрин вә матрисанын хассәләри илә дејил, һәм дә полимер-пјезоһиссәчик сәрһәддиндә баш верән электрон-ион просесләри вә полимер матрисанын јүклү зәррәчикләри тутуб сахламаг габилјјәти илә мұәјјән олунур. Бу јүклү зәррәчикләр күчлү локал електрик саһәси јарадараг пјезоһиссәчикләрин полјаризасија просесини јажшылашдырыр.

M. G. Shakhtakhtinsky, A. I. Mamedov, M. A. Kurbanov, Yu. N. Gazaryan,
M. A. Ramazanov, M. M. Kuliev, N. G. Atakisbiev

PIEZOELECTRIC PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITES

The piezoelectric properties of polymer composites of different polar and nonpolar polymers with piezoceramics PZT are investigated. It was shown, that the piezoelectric properties of composites were attributed to properties of components and electron-ionic processes on the polymer-piezoelectric boundary.

Чл.-корр. АН АзССР Р. Г. РИЗАЕВ, Ж. М. СЕПФУЛЛАЕВА,
Э. М. ГУСЕПНОВА, В. С. ГАДЖИ-КАСУМОВ

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИЗОТОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ ИЗОПЕНТАНА

Ранее [1, 2] было показано, что процесс окислительного дегидрирования изопентана на сложном оксидном катализаторе протекает по нескольким линейно независимым маршрутам, стехиометрические уравнения которых представлены ниже:

- I. $i = C_5H_{12} + 0,5O_2 = i-C_5H_{10} + H_2O$;
- II. $i = C_5H_{10} + 0,5O_2 = i-C_5H_8 + H_2O$;
- III. $i = C_5H_8 + O_2 = n-C_4H_8 + CO_2$;
- IV. $i = C_5H_8 + 2,5O_2 = C_3H_6 + 2CO_2 + H_2O$;
- V. $i = C_5H_8 + 4O_2 = C_2H_4 + 3CO_2 + 2H_2O$;
- VI. $i = C_5H_8 + 7O_2 = 5CO_2 + 4H_2O$.

Маршруты I и II — парциальное окисление изопентана в изоамилены и изоамиленов в изопрен; маршруты III—V — деструктивное окисление изопрена в *n*-бутилены и пропилен+этилен соответственно с одновременным образованием воды и диоксида углерода; маршрут VI — глубокое окисление изопрена до воды и диоксида углерода. Кинетические уравнения маршрутов I—VI описываются степенными зависимостями: маршруты I и II — первый порядок по углеводороду и половинный — по кислороду, маршруты III—VI — первый порядок как по углеводороду, так и по кислороду. Предполагалось [1, 2], что в медленных стадиях по отдельным маршрутам происходит разрыв связей C—H.

Для подтверждения характера медленных стадий необходимо прямое экспериментальное измерение величин кинетических изотопных эффектов (КИЭФ) при замене в каждом из маршрутов соответствующих исходных углеводородов их дейтероаналогами. Так как связь C—D прочнее связи C—H (ввиду большей массы и соответственно меньшей нулевой энергии дейтерия), то такая замена приведет к снижению величин скоростей суммарного или частных превращений изопентана в том случае, если в какой-либо медленной стадии происходит разрыв связей C—H или C—D [3].

Опыты по измерению величин КИЭФ в окислительных превращениях изопентана проводили по методике, описанной в [4]. Катализатор был полностью идентичен применявшемуся ранее в работах [1, 2]. Численные значения КИЭФ рассчитывали из соотношения соответствующих констант скоростей для соединений с легким и тяжелым изотопами водорода в идентичных условиях проведения каталитических опытов. Чистота исходных дейтерированных веществ составляла 92—95% (по изотопу). Полученные результаты приведены в таблице.

Кинетические изотопные эффекты в окислительных превращениях изопентана при его замене на дейтеронзопентан

T, K	P ⁰ , кПа		V _i ⁰ = C ₅ H ₁₂ (D ₁₂), ч ⁻¹	Конверсия исход. соед., %	ω _i , $\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{ч}}$					КИЭФ по маршрутам						
	$i = C_5H_{12}$ (D ₁₂)	O ₂			$i = C_5H_{12}$ (D ₁₂)	$i = C_5H_{10}$ (D ₁₀)	$i = C_5H_8$ (D ₈)	C ₄ H ₈ (D ₈)	C ₃ +C ₃	CO ₂	I	II	III	IV—V	VI	
863	3,0	4,4	100	37,4	1,67	0,14	0,67	0,21	0,49	0,49	2,21	2,1	1,6	1,7	1,7	1,9
					1,17	0,13	0,49	0,13	0,13	0,33	1,44	1,7	1,7	2,3	2,2	
883	8,3	9,0	100	45,7	2,04	1,07	0,23	1,79	0,22	0,40	2,33	2,1	1,7	2,1	1,7	1,8
				40,0	0,12	0,66	0,08	0,38	2,19	1,6	1,7	2,3	2,0	2,0	2,2	
903	2,0	4,2	200	29,0	0,15	0,67	0,12	1,29	0,12	0,24	1,28	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8
				23,1	0,07	0,61	0,13	1,03	0,18	0,92	1,80	2,1	1,6	1,7	1,7	1,8
	4,9	3,2		33,0	0,28	1,27	0,33	2,95	0,26	0,70	3,92	2,1	1,6	2,1	2,1	2,0
				24,6	0,25	0,94	0,26	2,20	0,51	2,75	2,1	1,6	2,0	2,1	2,1	2,0
	3,0	5,0		40,0	0,29	1,61	0,38	3,57	0,32	0,80	4,82	2,1	1,7	1,8	1,9	2,2
				32,4	0,26	1,18	0,32	2,89	0,69	4,27	2,1	1,7	1,9	1,9	1,9	1,7

Как видно из этих данных, величины КИЭФ для всех маршрутов заметно больше 1 ($1,6 \div 2,3$), т. е. в медленных стадиях происходит разрыв связей С—Н. Дополнительная параллельная экспериментальная проверка по «перекрестному» способу с использованием в качестве исходных соединений дейтериоизоамиленов и дейтериоизопрена показала, что значения КИЭФ при этом практически совпадают со значениями, которые представлены в таблице. Отметим также, что теоретические значения КИЭФ, рассчитанные нами методом переходного состояния, оказались близки к данным таблицы. Одновременный отрыв кислородом обоих атомов водорода от молекулы парафинового или олефинового углеводорода в реакциях парциального окисления с образованием олефина или диена энергетически более выгоден, чем отрыв одного атома водорода с образованием соответствующих углеводородных радикалов и группы ОН [5].

Наличие разрыва связей С—Н в медленных стадиях экспериментально доказано также и для реакций окислительного дегидрирования *n*-бутиленов в дивинил [6], глубокого окисления парафиновых углеводородов [7], окислительного аммонолиза этана в ацетонитрил [8] и пропана в акрилонитрил [9] на различных оксидных катализаторах. Окислительное дегидрирование *n*-бутана, протекающее, как и окислительное дегидрирование изопентана, по нескольким линейно независимым маршрутам, также характеризуется тем, что в медленных стадиях по каждому из направлений (крекинг, парциальное и глубокое окисление) происходит разрыв связей С—Н [4]. По-видимому, эти закономерности являются общими для окислительных превращений парафиновых углеводородов на оксидных катализаторах.

Литература

1. Гаджи-Касумов В. С., Сейфуллаев Ж. М., Талышинский Р. М., Ризаев Р. Г. — XII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. М.: Наука, 1981. 2. Гаджи-Касумов В. С., Сейфуллаева Ж. М., Талышинский Р. М., Ахундов А. А., Ризаев Р. Г. — Докл. АН АзССР, 1983, т. 39, № 2, с. 42. 3. Меландер Л., Сондерс У. Скорости реакций изотопных молекул. — М.: Мир, 1983. 4. Алиев В. С., Гаджи-Касумов В. С., Ризаев Р. Г., Талышинский Р. М., Оруджева Н. М., Сейфуллаева Ж. М. — Матер III Всесоюз. конф. по кинетике гетерогенных каталитических реакций «Кинетика-3». Калинин. 1980. 5. Алхазов Т. Г., Лисовский А. Е. Окислительное дегидрирование углеводородов. — М.: Наука, 1980. 6. Соколовский В. Д. Механизм и кинетика каталитических реакций. — Новосибирск, 1977. 7. Анищук А. Г., Соколовский В. Д., Боресков Г. К., Давыдов А. А., Буднева А. А., Авдеев В. И., Захаров И. И. — Кинетика и катализ, 1975, т. 16, № 1, с. 95. 8. Алиев В. С., Соколовский В. Д. — Кинетика и катализ, 1980, т. 21, № 5, с. 971. 9. Осипова З. Г., Соколовский В. Д. — Кинетика и катализ, 1979, т. 20, № 2, с. 510.

Институт нефтехимических процессов АН АзССР

Поступило 14. VI 1985

Р. Г. Ризаев, Ж. М. Сейфуллаев, Е. М. Гусейнова,
В. С. Гаджи-Касумов

ИЗОПЕНТАНЫН ОКСИДЛЭШДИРИЧИ ЧЕВРИЛМЭЛЭРИНИН КИНЕТИК ИЗОТОП ЭФФЕКТЛЭРИ

Мәгаләдә мурәккәб оксид катализатору үзәриндә изопентанын оксидләшдиричи чеврилмәләринин кинетик изотоп эффектләринин өлчүлмәсиндән бәһс едилир. Мүэјјән маршрутлар үзрә (гисми вә дәрин оксидләшмә, крекинг—С—Н рабитәләринин гырылмасы) јаваш мәрһәләләрин тәбиәти тәјјин едилмишдир.

R. G. Rizayev, Zh. M. Seifullayeva, E. M. Guseinova, V. S. Gadzbi-Kasumov

KINETIC ISOTOPIC EFFECTS IN OXIDATIVE CONVERSIONS OF ISOPENTANE

Kinetic isotopic effects of oxidative conversions of isopentane over a complex oxide catalyst are estimated. The nature of slow stages for separate routes partial and complete oxidation, cracking—C—H bond breaking—is established.

Чл-корр. АН АзССР М. И. РУСТАМОВ, И. К. БАСИЛИ,
Л. Г. АРУСТАМОВА, Н. Т. СУЛТАНОВ

**УГЛЕВОДОРОДНЫЙ СОСТАВ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ
НК=200 °С, ВЫДЕЛЕННОЙ ИЗ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
РАСГАРИБ (ЕГИПЕТ)**

Значительное число работ по газохроматографическому определению углеводородов бензиновых фракций, как правило, посвящены решению вопросов, связанных с определением наиболее важной и доступной для исследования фракции НК=150 °С.

Необходимо отметить, что исследование индивидуального состава более ширококипящих фракций осложняется не столько технической стороной разделения, сколько отсутствием достаточного количества стандартных веществ для качественного анализа бензиновых углеводородов.

Статья посвящена исследованию углеводородного состава бензиновой фракции НК=200 °С, выделенной из нефти месторождения Расгариб по комплексной схеме, включающей получение эталонных смесей изомерных углеводородов реакцией изомеризации, что в сочетании с высокой разделительной способностью капиллярных колонок является сравнительно новым и очень удобным методом микросинтеза и идентификации углеводородов [1, 2].

Приведем некоторые физико-химические показатели данной фракции: выход на нефть — 14%, плотность при 20° — 764 кг/м³, n_D^{20} — 1,4230; содержание сернистых соединений — 0,38%.

Так как ароматические углеводороды в выбранных условиях анализа не могут быть определены наряду с парафиновыми и циклопарафиновыми углеводородами, то в качестве объекта исследования применялись образцы деароматизированного бензина прямойгонки.

Деароматизация проводилась методом жидкостно-адсорбционной хроматографии на колонке с силикагелем с применением люминесцирующего индикатора разработки ИНХП АН АзССР [3 — 5]. На выходе из адсорбционной колонки были собраны две группы: парафино-нафтеновая и ароматическая части, которые в последующем подвергались тщательному хроматографическому анализу.

При идентификации изомерного состава углеводородных смесей использовались различные методы, включая установление и использование достаточно общих закономерностей, связывающих параметры удерживания со структурой и температурой кипения изомерных соединений [6 — 9], а также предварительное упрощение качественной идентификации бензиновой фракции при использовании калибровочных смесей, состав которых расшифровывался путем сравнения величин удержива-

ния компонентов реакционных смесей с соответствующими характеристиками индивидуальных углеводородов, имеющихся в нашем распоряжении, а также с данными равновесных составов, опубликованных в [10 — 13].

В качестве калибровочных смесей были использованы смеси алканов и циклоалканов, полученные каталитической изомеризацией *n*-октана, *n*-нонана, *n*-декана, 1,2-диметилциклогексана и индивидуальных циклогексановых углеводородов C₆ и C₁₀ [8, 9, 14].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Анализ индивидуального состава парафинафтеновой части фр. НК=200° проводили на хроматографическом аппарате с пламенно-ионизационным детектором производства (серия Цвет-100, модель-2). Использовалась капиллярная колонка из меди длиной 100 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Неподвижная фаза — вакуумное масло ВМ-4 (нанесение 10—15%-ного раствора в петролейном эфире), газ-носитель — азот. Проба содержала от 10⁻⁶ до 10⁻¹⁰ каждого компонента при анализе индивидуальных углеводородов и до 0,6 мкл при анализе синтезированных изомеризатов и исследуемой смеси.

Во всех анализах при вводе пробы в капиллярную колонку использовали делитель потока с коэффициентом сброса 1:300.

На рис. 1 представлена хроматограмма указанной фракции бензи-

Количественная оценка парафинафтеновых и ароматических углеводородов фракции НК-200 °С (нефть месторождения Расгариб)

Углеводороды	Содержание, вес. %		Углеводороды	Содержание, вес. %	
	насыщенные: парафины, нафтены	ароматические		насыщенные: парафины, нафтены	ароматические
<i>n</i> C ₄	0,01		<i>i</i> C ₉ <i>n</i> C ₉ <i>n</i> C ₉ ArC ₉	9,95 6,72 2,72	4,11
<i>i</i> C ₅ <i>n</i> C ₅	0,21 0,45		<i>i</i> C ₁₀ <i>n</i> C ₁₀ <i>n</i> C ₁₀ ArC ₁₀	8,18 5,04 2,1	4,22
<i>i</i> C ₆ <i>n</i> C ₆ ArC ₆	1,68 2,33 5,91	0,11	<i>i</i> C ₁₁ <i>n</i> C ₁₁ <i>n</i> C ₁₁ Ar C ₁₁	3,12 2,76 1,51	0,66
<i>i</i> C ₇ <i>n</i> C ₇ <i>n</i> C ₇ Ar C ₇	1,88 3,17 3,49	1,48			
<i>i</i> C ₈ <i>n</i> C ₈ <i>n</i> C ₈ Ar C ₈	10,88 7,70 4,15	3,94			

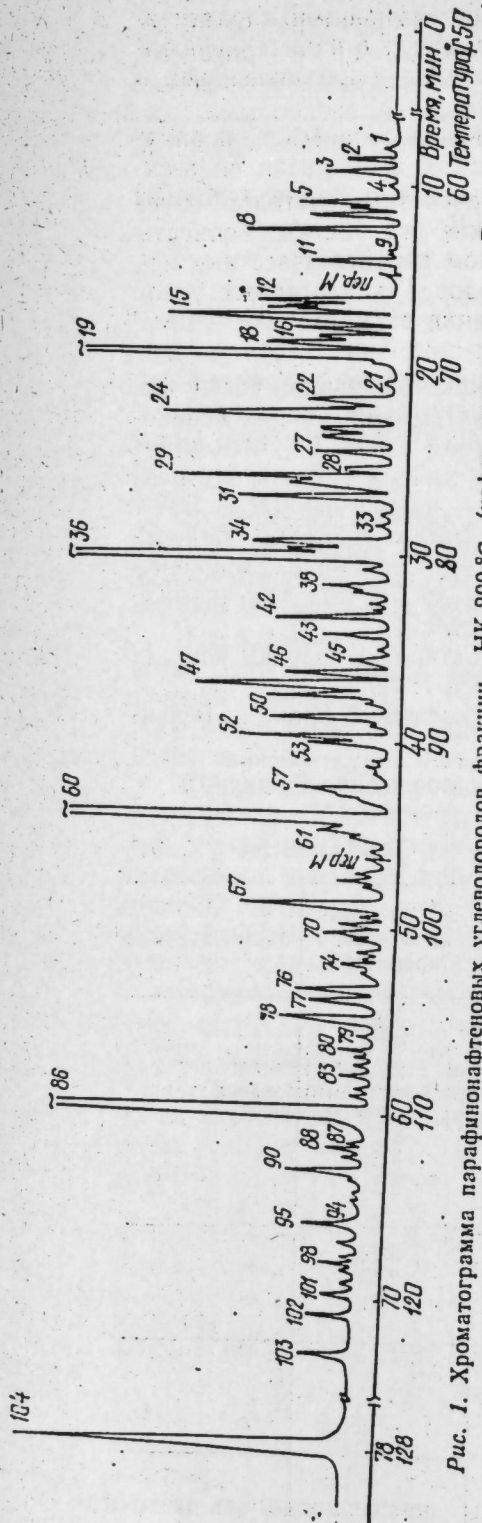


Рис. 1. Хроматограмма парафинонафтеновых углеводородов фракции НК-200 °С (нефть месторождения Расгариб, ВМ-4, программирование температуры от 50 до 130 °С со скоростью 1 °С (1 мин):

1 — н-бутан; 2 — изопентан; 3 — н-пентан; 4 — 2,2-диметилбутан; 5 — 2,3-диметилбутан; 6 — 2-метилпентан; 7 — 3-метилпентан; 8 — н-гексан; 9 — 2,2-диметилпентан; 10 — 2,4-диметилпентан; 11 — метилциклопентан; 12 — 3,3-диметилпентан; 13 — 2-метилгексан; 15 — циклогексан и 2,3-диметилпентан; 16 — 1,1-диметилциклопентан; 17 — 1,3-диметилциклопентан; 18 — 1,3-диметилциклопентан (транс); 19 — н-пентан; 22 — 2,5-диметилгексан; 23 — 1,2-диметилциклопентан (транс); 24 — метилциклопентан (транс); 25 — 2,2,3-триметилпентан; 26 — 3,3-диметилгексан; 27 — 2,3,4-циклопентан (цис, цис, цис) и 2,2,4-триметилпентан; 30 — 3-метилгептан; 31 — 3,4-диметилгексан; 32 — 1,2,4-триметилпентан (транс) и 1,3-диметилциклопентан (транс); 34 — 1-метил-2-этилциклопентан (транс); 35 — 1,4-диметилциклопентан (транс); 36 — н-октан; 37 — 2,3-триметилпентан; 38 — 1,2-диметилциклопентан (транс); 39 — 1,3-диметилциклопентан (транс); 40 — 2,2,3-триметилгексан и 2,6-диметилгептан; 41 — 2,2,3,4-тетраметилпентан и изопропилциклопентан (цис); 42 — 2,5-диметилгептан; 43 — 3,3-диметилгексан; 44 — 3,3,4-триметилгексан; 45 — 1,2-диметилциклопентан (цис); 46 — этилциклопентан; 47 — 2,3-диметилгептан; 48 — 1,1,3-триметилциклопентан и 1,1,4-триметилциклопентан (цис, транс, цис); 49 — 3,4-диметилгептан; 50 — 1,3,5-триметилциклопентан (транс); 51 — 4-метилгептан; 52 — 2-метилдоктан; 53 — 3-метилдоктан; 54 — 1,3,5-триметилгептан; 55 — 1,2,4-триметилгексан (цис, цис, цис); 56 — 2,2,4,4-тетраметилгексан (цис, транс, цис); 57 — 1,2,4-триметилциклопентан (цис, цис, цис); 58 — 2,2,4,4-тетраметилгексан (цис); 59 — 2,4,4-триметилгептан; 60 — н-нонан и 1,2,3-триметилциклопентан (цис); 61 — 1,2,3-триметилциклопентан (цис, цис, цис); 62 — 3,3,5-триметилгептан; 63 — 2,3,5-триметилгептан; 64 — 2,4-диметилдоктан и 1,1,3,5-тетраметилциклопентан (цис); 65 — 1,1,3,4-тетраметилгептан и 4-пропилгептан; 66 — 1,1,3,5-тетраметилциклопентан (транс); 67 — 2,4-диметилдоктан; 68 — 2,5-диметилдоктан; 70 — 2,6-диметилдоктан; 71 — бутилциклопентан и 3,6-диметилдоктан; 72 — пропилциклопентан; 73 — 2-метил-3-этилгептан; 74 — 4-этилоктан и 1,1-диметил-3-этилциклопентан; 75 — 5-метилдоктан; 76 — 5-метилдоктан; 77 — 4-метилнонан; 78 — 2-метилнонан и 3-этилнонан; 79 — 3-пропилциклопентан (цис); 80 — 1,4-диметил-2-этилциклопентан (транс, транс, транс); 81 — 1,2,3-триметилциклопентан (транс); 82 — 1-метил-3-изопропилциклопентан и 3,7-диметилнонан; 83 — 3-метилдоктан; 84 — 3-метилдоктан; 85 — 1-метил-4-изопропилциклопентан (транс); 86 — н-декан; 87 — 4-метилдоктан; 88 — 2-метилдоктан и 3-этилнонан; 89 — 1,4-диметил-2-этилциклопентан (транс); 90 — 2,6-диметилдоктан; 91 — амил-3-этилнонан; 92 — 3-метилдоктан; 93 — 3-метилдоктан; 94 — 2,6-диметилдоктан; 95 — 4-метилдоктан; 96 — 2-метилдоктан и 3-этилнонан; 97 — 3-метилдоктан; 98 — 1,4-диметил-2-этилциклопентан (транс); 99 — 1-метил-2-амилциклопентан (транс); 100 — 2-метилдоктан; 101 — 3-метилдоктан; 102 — 3-метилдоктан; 103 — 3-метилдоктан.

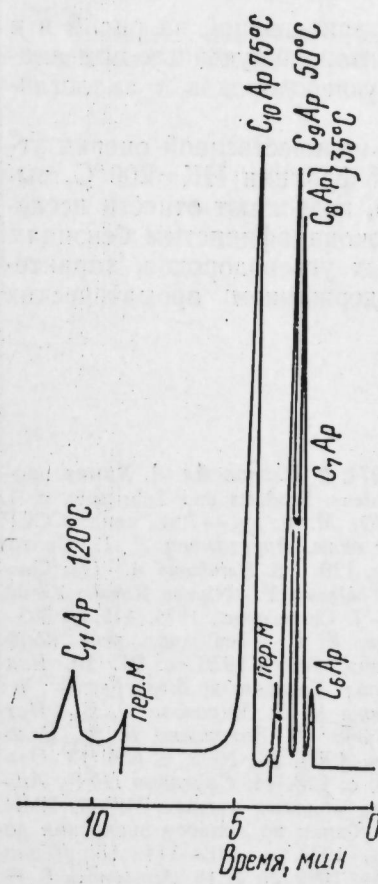


Рис. 2. Хроматограмма группового состава ароматических углеводородов C₆—C₁₁, выделенных из фракции НК=200 °С (нефть месторождения Расгариб, силикагельсодержащий сорбент, программирование температуры от 50 до 120 °С)

Выделенные ароматические углеводороды анализировались методом газодсорбционной хроматографии при использовании поверхностно-слоистого сорбента с модифицированным силикагелем [16].

Следует учесть, что в качестве активного адсорбента использовался силикагель марки СШ-МОЗ, разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом по переработке нефти специально для целей флюоресцентно-индикаторного анализа [17].

Для уменьшения времени анализа и температуры разделения мелкодисперсный силикагель с размером частиц до 10 мк предварительно модифицировался гидроокисью Na и вводился в макропоры инертного носителя Целита-545, фр. 80 — 100 меш. (20 масс. %).

На рис. 2 приведена хроматограмма ароматических углеводородов состава C_6 и C_{11} , выделенных из исследуемой фракции бензина, и представлена качественная идентификация данной смеси.

При этом удаётся разделить ароматических углеводородов осуществить по группам в соответствии с числом углеродных атомов в молекуле. Так, бензол, толуол и ароматические углеводороды состава C_8 элюируются при 35°, повышением температуры разделения до 50° достигают выделения углеводородов C_9 , а ароматические углеводороды состава C_{10} и C_{11} разделяются при 75 и 120°С (программирование от 50° со скоростью 8 град/мин). Скорость газа-носителя азота составляла 25 мл/мин.

Количественный расчет хроматограммы, приведенной на рис. 2 и в таблице, проводили при помощи коэффициентов, полученных при анализе искусственных смесей ароматических углеводородов в аналогичных условиях.

Полученные результаты качественной и количественной оценки углеводородов, входящих в состав бензиновой фракции НК=200°С, выделенной из нефти месторождения Расгариб, позволяют отнести исследуемую фракцию к высокосернистым и высокопарафинистым бензинам с некоторым преобладанием изопарафиновых углеводородов, характеризующихся сравнительно увеличенным содержанием ароматических соединений.

Литература

1. Петров Ал. А. Химия алканов. — М.: Наука, 1974.
2. Петров Ал. А. Химия нафтенов. — М.: Наука, 1971.
3. ASTM Standards on Petroleum Products and Lubricants, v. 1, 37 ed, Oct. 1960, D 1319-60T, p. 700.
4. Жоров Ю. М. и др. — Авт. свид. СССР № 165567 Б. Н., 1964, № 19.
5. Али Омран Бендер оглы, Арустамова Л. Г., Султанов Н. Т., Бабаев Ф. Р. — Азерб. хим. ж., 1977, № 1, с. 129.
6. Hafukuma A. — Gas Chromatogr. — London, 1968, p. 55-72.
7. Hafukuma A. and Tokigama Y. — Nippon Kagaku Zasshi, 1963, 84, p. 1970.
8. Sultanov N. T., Arustamova L. G. — J. Chromatogr., 1975, 115, p. 553-558.
9. Арустамова Л. Г., Султанов Н. Т., Маркарян К. Г. — Тез. докл. респ. конф. «Моделиров., оптимиз. хим. процессов и физ. химия». Баку, 1976, с. 21.
10. Иванова М. П., Сидоров Р. И., Петрова В. И. — В сб.: Газовая хроматография. М.: НИИТЭХим, 1968, вып. 8.
11. Захаренко В. А., Делоне И. О., Морозова О. Е., Петров Ал. А. — Нефтехимия, 1969, IX, № 3, с. 363-368.
12. Захаренко В. А., Делоне И. О., Берман С. С., Петров Ал. А. — Нефтехимия, 1969, IX, № 5, с. 656.
13. Оленина З. К., Петров Ал. А. — Нефтехимия, 1969, № 9, с. 128.
14. Султанов Н. Т., Арустамова Л. Г. — Тез. респ. науч.-техн. конф. «Участие молодых ученых ВУЗов, НИИ, КБ и специалистов промышленных предприятий республики по вопросу внедрения достижений науки и техники в производство». Баку, 1977, с. 113-114.
15. Иванова М. П., Петрова В. И., Сидоров Р. И. — Нефтехимия, 1969, № 4.
16. Arustamova L. G., Beryozkin V. G., Rustamov M. I., Sultanov N. T. — J. Chromatogr., 1977, 140, p. 319-321.
17. Леонтьева С. А., Лулова Н. И., Тарасов А. И., Федосова А. К. — Химия и технология топлив и масел, 1965, 10, с. 59.

Институт нефтехимических процессов АН АзССР

Поступило 27. VI 1985

И. К. Басили, Л. Г. Арустамова, Н. Т. Султанов, М. И. Рустамов

РАСГАРИБ (МИСИР) ЈАТАҒЫНЫН НЕФТИНДӘН ЧЫХАРЫЛМЫШ 200°С ГӘДӘР БУРАХЫЛАН БЕНЗИН ФРАКСИЈАСЫНДА ОЛАН КАРБОҢИДРОКЕНЛӘРИН ТӘРКИБИ

Мәгаләдә газ-маје хроматографија үсулу илә Расгариб јатағынын 200°С гәдәр бу-харланан бензин фраксијаларында олан карбоһидрокенләрин тәркиби тәдгиг олунмуш-дур. Тәдгигатларда гејри-полјар фаза илә долдурулмуш капилјар борулардан вә анали-зини температурунун програмлашдырылмасындан истифадә едилмишдир.

Бензин фраксијаларында олан карбоһидрокен группларынын: нормал вә изопарафин-ләрин, нафтенләрин вә ароматик карбоһидрокенләрин мигдары тәјин едилмишдир.

M. I. Rustamov, I. K. Basily, L. G. Arustamova, N. T. Sultanov

HYDROCARBON COMPOSITION OF GASOLINE FRACTIONS (INITIAL BOILING POINT—200° C) SEPARATED OUT OF CRUDE OIL OF RASGARIB OIL-FIELD (ARAB REPUBLIC OF EGYPT)

Individual hydrocarbon composition of straight-run gasoline fraction (initial boiling point—200° C) separated out of crude oil of Rasgarib Oil Field was investigated by gas-liquid chromatography using a capillary column with nonpolar phase and programming temperature of the analysis.

Qualitative estimation of *n*-paraffins, iso-paraffins, naphthenes and aromatic hydrocarbons was performed in the gasoline fraction for every number of carbon atoms in a molecule.

О. Н. ДЖАФАРОВ, А. М. КУЛИЕВ

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ДИСИЛОКСАНОВ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Т. Н. Шахтагинским)

В низкотемпературном вакуумном адиабатическом калориметре с автоматической системой термостатирования адиабатических экранов измерена теплоемкость гексаметилдисилоксана — I, 1,1,3,3-тетраметил-1,3-дифенилдисилоксана — II, гексаэтилдисилоксана — III, 1,3-диметил-1,1,3,3-тетрафенилдисилоксана — IV и гексафенилдисилоксана — V в интервале температур 4 — 300 К.

Методика измерений описана в [1]. Погрешность установки составляет 0,2%.

Экспериментальные данные по теплоемкости перечисленных объектов приведены на рис. 1. Основные термодинамические функции и их

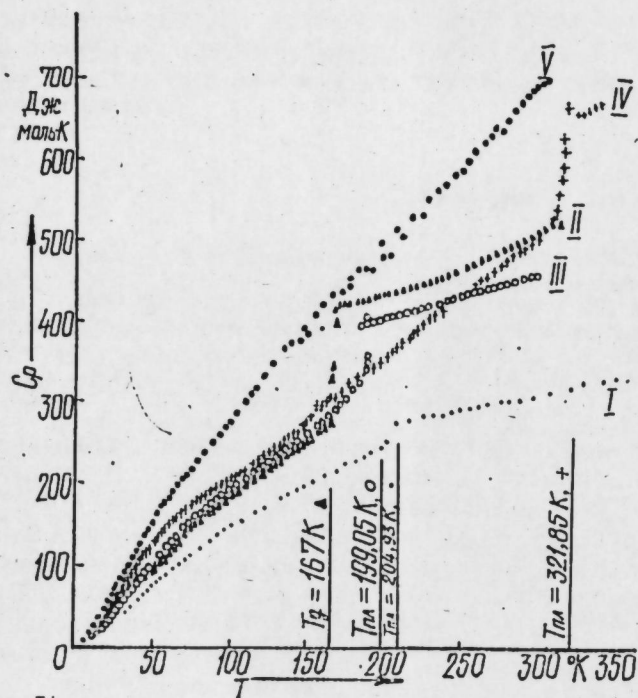


Рис. 1. Зависимость теплоемкости от температуры:
I — [(CH₃)₃Si]₂O; II — [(CH₃)₂(C₆H₅)Si]₂O; III — (C₂H₅)₃Si₂O; IV — [(CH₃)(C₆H₅)₂Si]₂O; V — [(C₆H₅)₃Si]₂O

температурные зависимости для соединений I, II и IV опубликованы в [2 — 4] соответственно.

Из анализа кривых теплоемкостей дисилоксанов установлено, что кр. C_pT гексаэтилдисилоксана от 70 до 170 К проходит параллельно кр. III на расстоянии 5,5 Дж·моль⁻¹·К⁻¹, но при температуре 50 К кр. III пересекает кр. II и проходит ниже. Следует обратить внимание на тот факт, что из 5 силоксанов только II не кристаллизуется. Это, по-видимому, обусловлено ассоциацией молекул жидкости, вследствие чего кр. C_p(T) жидкой фазы образца II, отклоняясь от нормального роста, проходит через минимум. По-видимому, жидкая фаза этого образца обладает в начале перехода стекло→жидкость значительным ближним порядком, поэтому с повышением температуры к обычным значениям теплоемкости жидкости добавляется составляющая, обусловленная разрушением молекулярных агрегатов. Эта составляющая велика в начале перехода, но с повышением температуры уменьшается до нуля, в результате чего на общей кривой теплоемкости получается минимум. Как видно из рис. 1, остальные 4 объекта, которые кристаллизуются, не обладают этим свойством.

Особый интерес представляет ход кривой теплоемкости IV, при температуре около 25 К имеет место ее сильный рост, который с повышением температуры замедляется и после 80 К до плавления имеет почти линейный характер.

Температурные зависимости всех дисилоксанов в твердой и жидкой фазах описаны эмпирическими формулами с погрешностью 0,1—0,3%. Эти формулы получены методом наименьших квадратов. Приводим их аналитические выражения с указанием температурных интервалов:

I. C_p (ж) = 275,5 — 34,48 · 10⁻² · T + 21,7 · 10⁻¹ · T² (204—375 К)

II. C_p (тв) = 40,76 + 1,51 · T — 5,428 · 10⁻⁴ · T² (90—160 К)

C_p (ж) = 382,004 — 3,75 · 10⁻² T + 1,5144 · 10⁻³ · T² (170—300 К)

III. C_p (тв) = 51,15 + 1,4244 · T — 1,7 · 10⁻⁴ · T² (80—170 К)

C_p (ж) = 282,22 + 0,626 · T — 1,05 · 10⁻¹ · T² (200—300 К)

IV. C_p (тв) = 125,6 + 0,394 · T + 3,94 · 10⁻³ · T² (80—150 К)

C_p (тв) = 133,78 + 0,6826 · T + 2,0758 · 10⁻³ · T² (170—290 К)

V. C_p (тв) = 124 + 1,726 · T + 5,6 · 10⁻⁴ · T² (150—300 К)

Следует отметить, что исследование теплоемкости V проведено со значительной погрешностью, которая для отдельных точек достигает до 5%. Как видно из рис. 1, этот разброс в основном наблюдается в интервале 150—250 К, что обусловлено дисперсностью и плохой теплопроводностью объекта.

Зависимость производной теплоемкости от температуры показана на рис. 2, из которого видно, что 4 дисилоксана имеют определенный максимум при 24 К. Он четко наблюдается у IV и отсутствует у II, имеющего аморфную структуру. Такое поведение кривой теплоемкости и ее производной объекта II, по-видимому, связано со взаимодействием внутреннего вращения с вращением молекулы как целого. Межмолекулярное взаимодействие препятствует свободному вращению волчка Si(CH₃)(C₆H₅)₂ в молекуле, вследствие чего не происходит резкого роста кривой теплоемкости и, следовательно, кривые теплоемкости пересекаются.

По максимумам кривых, указанных на рис. 2, и с помощью таб-

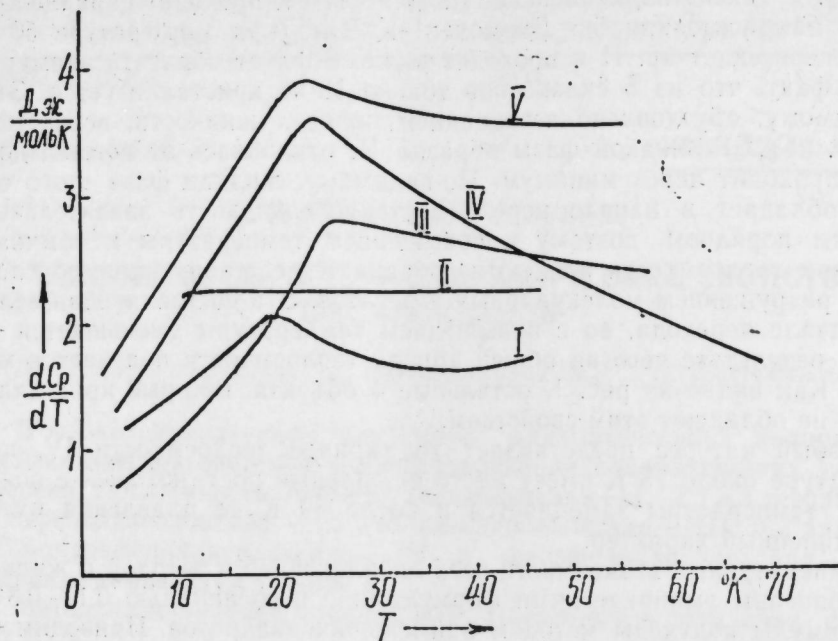


Рис. 2. Зависимость производной теплоемкости от температуры (обозначения те же, что и на рис. 1)

Термодинамические параметры дисилоксанов

Параметры	(Me ₂ Si) ₂ O	(Me ₂ phSi) ₂ O	(Meph ₂ Si) ₂ O	(ph ₂ Si) ₂ O	(t ₂ Si) ₂ O
C _p ⁰ (298), Дж/моль·К	~311,4	508,1	503,2	681	460
S ⁰ (298)	433,8	559,7	570,2	754,4	622,7
G ⁰ (298) - H ⁰ (0)	206,9	273,4	296,8	381,6	287,6
ΔS _{пл.}	58,17 ± 0,03		82,57 ± 0,74		107,50 ± 0,80
H ⁰ (298) - H ⁰ (0), Дж/моль	67655	85881	81565	111144	99908
ΔH _{пл.}	11920 ± 60				21400 ± 150
T _{пл.} ⁰ , К	201,93 ± 0,05	251* ± 2	26577 ± 160		199,57 ± 0,02
T _{ст.} , К	137* ± 2	167	321,95 ± 0,05	497 [7]	133* ± 2
T _{кп.} , К	372,7 [6]		214* ± 2	331* ± 2	505 [7], 527 [6]
N ₁ , чистота, %	99,9				97 [6]
H _{сгор.} , кДж/моль	5749 [6]		99,7	199,0 [6]	9763 [6]
H _{обр.}	929 [6]			224 [6]	987 [6]
V ₀ , Дж/моль	1000		1000	1000	1000

x — вычисленные значения; Me=CH₃, ph=C₆H₅, t=C₂H₅.

лицы Питцера и Гвинна [5] мы рассчитали величину потенциального барьера волчков SiR_mR_{3-m}, где m=1, 2, 3. В результате вычислений мы нашли, что для всех молекул потенциальный барьер V₀ внутреннего вращения указанного волчка равен 1000 Дж·моль⁻¹. Незначительная величина барьера свидетельствует о том, что вращение волчков во всех молекулах происходит почти свободно. Причина свободного вращения обусловлена тем, что угол SiOSi в молекулах исследуемых объектов очень велик и, следовательно, волчки SiR_mR_{3-m} удалены друг от друга.

Полученные термодинамические константы собраны в таблице, в которой также приведены литературные данные по теплотам сгорания и образования.

Литература

1. Кулиев А. М., Джафаров О. И., Каршарли К. А., Кузнецова А. Г. — Ж. физ. хим., 1977, т. 51, № 7, с. 1798 — 1799.
2. Scott D. W., Messerly J. F., Todd S. S., Gutrie G. B., Hossenlopp J. A., Moore R. T., Osborn A., Berg W. T., McCullough J. P. — J. Phys. Chem., 1961, v. 65, 8, p. 1320 — 1326.
3. Джафаров О. И., Кулиев А. М. — Деп. в ВИНТИ 8 июня 1983, № 3143 — 83.
4. Кулиев А. М., Джафаров О. И. — Деп. в ВИНТИ 5 марта 1984, № 1284 — 84.
5. Годнев И. Н. Вычисление термодинамических функций по молекулярным данным. — М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1956, с. 395.
6. Reuther H., Maass Sbr. — Chem. Technik, 1954, v. 6, No. 6, p. 328 — 329.
7. Бажагт В., Хваловски В., Ратоуски И. Силконы. — М.: Гос. науч.-техн. изд-во хим. лит., 1960, с. 428 — 431 (пер. с чеш.).

Институт теоретических проблем химической технологии АН АзССР

Поступило 6.VI 1981

И. И. Чафаров, Э. М. Гулиев

ДИСИЛОКСАНЛАРЫН ИСТИЛИК ТУТУМУ ВЭ ТЕРМОДИНАМИК ХАССЭЛЭРИ

Мәгаләдә диабатик калориметрдә гексаметилдисилоксан — I, тетраметилдифенил-дисилоксан — II, гексаэтилдисилоксан — III, диметилтетрафенил-дисилоксан — IV вә гексафенилдисилоксан — V истилик тутуму 4300 К температур интервалында өҗрәнилмишдир. Әримә истилији вә әримә температуру тәҗийи едилмиш, дисилоксанларын термодинамик сабитләри һесаблинышдыр.

Дисилоксанларын истилик тутуму әҗриләрини арашдырлымасына әсасән SiR_mR_{3-m}¹¹ (m=1; 2; 3) группларын Si—O рабитәси әтрафында дахили фырланма заманы алынган потенциал чәпәри III, IV вә V молекуллары үчүн 1000 ч/мол.¹ гиймәт алмышлар, анчаг II молекулу үчүн потенциал чәпәрини гиймәти чох бөҗүкдүр. Бу гиймәтләр јухарыда кәстәрилән группларын III, IV вә V молекулларында сәрбәст, анчаг II молекулунда геҗри-сәрбәст фырландыгларыны сүбүт едир. Сәрбәст фырланма кәстәрилән молекулларда 24 К-дә баш верир.

O. I. Dzhabarov, A. M. Kuliev

HEAT CAPACITY AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF DISILOXANES

The heat capacity of hexamethyl disiloxane — I, tetramethyl diphenyl disiloxane — II, hexaethyl disiloxane — III, dimethyl tetraphenyl disiloxane — IV and hexaphenyl disiloxane — V is determined in an adiabatic calorimeter within the range of 4 — 300 K.

The melting heat and the melting point are determined. The values of thermodynamic constants of disiloxanes are evaluated.

On the basis of analysis of the heat capacities curves of disiloxanes the authors evaluate the value of the potential barrier of internal rotation of tops SiR_mR_{3-m}¹¹ (where m=1, 2, 3)

about the axis Si—O, the value of which for III, IV and V equals to 1000 J·mol⁻¹ and for II this value is considerably higher. This indicates that rotation of the tops for III, IV and V proceeds at 24 K almost freely and II it is hindered.

В. А. МУХТАРОВ

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Т. Н. Шахтагтинским)

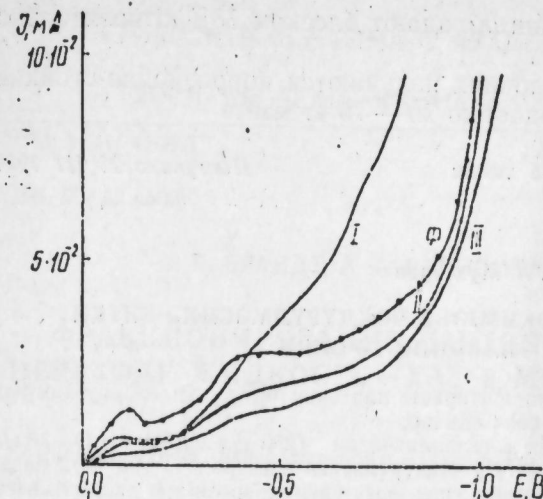
Цинкование стальных деталей с целью защиты их от коррозии является самым распространенным видом защитного покрытия. Цинкование осуществляется обычно в кислых, цианистых, аммикатных, пирофосфатных или цинкатных электролитах. Нами было исследовано влияние растительных добавок на блеск, микротвердость и характер покрытий цинка, осажденных из кислых электролитов. В качестве добавок были использованы растительные добавки ТЕЛ-1 (сок подорожника), ТЕЛ-2 (состав: сумма полисахаридов, глюкуроновая и галактуриновая кислоты, галактоза, ксилоза, арабиноза, рамноза, зола), ТЕЛ-3 (йодид берберина), влияющие на характер и кинетику процесса электроосаждения цинка из сульфатного электролита.

Отражательная способность цинковых покрытий определялась с помощью фотоэлектрического блескомера ФБ-2 в процентах к серебряному зеркалу.

Поляризационные кривые снимали в трехэлектродной ячейке с помощью потенциостата П-5827 с автоматической записью тока потенциометром КПС-4 при скорости развертки потенциала 4 мВ/с. Потенциалы измерены относительно хлорсеребряного электрода сравнения. Микротвердость осадков измеряли прибором ПМТ-3 при нагрузке на индентор 10 гс. Оценку прочности сцепления покрытия с основой производили методом изгиба образца и нанесением царапин. Коррозионные испытания проводили в естественных морских условиях (Каспийское море).

Влияние растительных добавок на кинетику электроосаждения цинка из сульфатного электролита показано на рисунке. Установлено, что в присутствии 0,5 г/л ТЕЛ-2 и ТЕЛ-3 поляризация возрастает примерно на 30—50 мВ, что приводит к ухудшению качества покрытий, т. е. образуются хрупкие, рыхлые осадки. В присутствии добавки ТЕЛ-1 (сок подорожника) поляризация уменьшается примерно на 250—300 мВ, что приводит к образованию более блестящих, компактных осадков цинка. Полученные при этих условиях цинковые покрытия обладают блеском 75—78%.

Между характером осадков цинка и катодной поляризацией определенной зависимости не наблюдалось. Ввиду того, что растительные добавки (в основном водные и спиртовые экстракты) содержат несколько химических соединений, трудно сделать какие-либо предположения о механизме их действия на процесс электрокристаллизации.



Влияние растительных добавок на поляризационные кривые при электроосаждении цинка:
Ф — фон (250 г/л $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 30 г/л $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$ + 75 г/л Na_2SO_4); I — фон + 100 мл/л ТЕЛ-1; II — фон + 0,5 г/л ТЕЛ-2; III — фон + 0,5 г/л ТЕЛ-3

Концентрация ТЕЛ-1 изменялась от 1 до 200 мл/л. С увеличением концентрации ТЕЛ-1 блеск цинковых покрытий увеличивается и при концентрации ТЕЛ-1 100 мл/л составляет 78%. Дальнейшее увеличение концентрации ТЕЛ-1 незначительно влияет на блеск цинковых покрытий. Влияние плотности тока изучалось в интервале 0,5—5 А/дм². С увеличением плотности тока от 0,5 до 2 А/дм² блеск покрытий повышался от 40,5 до 78%, а при повышенных плотностях тока 3—5 А/дм² блеск покрытий снижается и составляет 52,8%. Оптимальная плотность тока без перемешивания составляет 1—2 А/дм², а с перемешиванием — 1—3 А/дм².

Были проведены испытания коррозионной стойкости цинковых покрытий в естественных морских условиях. В течение года цинковые покрытия практически изменениям не подвергались.

В таблице показано влияние растительных добавок на блеск, микротвердость и характер цинковых осадков, осажденных из сернокислого электролита.

Влияние растительных добавок на блеск, микротвердость и характер цинковых покрытий

Растительные добавки	Концентрация	Толщина покрытий, мкм	Блеск покрытий, %	Микротвердость покрытий, кг/мм ²	Характер осадков
ТЕЛ-1	100 мл/л	10	4,0	25—27	Матовый
ТЕЛ-2	0,5 г/л	10	76—78	70—75	блестящий
ТЕЛ-3	0,5 г/л	10	6,5	27—29	бархатистый
			9,5	28—30	компактный бархатистый

Как видно из таблицы, наиболее твердые и блестящие покрытия получают в присутствии растительной добавки ТЕЛ-1 при концентрации 100 мл/л.

Таким образом, показано, что в оптимальных условиях (состав электролита: 250 г/л $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 75 г/л Na_2SO_4 + 30 г/л $Al_2(SO_4)_3 \times 18 H_2O$ + 100 мл/л сока подорожника, режим электролиза: $i_k = 2$ А/дм²,

$t = 18 - 20^\circ\text{C}$) цинковые покрытия обладают блеском 78% относительно серебряного зеркала.

Установлено, что в этих условиях получают коррозионно-стойкие цинковые покрытия с микротвердостью 70—75 кг/мм².

Институт неорганической и физической химии
АН АзССР

Поступило 23 III 1984

В. А. Мухтаров

СИНК ӨРТҮҮНҮН ЭЛЕКТРОКИМЈЭВИ ЧӨКДҮРҮЛМЭСИНЭ БИТКИ МЭНШЭЛИ ЭЛАВЭНИН ТЭСИРИ

Мәгаләдә битки мәншәли элаванни иштиракы илә синк өртүҗүнүн электрокимјәви чөкдүрүлмәси просесинин тәдқиғиндән бәһс едилір.

Тәҗрин едилмишдир ки, турш синк электролитиндән (250 г/л $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 30$ г/л $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + 75$ г/л Na_2SO_4) синк өртүҗү чөкдүрүләркән электролитә 100 мл/л баға-јарпағы екстракты элава едиләрсә, алынән синк өртүҗүнүн коррозияја давамлылығы артыр, парлаглығы 78%-ә микробәрклији исә 75 кг/мм²-а чатыр.

V. A. Mukhtarov

THE INFLUENCE OF VEGETABLE SAP MIXTURE ON THE ELECTRODEPOSITION OF ZINC

The present article deals with the investigation of zinc electrodeposition. It is established that the deposits which were electrodeposited from the solution 250 g/l $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 30$ g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + 75$ g/l Na_2SO_4 in the presence of succus plantaginis mixture (100 mg/l) have a high corrosion resistance, lustre and hardness.

АЗЭРБАЈҶАН ССР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МЭ'РУЗЭЛЭРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLII ЧИЛД

№ 11

1986

УДК 550.42:550.89

ГЕОХИМИЯ

С. Б. БРАНДТ, А. С. БАТЫРМУРЗАЕВ, И. С. БРАНДТ

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ Н, О ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ ЖИДКОСТЬ—ГАЗ В МОДЕЛИ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Х. И. Амирхановым)

Уравнение Ван-дер-Ваальса представляет собой уникальную модель, качественно описывающую поведение реальных газов. Точность этой модели невелика. Тем не менее она с определенными поправками положена в основу капитальной работы М. П. Вукаловича [1]. Модель подвергалась дальнейшему усовершенствованию в трудах теплофизиков Дагестанского филиала АН СССР [2].

В современных изотопно-геохимических исследованиях большое внимание уделяется изотопному составу природных вод и атмосферных осадков [3], в частности, так называемому континентальному эффекту — постепенному обеднению осадков по тяжелым изотопам по мере продвижения циклонических депрессий от океанов в глубь континентов. Традиционно [5] теоретическая трактовка процессов изотопного фракционирования производится на основе аппарата статистической термодинамики. Были предприняты попытки применения феноменологической термодинамики к теории гетерогенных равновесий [4, 6]. С этой точки зрения представляло бы определенный интерес выявление возможностей применения модели Ван-дер-Ваальса для интерпретации явлений фракционирования изотопов, например, водорода и кислорода, при испарении и конденсации воды. Результаты могли бы найти применение и для других актуальных жидкостей. Такая попытка, насколько нам известно, предпринимается впервые.

Так как большинство природных элементов, в частности, такие, как Н и О, представляют собой смесь нескольких изотопов, то процессы в них могут быть рассмотрены на основании ван-дер-ваальсовой теории смесей. Уравнение состояния будет иметь вид:

$$P = \frac{\left(1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k\right) \cdot RT}{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \pi^k b_k\right)} = \frac{a_{11} + \sum_{k=2}^n a_{1k} \alpha^k + \sum_{k=2}^n \sum_{l=2}^n a_{kl} \alpha^l \alpha^k}{V_1^2}, \quad (1)$$

где P —давление, T —температура, R —газовая постоянная, b_k —коволумы, a_{ik} —коэффициенты квадратичной формы, связанные с характером взаимодействия молекул i - и k -го вещества,

$$\alpha^k = N_k/N_1, \quad V_1 = V/N_2,$$

V —объем, $N_1, N_2 \dots N_k$ —количества молей каждого вещества в данной смеси.

Допустим сначала, что молекулы веществ смеси отличаются молекулярным весом, но размеры всех молекул и силы взаимодействия такие, как у молекул первого вещества. В этом случае $a_{1k} = a_{11}$, $b_k = b_1$ и (1) приобретает вид;

$$P = \frac{RT}{V - b_1} - \frac{a_{11}}{V^2}, \text{ где } V = \frac{V_1}{1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k}.$$

Мы видим, что давление в смеси будет такое же, как и у равного числа молекул первого вещества, содержащегося в данном объеме. Если такая смесь из ван-дер-ваальсовски одинаковых газов состоит из жидкой и газообразной фаз, находящихся в равновесии, то можно показать, что концентрации α^{1k} в жидкости α^{11x} в паре равны $\alpha^k = \alpha^{1k} = \alpha^{11k}$, а V' и V'' такие же, как и у системы жидкости—пар первого вещества.

Откажемся от условий $a_{1k} = a_{11}$, $b_k = b_1$, но предположим, что

$$\frac{a_{1k} - a_{11}}{a_{11}} = \frac{\Delta a_{1k}}{a_{11}}, \quad \frac{b_k - b_1}{b_1} = \frac{\Delta b_k}{b_1} \quad (2)$$

—малые величины. Тогда $a^{1k} = \alpha^k + \Delta \alpha^{1k}$, $a^{1k} = \alpha^k + \Delta \alpha^{1k}$ будут отличаться между собой. Сформулируем задачу так: найти формулы, дающие возможность по данным α^{1k} найти α^k и по данным $\Delta \alpha^{1k}$ найти $\Delta \alpha^{1k}$.

Везде далее мы будем предполагать, что в окончательных формулах подставлены значения $a_{1k} = a_{11}$, $b_k = b_1$. Продифференцируем равенство (1):

$$\frac{\partial P}{\partial V_1} \Delta V_1 + \sum_{1 < k} \frac{\partial P}{\partial a_{1k}} \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n \frac{\partial P}{\partial b_k} \Delta b_k + \sum_{k=2}^n \frac{\partial P}{\partial \alpha^k} \Delta \alpha^k = \Delta P. \quad (3)$$

Используем равенство $\mu_1 = \mu_1'$. Пусть F_1 —удельная свободная энергия.

$$\text{Тогда } \mu_1 = f + PV_1, \text{ где } f = F_1 - \sum_{k=2}^n \alpha^k \frac{\partial F_1}{\partial \alpha^k}.$$

Дифференцируя равенство $\mu_1 = \mu_1'$, получаем:

$$\sum_{1 < k} \frac{\partial f''}{\partial a_{1k}} \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n \frac{\partial f''}{\partial b_k} \Delta b_k + \sum_{k=2}^n \frac{\partial f''}{\partial \alpha^k} \Delta \alpha^k - \sum_{1 < k} \frac{\partial f'}{\partial a_{1k}} \Delta a_{1k} - \sum_{k=2}^n \frac{\partial f'}{\partial b_k} \Delta b_k - \sum_{k=2}^n \frac{\partial f'}{\partial \alpha^k} \Delta \alpha^k = \Delta P (V_{10}' - V_{10}), \quad (4)$$

где $\Delta P = P - P_0$, P_0 —давление насыщенного пара первого вещества, а V_{10}' и V_{10} его удельные объемы.

Величины ΔV_1 и ΔP , участвующие в уравнениях (3) и (4), можно связывать соотношениями при изменении условий задачи. Подставляя ΔP из формулы (4) в формулу (3), написанную как для жидкой, так и для газообразной фаз, получаем:

$$\Delta V_1 = \sum_{1 < k} A_{1k}' \alpha^k \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n B_k' \alpha^k \Delta b_k + \sum_{k=2}^n (C_k' \Delta \alpha^{1k} + D_k' \Delta \alpha^{1k}), \quad (5)$$

$$\Delta V_1 = \sum_{1 < k} A_{1k}'' \alpha^k \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n B_k'' \alpha^k \Delta b_k + \sum_{k=2}^n (C_k'' \Delta \alpha^{1k} + D_k'' \Delta \alpha^{1k}).$$

Величины Δa_{1k} и Δb_k имеют к (5) множителем α^k , так как a_{1k} и b_k входят в функции P и f с множителем α^k . Выражения величин A, B, C, D получаются группировкой соответствующих членов, но конкретный их вид нам дальше не понадобится.

При $i > 1$ мы представим химический потенциал в виде

$$\mu_i = \frac{\partial F_1}{\partial \alpha^i} = f_i + RT \cdot \ln \alpha^i,$$

где функции f_i уже не имеют особенностей при $\alpha^i = 0$. Продифференцируем μ_i :

$$\Delta \mu_i = \sum_{1 < k} \frac{\partial f_i}{\partial a_{1k}} \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n \frac{\partial f_i}{\partial b_k} \Delta b_k + \sum_{k=2}^n \frac{\partial f_i}{\partial \alpha^k} \Delta \alpha^k + \frac{\partial f_i}{\partial V_1} \Delta V_1 + RT \cdot \frac{\Delta \alpha^i}{\alpha^i}, \quad (6)$$

ричем ΔV_1 даются формулами (5). Приравняем $\Delta \mu_i$ и $\Delta \mu_i'$. Величины α^i и α^i в знаменателе мы приближенно, с точностью до малых более высокого порядка, заменим на α^i , причем при конкретных вычислениях можно взять α^i как α^i , так и α^i . Так как

$$f_i = - \frac{\sum_{k=2}^n a_{1k} \alpha^k + a_{11}}{V_1} - RT \left[\ln \frac{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k b_k \right)}{V_{кр}} - \frac{\left(1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k \right) b_1}{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k b_k \right)} \right],$$

где $V_{кр}$ —критический объем первого вещества, то из (5) и (6) получаем:

$$\Delta \mu_i = \frac{2 \cdot \Delta a_{11}}{V_1} + \frac{RT \cdot \Delta b_1}{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k b_k \right)} + \left[\frac{2}{V_1} \sum_{k=2}^n \Delta a_{1k} \alpha^k + RT \frac{\sum_{k=2}^n \alpha^k \Delta b_k}{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k b_k \right)} \right] + \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\partial f_i^1}{\partial V_1} \left[\sum_{1 < k}^n A_k \alpha^k \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n B_k \alpha^k \Delta b_k \right] + \\
& \Delta \alpha^1 + \frac{\alpha^1}{RT} \left[\frac{\partial f_i^1}{\partial V_1} \sum_{k=2}^n (C_k \Delta \alpha^k + D_k \Delta \alpha^k) + \sum_{k=2}^n \frac{\partial f_i^1}{\partial \alpha^k} \Delta \alpha^k \right] \\
& + RT \frac{\alpha^1}{V_1} + \frac{RT \cdot \Delta b_1}{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k b_k \right)} + \left[\frac{2}{V_1} \sum_{k=2}^n \Delta a_{1k} \alpha^k + \right. \\
& \left. + RT \frac{\sum_{k=2}^n \alpha^k \Delta b_k}{V_1 - \left(b_1 + \sum_{k=2}^n \alpha^k b_k \right)} \right] + \\
& + \frac{\partial f_i^1}{\partial V_1} \left[\sum_{1 < k}^n A_k \alpha^k \Delta a_{1k} + \sum_{k=2}^n B_k \alpha^k \Delta b_k \right] + \\
& + RT \frac{\alpha^1}{RT} \left[\frac{\partial f_i^1}{\partial V_1} \sum_{k=2}^n (C_k \Delta \alpha^k + D_k \Delta \alpha^k) + \sum_{k=2}^n \frac{\partial f_i^1}{\partial \alpha^k} \Delta \alpha^k \right]. \quad (8)
\end{aligned}$$

Приравнивание (7) и (8) дает решение поставленной в п. 2 задачи, т. е. дает $2 \cdot (n-1)$ условий, позволяющих выразить $\Delta \alpha^1$ через $\Delta \alpha^k$. Мы приведем эти условия только для случая, когда α^1 малы. В этом случае всеми выражениями в квадратных скобках в (7) и (8) можно пренебречь. Имеем:

$$1 - \Delta^1 - \frac{\Delta \alpha^1 - \Delta \alpha^1}{\alpha^1} = \frac{2 \cdot \Delta a_{11}}{RT} \left[\frac{1}{V_{10}'} - \frac{1}{V_{10}'} \right] - \Delta b_1 \left[\frac{1}{V_{10}' - b_1} - \frac{1}{V_{10}' - b_1} \right], \quad (9)$$

где Δ^1 — общепринятое обозначение для α^1/α^1 .

Для применения данной формулы используем результаты измерений в системе жидкость—пар [7]. Воспользуемся расчетными значениями линии насыщения газа Ван-дер-Ваальса [2] с применением квадратичной интерполяции. Так как в таблице указаны приведенные значения параметров, то уравнение (9) лучше переписать в приведенных параметрах:

$$\begin{aligned}
1 - \Delta^1 = \frac{\Delta \alpha^1 - \Delta \alpha^1}{\alpha^1} = \frac{9}{4\tau} \left(\frac{\Delta a_{11}}{a_{11}} \right) \left(\frac{1}{\varphi''} - \frac{1}{\varphi'} \right) - \\
- \left(\frac{\Delta b_1}{b_1} \right) \left(\frac{1}{3 \cdot \varphi'' - 1} - \frac{1}{3 \cdot \varphi' - 1} \right), \quad (10)
\end{aligned}$$

где τ — приведенная температура, φ'' — приведенный объем пара, а φ' — приведенный объем жидкости.

Сопоставление данных, рассчитанных по формуле (10), с результатами эксперимента по работе [7]

T °C	τ	φ'	φ''	По работе [7]		По формуле (10)	
				$\Delta^{18} O-1$	$\Delta D-1$	$\Delta^{18} O-1$	$\Delta D-1$
10	0,4375	0,39355	102,0439	0,01093	0,0935		
15	0,4452	0,39509	91,0219	0,01032	0,0886		
20	0,4529	0,39665	81,0217	0,00981	0,0812	0,01045	0,0878
25	0,4607	0,39826	72,7506	0,00940	0,0775	0,01000	0,0824
30	0,4684	0,39987	65,7586	0,00908	0,0736	0,00955	0,0772
35	0,4761	0,40151	59,7220	0,00870	0,0695	0,00913	0,0722
40	0,4838	0,40317	54,4750	0,00835	0,0630	0,00873	0,0675

Из (10) видно, что поведение смеси полностью определяется $\Delta a/a$ и $\Delta b/b$ для каждого изотопа, эти величины можно определить по двум значениям Δ при двух различных температурах. В [7] приведены измеренные значения Δ для насыщенных паров воды для содержания дейтерия и ^{18}O в интервале температур от 10 до 40 °C. Мы определяем $\Delta a/a$ и $\Delta b/b$ для кислорода и водорода по значениям при 10 и 40 °C. В результате (10) принимает вид:

$$\begin{aligned}
1 - \Delta^{18}O = -3,6243 \cdot 10^{-3} \frac{9}{4\tau} \left(\frac{1}{\varphi''} - \frac{1}{\varphi'} \right) + \\
+ 0,01052 \left(\frac{1}{3\varphi'' - 1} - \frac{1}{3\varphi' - 1} \right), \quad (10a)
\end{aligned}$$

для водорода—

$$1 - \Delta D = -0,06 \cdot \frac{9}{4\tau} \left(\frac{1}{\varphi''} - \frac{1}{\varphi'} \right) + 0,1584 \left(\frac{1}{3\varphi'' - 1} - \frac{1}{3\varphi' - 1} \right), \quad (10б)$$

Данные работы [7] и наши данные сопоставлены в таблице. Мы видим, что модель Ван-дер-Ваальса дает удовлетворительное совпадение с данными опыта. Небольшие несистематические отклонения измеренных данных могут быть отнесены за счет погрешностей эксперимента. При современной высокой точности изотопных измерений необходимые опорные параметры уравнения (10) могут быть в каждом частном случае определены экспериментально, а модель Ван-дер-Ваальса может оказаться полезной при предвычислениях неизвестных эффектов изотопного фракционирования.

Авторы благодарны Б. Г. Алибекову за внимание к работе и критические замечания.

Литература

1. Вукалович М. П. Термодинамические свойства воды и водяного пара. — М.: Машиностроение, 1958.
2. Алибеков Б. Г. — В кн.: Теплофизические свойства жидкостей и газов. Махачкала: ДагФАН СССР, 1979, с. 75—83.
3. Хефс И. Геохимия стабильных изотопов. — М.: Мир, 1983.
4. Брандт С. Б., Брандт И. С. — В кн.: Влияние физических процессов на калий-аргоновый возраст минералов. Махачкала: ДагФАН СССР, 1981, с. 79—85.
5. Urey H. C. — J. Chem. Soc., 1947, v. 6, p. 562—581.
6. Brandt S. B., Brandt S. S. — Zfj-Mitteilungen, 1984, 85, S. 19—23.
7. Kakiuchi M., Sadao M. — Geochim. J., 1982, v. 13, No. 6, p. 307—311.

Институт физики ДагФАН СССР

Поступило 25. XII 1985

ВАН-ДЕР-ВААЛС МОДЕЛИНЭ ЭСАСЭН МАЈЕ-ГАЗ КЕЧИРИЧИ
ФАЗАСЫНДА Н, О ИЗОТОПЛАРЫНЫН ФРАКСИЈАЛАРЫ

Мәгаләдә изотопларын фраксијалара ајрылмасы һадисәсинин интерпретасијасы, су-
јун бухарланмасы вә конденсасијасы заманы һидрокен вә оксикен атомларынын алыш-
масы үчүн Ван-дер-Ваалс моделинин тәтбиғинин мүмкүн олмасы илк дәфә ајдынлаш-
дырылмышдыр. Беләликлә, элементләрин чоху, һәмчинин Н вә О атомларында гарышыг
изотоплар иштирак едир ки, бу процесин Ван-дер-Ваалс нәзәријәсинә көрә изаһ етмәк
олар. Экспериментал мәлүматларын Ван-дер-Ваалс модели илә мүгајисәси мүсбәт нәти-
чә вермишдыр.

Мүасир јүксәк дәғиглик тәләб едән изотоп өлчмәләри үчүн алдығымыз Ван-дер-Ваалс
бәрабәрлиғи әсас ола биләр. Ван-дер-Ваалс модели илә мәлүм олмајан фраксијалама
еффеќтинин һесабламағ үчүн фәјдалыдыр.

S. B. Brandt, A. S. Batirmurzaev, I. S. Brandt

THE FRACTIONATION OF H, O ISOTOPES TRANSITION OF PHASES
LIQUID—GAS IN WAN-DER-WAALS MODEL

The article shows the possibility of application of Wan-der-Waals model for interpretation
of the phenomenon of fractionation of isotopes H, O after evaporation and condensation of water.
As the majority of natural elements (and H, O) are mixtures of some isotopes, the processes
in those elements may be examined on the base of Wan-der-Waals theory of mixtures. Comparison
of experimental data with Wan-der-Waals model shows satisfactory coincidence. Necessary support
parameters of equation of Wan-der-Waals may be determined experimentally, and the model
of Wan-der-Waals can be used in calculation of unknown fractionation effects.

Р. А. БАДАЛОВ, ОБЕСЕКЕРА РАНДЖИТ КУМАР

К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗУБЬЕВ ШАРОШЕЧНЫХ
ДОЛОТ С ГОРНОЙ ПОРОДОЙ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Как известно, темпы ускорения проводки нефтяных и газовых
скважин наряду с другими факторами главным образом зависят от
эффективности работы долота на забое.

Рациональное использование шарошечных долот при умеренном
износе рабочих элементов приводит к сокращению числа спускоподъем-
ных операций, а следовательно, и к уменьшению затрат времени на
сам процесс бурения скважины.

Для уменьшения интенсивности износа зубьев шарошек необходи-
мо учесть величину контактных поверхностей и количество частиц при
взаимодействии долота с горной породой.

Напряжения, возникающие на поверхности контактов, тесно свя-
заны с распределением осевой нагрузки на забой (рис. 1). Как видно
из графика, полученного нами, осевая нагрузка распределяется по ра-
диусу скважины с определенной закономерностью. Напряжение дейст-
вия осевой нагрузки проходит через точку, где усилия на поверхность
контакта уменьшаются до нуля. Наибольшую нагрузку испытывают
периферийные и центральные зубья. Следовательно, интенсивность из-
носа зубьев шарошек различна [3].

При уменьшении контактных площадей под действием одной и той
же нагрузки возможность появления лунок больше, чем возможность
появления трещин, и наоборот. В зависимости от размеров частиц уси-
лия, действующие по контактной поверхности, изменяются. С увеличе-
нием контакта с крупными частицами нагрузка на площадь контакта
возрастает, с уменьшением размеров частиц — уменьшается.

Отсюда видно, что одним из важнейших факторов, обуславливаю-
щих износ рабочих элементов, является величина контакта площадей
при взаимодействии зуба с породой.

Применяя методы теории вероятности, можно определить ожидае-
мое число циклов встреч зуба с породой и, следовательно, можно уста-
новить закономерность износа зубьев.

Допустим, что данная порода состоит из многих частиц с различ-
ными диаметрами и формами. Рассмотрим два случая расположения
частиц различных размеров. При этом допустим, что каждая частица
имеет сферическую форму.

Предположим, что венец шарошки радиусом r_1 , с шириной зуба
 d и высота h перекачивается по забою скважины с окружностью ра-
диусом r_2 . Тогда зубья одного венца шарошки соприкасаются с тра-
екторией окружности радиусом r_1 k раз. Величина k определяется из
зависимости:

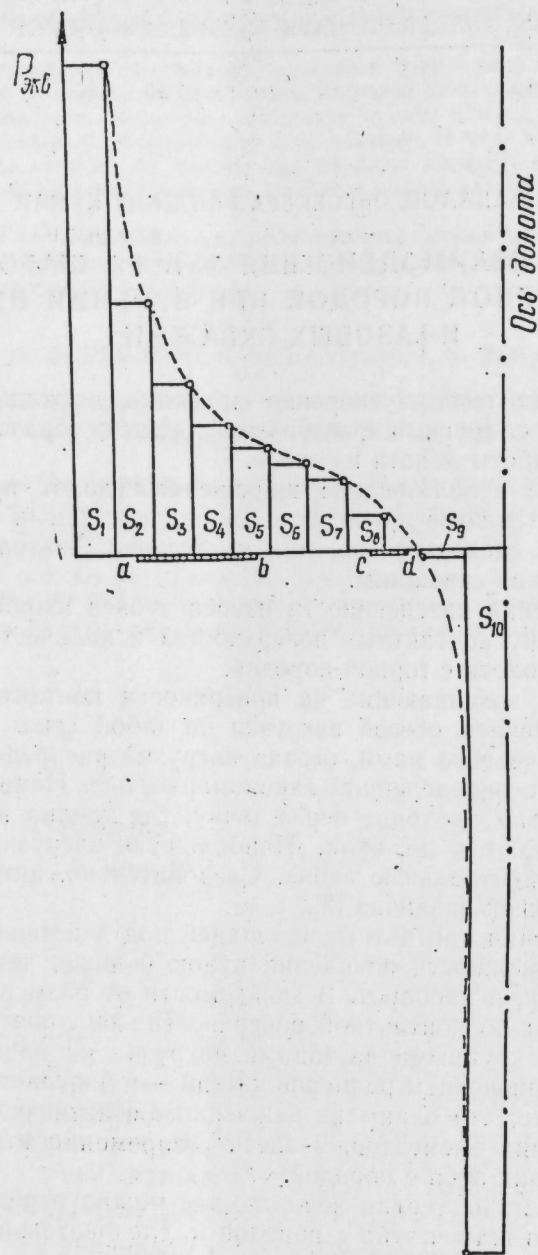


Рис. 1. Распределение осевой нагрузки по контактным площадям шарошки $P_{экв}$ — эквивалентная нагрузка, действующая на венцах; по оси — общее расположение зубьев шарошки)

$$k = z \cdot \frac{r_1}{r_1 + h} \quad (1)$$

где z — количество зубьев венца шарошки.

Определяем количество частиц с максимальным диаметром x_1 , контактирующих с зубом по ширине a :

$$n_{1зуб} = \frac{d}{x_1} \quad (2)$$

По аналогии определяем количество частиц с минимальным диаметром x_2 :

$$n_{2зуб} = \frac{d}{x_2} \quad (3)$$

Количество частиц диаметром x_1 , находящихся на забое скважины с окружностью с радиусом r_1 , будет

$$n_{1скв} = \frac{2\pi r_1}{x_1} \quad (4)$$

и аналогично

$$n_{2скв} = \frac{2\pi r_1}{x_2} \quad (5)$$

Затем выбираем $n_{2зуб}$ так, чтобы она равнялась величине $\eta n_{1зуб}$,

где $\eta = \frac{x_1}{x_2}$.

Вероятность появления частиц только диаметром x_1 на контакте зуба будет

$$P_{зуб}(x_1) = \frac{C_{n_{1зуб}}^{1зуб}}{C_{n_{1зуб}}^{1зуб} + \frac{1}{\eta} n_{2зуб}} \quad (6)$$

где $C_{n_{1зуб}}^{1зуб}$ — все возможное появление только частиц x_1 .

Вероятность появления частиц диаметром x_1 в скважине с радиусом r_1 будет

$$P_{скв}(x_1) = \frac{C_{n_{1скв}}^{1зуб}}{C_{n_{1скв}}^{1зуб} + \frac{1}{\eta} n_{2скв}} \quad (7)$$

Вероятность появления крупных частиц (x_1) в скважине не зависит от их появления на поверхности контакта зуба. Тогда вероятность появления крупных частиц одновременно и в скважине, и на контактной поверхности зуба определяется как

$$P_d(x_1) = P_{зуб}(x_1) \cdot P_{скв}(x_1) \quad [1, 2]. \quad (8)$$

Подставляя значения (6) и (7) в уравнение (8), получим:

$$P_d(x_1) = \frac{C_{n_{1зуб}}^{1зуб}}{C_{n_{1зуб}}^{1зуб} + \frac{1}{\eta} n_{2зуб}} \cdot \frac{C_{n_{1скв}}^{1зуб}}{C_{n_{1скв}}^{1зуб} + \frac{1}{\eta} n_{2скв}} \quad (9)$$

Рассмотрим второй случай — частицы минимальных (x_2) и максимальных (x_1) диаметров по длине l зуба (рис. 2). Частицы диаметром

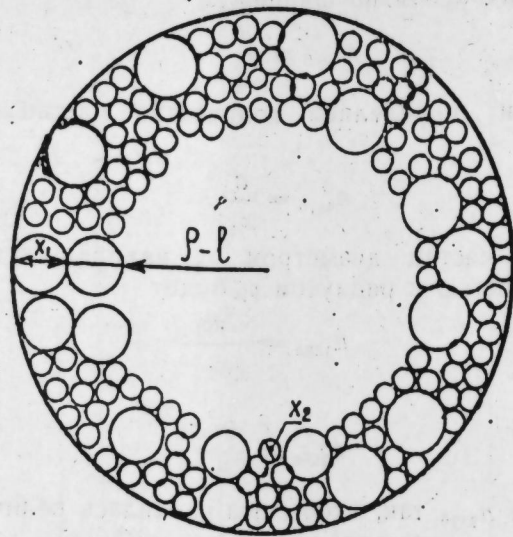


Рис. 2. Одно из возможных расположений частиц в скважине.

x_1 располагаются в одном ряду в количестве $n_{1зуб} = \frac{l}{x_1}$. Аналогично минимальный диаметр (x_2) будет $n_{2зуб} = \frac{l}{x_2}$.

Определим количество частиц диаметром x_1 (рис. 2):

$$n_{1скв}^I = \frac{2\pi\left(\rho_1 + \frac{x_1}{2}\right)}{x_1}; \quad n_{1скв}^{II} = \frac{2\pi\left(\rho_1 + \frac{3}{2}x_1\right)}{x_1}; \quad n_{1скв}^{III} = \frac{2\pi\left(\rho_1 + \frac{5}{2}x_1\right)}{x_1}; \quad \dots; \quad n_{1зуб}^{n_{1зуб}} = \frac{2\pi\left(\rho_1 + (2n_{1зуб}-1)\frac{x_1}{2}\right)}{x_1},$$

где $n_{1скв}^I$ — количество крупных частиц (x_1) по радиуса $\rho_1 + \frac{(2j-1)x_1}{2}$,

$n_{1зуб}^{n_{1зуб}}$ — количество крупных частиц (x_1) по радиусу $\rho_1 + x_1 \frac{(2n_{1зуб}-1)}{2}$.

Тогда общее количество частиц диаметра x_1 будет

$$n_{1скв}^I + n_{1скв}^{II} + n_{1скв}^{III} + \dots + n_{1зуб}^{n_{1зуб}} = \sum_{j=1}^{n_{1зуб}} n_{1скв}^j \quad (10)$$

Аналогично количество частиц диаметром x_2 будет

$$n_{2скв}^I + n_{2скв}^{II} + n_{2скв}^{III} + \dots + n_{2зуб}^{n_{2зуб}} = \sum_{j=1}^{n_{2зуб}} n_{2скв}^j \quad (11)$$

Количество контактов зубьев с породой определяется как (1).

Определяем количество частиц диаметрами x_1 и x_2 по длине l :

$$n_{1зуб} = \frac{l}{x_1} \quad (12)$$

$$n_{2зуб} = \frac{l}{x_2} \quad (13)$$

Тогда сумма появлений частиц диаметром x_1 в скважине для каждого контакта за один оборот будет $kn_{1зуб}$.

Затем определяем вероятность появления крупных частиц (x_1) в скважине:

$$P_{скв}(x_1) = \frac{C^{kn_{1зуб}} \sum_{j=1}^{n_{1зуб}} n_{1скв}^j}{C^{kn_{1зуб}} \sum_{j=1}^{n_{1зуб}} n_{1скв}^j + \frac{1}{\eta} \sum_{j=1}^{n_{2зуб}} n_{2скв}^j} \quad (14)$$

Следовательно, вероятность появления крупных частиц по длине l зуба будет

$$P_{зуб}(x_1) = \frac{C^{n_{1зуб}}}{C^{n_{1зуб}} + \frac{1}{\eta} n_{2зуб}} \quad (15)$$

Как видно, вероятность появления крупных частиц (x_1) на контактной поверхности зуба не зависит от появления частиц в скважине.

Вероятность появления крупных частиц (x_1) одновременно и на зубе, и на скважине будет

$$P_1(x_1) = P_{зуб}(x_1) \cdot P_{скв}(x_1) \quad (16)$$

Подставляя значения (14) и (15) в уравнение (16), получим:

$$P_1(x_1) = \frac{C^{n_{1зуб}} \sum_{j=1}^{n_{1зуб}} n_{1скв}^j}{C^{n_{1зуб}} \sum_{j=1}^{n_{1зуб}} n_{1скв}^j + \frac{1}{\eta} n_{2зуб}} \cdot \frac{C^{n_{1зуб}}}{C^{n_{1зуб}} + \frac{1}{\eta} n_{2зуб}} \quad (17)$$

где

$$\sum_{j=1}^{n_{1зуб}} n_{1скв}^j = \frac{2\pi}{x_1} \left\{ \rho_1 n_{1зуб} + \frac{x_1}{2} \left(\sum_{j=1}^{n_{1зуб}} j - 1 \right) \right\},$$

$$\sum_{j=1}^{n_{2зуб}} n_{2скв}^j = \frac{2\pi}{x_2} \left\{ \rho_1 n_{2зуб} + \frac{x_2}{2} \left(2 \sum_{j=1}^{n_{2зуб}} j - 1 \right) \right\}.$$

	$P_r(x_1)$	$P_B(x_1)$	$P_B(x_1)$	$P_A(x_1)$
$d_{мм}$	$5,33 \cdot 10^{-35}$	$2,66 \cdot 10^{-5}$	$7,16 \cdot 10^{-4}$	0,0194
$l_{мм}$			$8,9 \cdot 10^{-23}$	$5,8 \cdot 10^{-13}$

Из уравнения (9) и (17) определяем вероятность появления крупных частиц (x_1) по ширине зуба (d) и по его длине (l). С этой целью рассмотрена вторая шарошка долота типа 269-СТГ (таблица). Порода—гранит сферической формы диаметром частиц: $x_1 = 3,5$ мм; $x_2 = 1$ мм; $d = 3,75$ мм; $l = (15 - 10)$ мм.

Выводы

1. Механизм разрушения (образование лунок и трещин) разрушающего элемента (зуба) в основном зависит от количества частиц, располагающихся на контактной поверхности зуба (рис. 3, а, б).

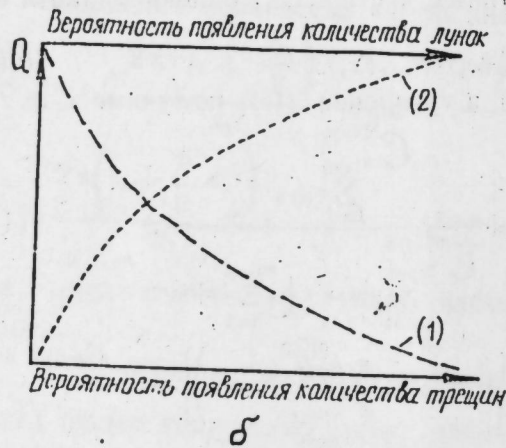
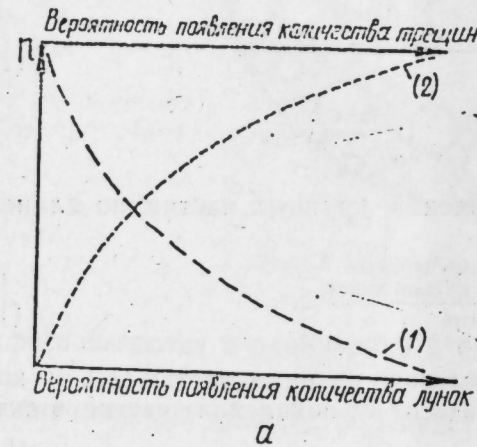


Рис. 3. Графики распределения лунок и трещин:
а — при постоянной величине осевой нагрузки и различном количестве частиц; б — при постоянном количестве частиц и переменной величине осевой нагрузки

2. Неравномерное распределение осевой нагрузки по венцам шарошки одновременно приводит к различной интенсивности износа рабочих элементов долота. При этом имеет место их преждевременный выход из строя.
3. С изменением конструктивных размеров элементов долота изменяется величина вероятности интенсивности износа долота.
4. Появление крупных частиц на контактной поверхности зуба, приближающихся по окружности к центру долота, более вероятно, чем

их появление на этой же поверхности при приближении по радиусу к центру долота (таблица).

Литература

1. Вентцель В. С., Овчаров Л. А. — Прикладные задачи теории вероятностей. — М.: Радио и связь, 1983, с. 416.
2. Гнеденко Б. В., Хинчин А. Я. — Элементарное введение в теорию вероятностей. — М.: Наука, 1982, с. 160.
3. Обесекера Ранжит Кумар. — III Всесоюз. конф. по динамике, прочности и надежности нефтепромыслового оборудования (16—18 ноября). Баку, 1983.

АЭИНЕФТЕХИМ

Поступило 26.XI 1984

Р. А. Бэдэлов, Обесекера Ранжит Кумар

НЕФТ ВЭ ГАЗ ГУУЛАРЫНЫ ГАЗЫМА ЗАМАНЫ ШАРОШКАЛЫ БАЛТАНЫН ДИШЛЭРИНИН ДАГ СҮХУРЛАРЫ ИЛЭ ГАРШЫЛЫГЛЫ ТЭСИРИНЭ ДАИР

Мэгалэдэ шарошкалы балтанын шарошкасынын дишлэринин даг сүхурлары илэ гаршылыглы элагэсиндэн бэс олунур. Дишлэрини жежилмэсинин мүэжэн ганунаујгунлуғу үзрэ еһтимал нэзэријјэсинин тэтбигиндэн дишлэрини даг сүхуру илэ элагэсинин еһтимал олунан тсиклэринин сајы тэјин олунур.

Апарылан тэдгигатлара эсасэн ашағыдакы нэтичэлэрэ кэлирик:

1. Сүхуру дағыдан механизмин (чөкөклик вэ чатлары эмэлэ кэлмэси) дағыдычы элементин (дишлэр) эсасэн дишлэрини көрүшмэ сэтһиндэ һиссэчиклэрини јерлэшмэсиндэн асылдыр.
2. Шарошканын тачы боју охбоју гүввэнин гејри-бэрабэр пайланмасы ејни заманда ишчи органын мүхтэлиф интенсивликлэ жежилмэсинэ, һэмчинини ишчи органын тез сырадан чыхмасына сэбэб олур.
3. Балтанын конструктив өлчүлэринин дәјишдирилмэси илэ балтанын жежилмэсинин интенсивлији еһтималы дәјишир.
4. Балтанын дишлэринини ишчи сэтһинини ири даг сүхурлары илэ контактынын еһтималы данрэ боју чох, радиус боју исэ аздыр.

R. A. Badalov, Obeyesekera Ranjit Kumar

INTERACTION OF THE CUTTER-TOOTH DRILLING BITS WITH ROCK FORMATIONS [DURING THE DRILLING OF THE OIL AND GAS WELLS

In this article the interaction of cutter teeth drilling bits with the rock formations is considered. Applying the methods of theory of probabilities, one can define the expected cycles of cutter-teeth meetings with any formations, under definite conformity with a law of tooth-wear.

The results of the theoretical experiment allow us to draw the following conclusions:

1. destruction mechanism (formation of rings and cracks) of a cutter-tooth basically depends on the quantity of the rock particles, which are contacted by the surface or cutter-tooth;
2. uneven distribution of axial load on rolling cutter-teeth row simultaneously brings to the various intensive wear of cutter-teeth bits. Under this condition, prematurely way out of the cutter-tooth construction takes place;
3. with the changes of the cutter-tooth bits measurements structure, the probability of the cutter bit's intensive wear changes;
4. probability of appearing the large rock particles which are contacted by the surface of cutter tooth, closing by circles to the centre of the bit, is more probable than having the same particles closing by radius to the centre.

УДК 550.8.072(262.81)

ГЕОЛОГИЯ

Н. С. ДЖАФАРОВ, Г. И. АСКЕРОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ВОСТОЧНОГО БОРТА ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ В ВЕК ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР М. Т. Абасовым.)

Изучение сложных геологических систем и анализ геологических процессов требуют организации исследований, которые носили бы нетрадиционный характер. Такие исследования требуют объединения, унификации и согласования информации, получаемой в результате различных конкретных геолого-геофизических исследований.

Успешное развитие подобных системных исследований стало возможным благодаря использованию математических методов и вычислительной техники. В результате этих исследований должно возникнуть качественно новое знание.

Одним из важных системных геологических исследований является анализ бассейнов (резервуаров). При этом для реализации сложной математической модели, которая вбирает в себя различные геологические понятия и переменные, используется алгоритмический способ решения. Естественно, что в каждой геологической ситуации модель должна подбираться и конструироваться индивидуально.

Модель осадконакопления, предложенная Шлоссом, представляет собой математическую модель, которая предназначена главным образом для описания процесса накопления кластического материала в зоне континентального шельфа. Она позволяет количественно изучать влияние различных геологических факторов на процесс осадконакопления. Модель основана на следующем принципе.

Предполагается, что осадочный материал доставляется к морю реками, пересекающими прибрежную равнину. Любая частица, попавшая в море, транспортируется до тех пор, пока не достигнет состояния покоя и не станет одной из составляющих общей осадочной последовательности. В результате совместного действия многих факторов (кинетической энергии волн и течений, размера частиц, их окатанности, наклона дна и др.) устанавливается поверхность равновесия или основной уровень, выше которого частица данной фракции не может находиться в состоянии покоя и ниже которого возможно осадконакопление. Геометрическая форма S сечения накопленных осадочных пород является функцией количества привнесенного материала Q , скорости опускания дна бассейна R , скорости рассеяния материала D и природных свойств материала M , т. е. $S=f(Q, R, D, M)$ [4].

В модели Шлосса учитываются следующие факторы:

1. количество привносимого материала, который может содержать от одной до пяти фракций;
2. количество периодов седиментации (т. е. время в данной модели представлено последовательностью дискретных шагов);
3. исходная характеристика формы бассейна осадконакопления, выраженная глубиной воды;
4. положение основного уровня, определенное относительно уровня моря для каждого гранулометрического класса частиц осадка;
5. тектоническое воздействие (опускание дна бассейна) во времени и в пространстве;
6. скорость рассеяния материала, выраженная частью привносимого осадочного материала, отлагаемого по мере его продвижения по дну бассейна.

Для выяснения условий накопления отложений бассейна необходимо изучение совокупности характерных особенностей этих отложений и выявление влияния на них факторов седиментации. В числе последних: характер среды отложения, глубины отложения обломочного материала, палеорельеф области отложения, направление и скорость движения водной массы, гидродинамические, геохимические и биохимические условия среды, местоположение области сноса и состав слагающих отложений, климатические особенности времени образования осадков, тектонический режим области сноса и отложений.

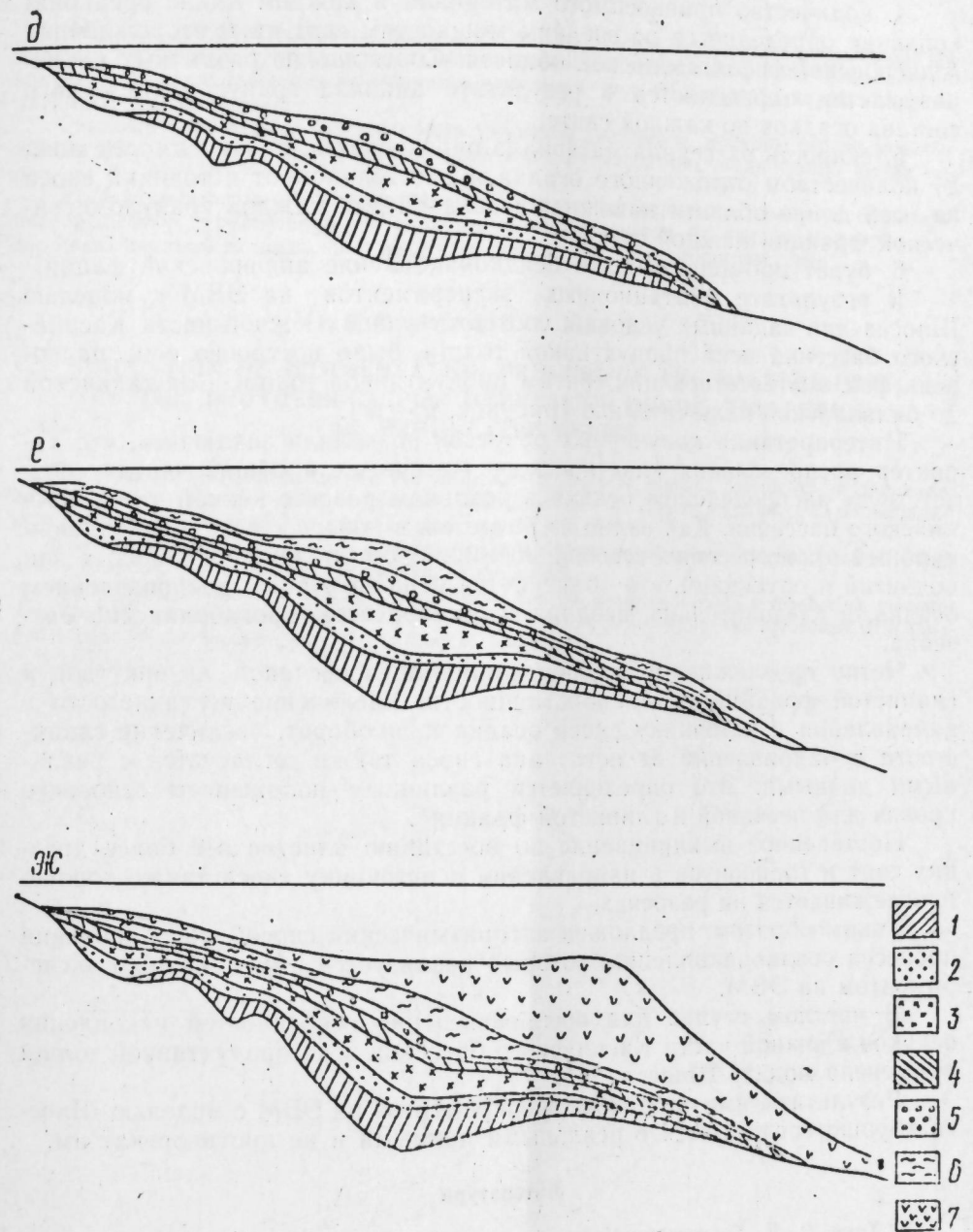
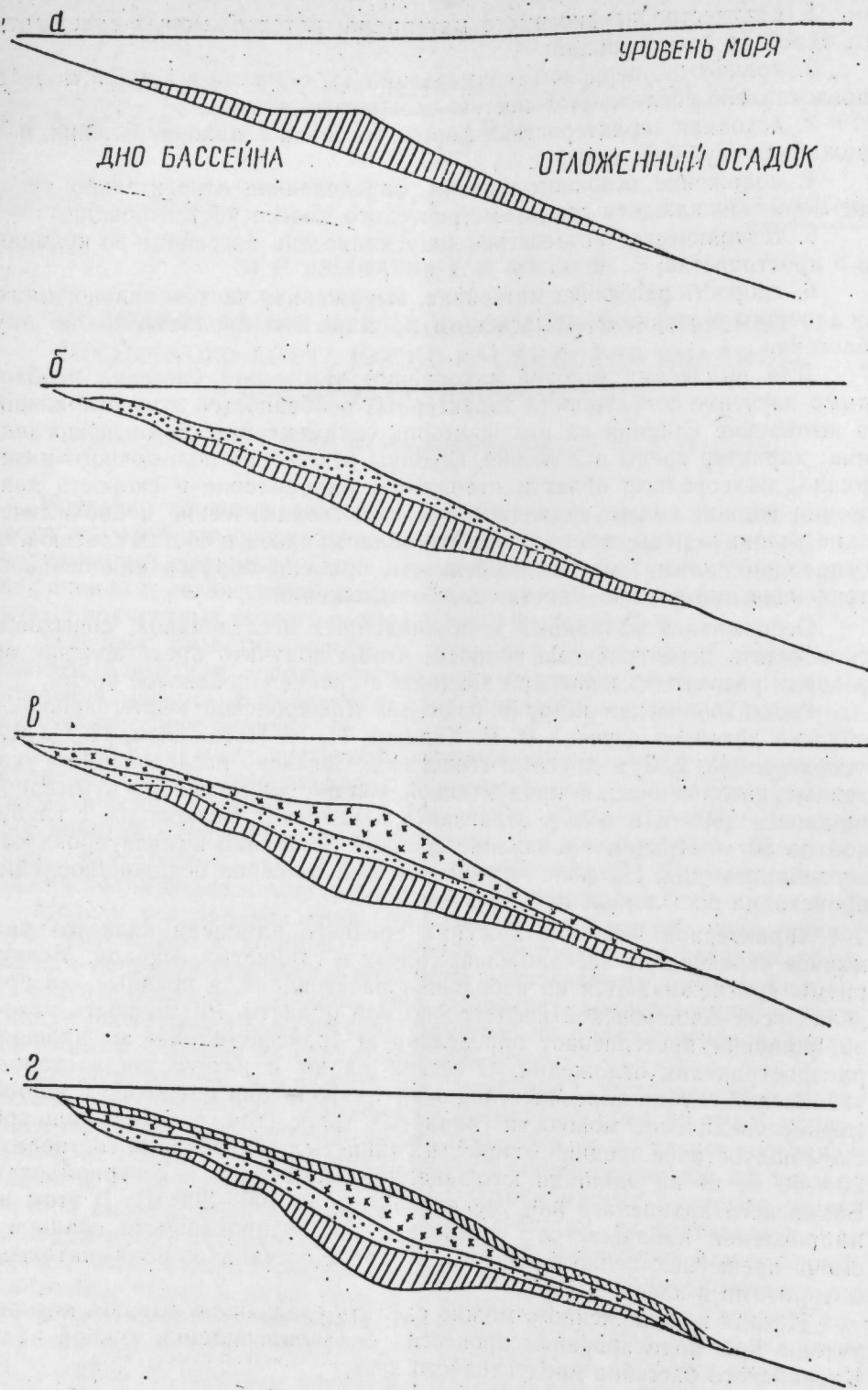
Основываясь на данных многочисленных исследований, попытаемся осветить перечисленные вопросы, чтобы получить представление об истории развития Каспийской впадины в среднеплиоценовое время.

Геотектоническая история развития Апшеронской нефтегазоносной области детально изучена В. Е. Хайным, И. И. Потаповым, И. С. Муштафаевым [1, 2, 3] и другими геологами. Согласно исследованиям указанных авторов осадки продуктивной толщи, достигшие суммарной мощности 3500 м и более, отлагались в условиях мелководья с глубиной до 50 м. Причем накопление осадков постоянно компенсировалось прогибанием дна. На фоне погружения дна бассейна осадконакопления происходил рост локальных структур.

Характерной чертой отложений среднего плиоцена является ритмичное чередование песчано-алевритовых и глинистых осадков. Мелкие ритмы прослеживаются на небольших расстояниях, а крупные — в пределах всей Апшеронской нефтегазоносной области. Ритмичность разреза плиоцена претерпевает определенную трансформацию по площади распространения отложений. С севера на юг и юго-восток в сторону увеличения глубин палеобассейна осадконакопления происходит закономерное увеличение мощности глинистых толщ (так, если на Апшеронском полуострове средние мощности глинистых образований составляют 20—60 м, то на площади юго-западного Апшерона и северной части Бакинского архипелага они увеличиваются до 100—300 м). В этом же направлении наблюдается увеличение отсортированности осадков и смена преимущественно кварцевых песков и песчаников полимиктовыми алевритами и алеврититами.

Исходя из изложенного можно сделать следующие выводы, которые учтены при моделировании процесса осадконакопления южной части Каспийского бассейна продуктивного века:

1. количество циклов седиментации равно 7, т. е. числу выбранных для моделирования свит;



Последовательность разрезов, полученная путем моделирования процесса осадконакопления восточного борта Южно-Каспийского бассейна:
 1 — калинская свита; 2 — подкирмакинская свита; 3 — кирмакинская свита; 4 — надкирмакинская песчаная свита; 5 — надкирмакинская глинистая свита; 6 — свита «перерыва»; 7 — балаханская свита

2. характер палеорельефа дна бассейна — пологий наклон с максимальной глубиной 50 м;

3. опускание дна бассейна — коэффициент прогибания близок к 1 (осадконакопление компенсируется прогибанием);

4. количество привносимого материала в каждом цикле осадконакопления определяется по средним мощностям свит на месторождениях Апшеронской нефтегазоносной области. Соотношение различных размеров частиц определяется в результате анализа гранулометрического состава осадков по каждой свите;

5. скорость рассеяния материала определяется по зависимости между количеством отложенного осадка и расстоянием от источника сноса по всей длине области накопления осадков для каждой гранулометрической фракции каждой свиты;

6. будет промоделировано осадконакопление апшеронской фации.

В результате имитационных экспериментов на ЭВМ с моделью Шлосса для заданных условий, соответствующих южной части Каспийского бассейна века продуктивной толщи, было построено семь палеорельефов, соответствующих свитам продуктивной толщи — от калинской до балаханской включительно (рисунок, а — ж).

Интерпретация полученных разрезов позволила заключить, что характер распределения кластического материала в общих чертах соответствует распределению осадка в реальном разрезе южной части Каспийского бассейна. Как видно из разрезов, в процессе осадконакопления и общей трансгрессии бассейна возможно образование локальных зон поднятий и опусканий, что объясняется неравномерным распределением осадка, а следовательно, неодинаковой скоростью прогибания дна бассейна.

Четко прослеживается чередование слоев песчаной, алэвритовой и глинистой фракций различной мощности. Увеличение песчаности в направлении к источнику сноса осадка и, наоборот, увеличение глинистости в направлении от источника сноса также согласуется с реальными данными. Это определяется различным положением основного уровня для песчаной и глинистой фракций.

Постепенное выклинивание по восстановлению пластов все более древних свит и горизонтов в направлении к источнику сноса также хорошо прослеживается на разрезах.

Таким образом, предложен алгоритмический способ моделирования процесса осадконакопления, который реализуется имитационным экспериментом на ЭВМ.

В частном случае для воспроизведения особенностей накопления осадков в южной части Каспийского бассейна века продуктивной толщи применена модель Шлосса.

Результаты имитационных экспериментов на ЭВМ с моделью Шлосса хорошо согласуются с реальными данными и не противоречат им.

Литература

1. Хаин В. Е. Геотектоническое развитие Юго-Восточного Кавказа. — М.: Гостоптехиздат, 1950.
 2. Потапов И. И. Апшеронская нефтеносная область (геологическая характеристика). — Баку: Изд-во АН АзССР, 1954.
 3. Мустафаев И. С. Литофацины и палеогеография среднеплиоценовых нефтегазоносных отложений Каспийской впадины. — Баку: Азернешр, 1963.
 4. Харбух Дж., Бонем-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. — М.: Мир, 1974.
- Институт проблем глубинных нефтегазовых месторождений АН АзССР

И. С. Чэфаров, Г. И. Эскеров

ЧЭНУБИ ХЭЗЭР ЧӨКЭКЛИНИНИ ШЭРГ КЭНАРЫНЫ МЭҺСУЛДАР ГАТ ДӨВРҮНДЭ ЧӨКҮНТҮ ТОПЛАМА ПРОСЕСИНИ МОДЕЛЛЭШДИРИЛМЭСИ

Мәгаләдә тектоник режимин, һөвзә дибн палеорелјефин, һиссәчикләрин өлчүләри вә онларын һисбәтинин, кластик материалларын сәпәләймә сүр'әтинин вә башга амилләрин чөкүнтү топланма просесинә тә'сиринин өҗрәнилмәси үчүн Шлосс моделиндән истифадә олунамасы тәклиф едиләр.

Әввәлләр апарылмыш тәдигатларын үмүмләшдирилмәси, моделли рижәзи јазылышында нәзәрә алынган бүтүн параметрләрин миғдарин һисбәтинин тә'јин етмәјә имкан верир.

ЕһМ-дә имитасија экспериментләринин нәтиҗәсиндә верилмиш һал үчүн бир сыра палеорелјефлар гурулмушдур ки, онларын интерпретасијасы бу палеорелјефләрин Хәзәр һөвзәсинин чәнуб һиссәсинин реал кәсиплишинә ујғун кәлдијини көстәрир.

I. S. Djafarov, G. I. Askerov

SIMULATION OF SEDIMENTATION PROCESS OF THE EASTERN PART OF THE SOUTHERN-CASPIAN DEPRESSION DURING THE PERIOD OF PRODUCTIVE SERIES

In order to study quantitatively the influence of tectonic regime, paleorelief of the basin bottom, particles size and their correlations, dispersion rate of cluster material, etc. on sedimentation process it is suggested to use the Schloss model.

Generalization of the previous investigations allowed to state quantitative ratios for all parameters considered in a systematic description of the model.

As a result of imitative computer experiments for the given conditions a number of paleoreliefs are built, interpretation of which allowed to draw a conclusion about the agreement with their real section of the Southern part of the Caspian basin.

В. Д. ГАДЖИЕВ

О ВЕЛИЧИНЕ ДЕНУДАЦИОННОГО СРЕЗА ТАЛЫША

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР Ш. Ф. Мехтиевым)

По характеру проявления и интенсивности современных денудационных процессов Талыш имеет свои специфические особенности и резко отличается от других регионов Кавказа. Изучение и количественная оценка денудационных процессов имеют важное значение при восстановлении палеогеоморфологической обстановки территории и оценке величины новейших тектонических движений.

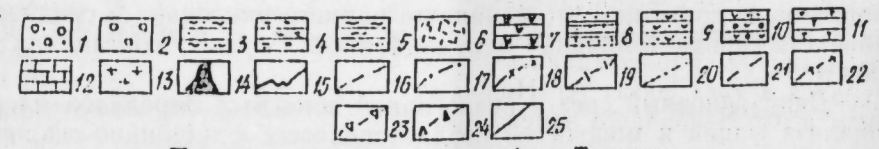
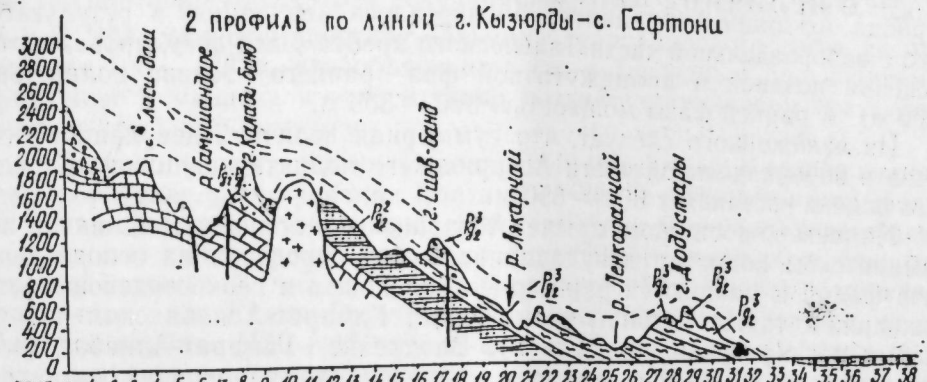
В связи с различием физико-географических условий, истории геологического и геоморфологического развития и возраста рельефа на каждой конкретной территории интенсивность денудационных процессов имеет свои особенности. Но во всех случаях интенсивность денудации находилась в прямой зависимости от знака и темпа тектонических движений. При определении величины денудационного среза нами были применены методы анализа фаций и мощностей отложений и глубины становления интрузивных и субвулканических тел.

В данном случае полученные результаты исследований глубины формирования Гамарат-Алибадского интрузивного комплекса и Кюракчи-Пештасарских субвулканических тел, а также результаты структурно-фациальных особенностей вулканических и осадочных отложений региона с учетом палеовулканических и палеотектонических условий их развития послужили основанием определения величины денудационного среза Талыша.

Начиная с конца раннего эоцена Астаринское поднятие и в конце позднего эоцена водораздельная часть Талышского хребта испытывали значительное воздымание и превратились в области сноса. Процессы поднятия сопровождался интенсивным вулканизмом, который проявлялся в трех фазах [1]. Наибольшее поднятие и интенсивный вулканизм в начале раннего эоцена (ранняя фаза) испытывало Астаринское поднятие, а наибольшему относительному прогибанию и интенсивному вулканизму в середине раннего эоцена (промежуточная и поздняя фазы) подвергался Космалянский вулканотектонический прогиб.

Для определения величины денудационного среза нами составлены геологические профили по линии г. Шанданкаласи — с. Пенсар (рисунок, профиль 1) и г. Кызюрды — с. Гафтони (рисунок, профиль 2).

Анализ снятых разрезов по составленным профилям показывает, что суммарная мощность нижнеэоценовых вулканических толщ, судя по палеовулканическим, палеотектоническим и палеогеографическим картам, составляла в Астаринском поднятии 760 — 1000 м, в Космалянском вулканотектоническом прогибе — 800 м. На современном эрозион-



Поперечные геологические профили Талыша:
 1 — современные отложения — галечники, гравий, пески; 2 — древнекаспийские отложения — галечники, суглинки, супеси; 3 — средневерхнемиоценовые отложения — глины, песчаники, конгломераты, алевриты, туфогравелиты; 4 — олигоцен-раннемиоценовые алевриты, глины, песчаники, мергели; 5 — верхнеэоценовые туфопесчаники, алевриты, аргиллиты; 6 — верхнеэоценовые витербазальты, трахитоидные витербиты; 7 — верхнеэоценовые порфиновые трахиандезитобазальты, известковые мергели; 8 — среднеэоценовые вулканические конгломераты, трахиандезитобазальты, автокластитовые лавы; 9 — нижнеэоценовые вулканические туфы и брекчии, лавобрекчии, андезитобазальты, вулканические конгломераты; 10 — нижнеэоценовые пепловые туфы, лейцит-сандитовые туфы, трахиандезиты, базальные конгломераты; 11 — верхнемел-палеоэоцено-

вые туфоалевролиты, туфопесчаники, туфоконгломераты; 13 — щелочные ультраосновные интрузивы; 14 — жерла раннеэоценовых вулканов; 15 — поверхность современного рельефа; 16 — восстановленная поверхность рельефа; 17 — положение кровли осадочно-туфогенных толщ верхнемел-палеоэоцена; 18 — то же различных вулканогенных нижнесреднеэоценовых толщ; 19 — то же вулканогенных среднеэоценовых толщ; 20 — то же осадочно-туфогенных верхнеэоценовых толщ; 21 — то же вулканогенных верхнеэоценовых толщ; 22 — то же интрузивных тел; 23 — то же туфогенно-осадочных верхнеэоценовых толщ; 24 — то же вулканических центров, 25 — разломы и разрывы

ном срезе в водораздельной части Астаринского поднятия в районе гор Шанданкаласи и Калапута обнажается денудированная поверхность пород вулканических толщ только ранней фазы раннего эоцена.

Начиная с конца раннего эоцена и вплоть до конца четвертичного периода Астаринское поднятие подвергалось денудации, в результате чего с водораздельной части Талышского хребта были денудированы отложения поздней и промежуточной фаз раннего эоцена полностью (300 м) и ранней фазы мощностью 300 — 350 м.

Из изложенного следует, что суммарная величина денудационного среза в водораздельной части Астаринского поднятия начиная со среднего эоцена составляет 600 — 650 м.

На северо-восточном крыле Астаринского поднятия, а также на Гамаратском поднятии денудационный срез определен на основе анализа фаций и мощностей раннесреднеэоценовых и верхнеэоценовых отложений, а также глубины становления Гамарат-Алибадских интрузивных тел (рисунок, профиль 2). Внедрение Гамарат-Алибадского интрузивного комплекса отвечает инверсионному периоду развития Талыша (поздний эоцен — ранний олигоцен).

Анализ палеовулканических и палеогеографических карт показывает, что до образования интрузивных комплексов суммарная мощность вулканической толщи среднего и позднего эоцена составляла 550 м.

Как видно из составленного профиля, современная денудационная поверхность Гамаратского интрузива расположена на абсолютной высоте 1700 м. Интрузив срезает флишондно-осадочно-туфогенную толщу верхнего эоцена и внедрен до нижней части туфогенно-осадочной толщи верхнего эоцена.

Так как после формирования интрузива, начиная с конца эоцена, среднегорная зона испытывала поднятие и денудацию, из указанной вулканической толщи были размыты 350 — 380 м, в результате чего поверхность интрузива оказалась обнаженной. На основании сказанного можно допустить, что начиная с раннего олигоцена в среднегорной зоне суммарная величина денудационного среза составляла 350 — 380 м.

Денудационный срез в низкогорной зоне был определен на основе анализа фаций и мощностей среднеэоценовых флишондно-осадочно-туфогенных, туфогенно-осадочных и вулканогенных отложений. Анализ палеогеологических, палеовулканических и палеогеографических карт показывает, что суммарная мощность указанных образований в зоне Лерикского синклинория была равна 1600 — 1750 м.

Как видно из снятого профиля по линии г. Кызыурды — с. Гафтони (рисунок, профиль 2), на бортах Лерикского синклинория в пределах низкогорья на современном срезе сохранились маломощные фрагменты вулканогенных отложений верхнего эоцена, которые заметны на туфогенно-осадочных отложениях того же возраста. На значительной части территории они денудированы и под ними обнажается денудационная

поверхность туфогенно-осадочных отложений верхнего эоцена, что позволяет определить величину денудационного среза (с конца позднего эоцена в низкогорной зоне), не превышающую 80 — 120 м.

Для определения величины денудационного среза Пештасарского хребта, Ярдымлинской синклинорной котловины и Буроварского поднятия нами был составлен геологический профиль по линии г. Кюмюркей — с. Агдаш (рисунок, профиль 3). На основании этого профиля и сравнения первичных и сохранившихся мощностей среднеэоценовых вулканогенных, позднеэоценовых осадочно-туфогенных, вулканогенных и туфогенно-осадочных отложений можно допустить, что на водораздельной части Кюмюркейского поднятия, водораздельной и северо-западной части Пештасарского хребта денудационный срез составлял 600 — 650 м.

В Ярдымлинском прогибе величина денудационного среза не превышает 100 — 120 м, что объясняется его интенсивным прогибанием в олигоцене и миоцене и относительно поздним вступлением его в фазу континентального развития.

Денудационный срез на Буроварском низкогорном хребте определен по глубине формирования Елагач-Огрубулагского интрузива, фаций и мощностей среднеэоценовых туфогенно-осадочных, олигоцен-раннемиоценовых глинисто-песчаных и среднепозднемиоценовых песчано-глинистых отложений. Анализ фаций и мощностей указанных отложений показывает, что Елагач-Огрубулагский интрузив формировался на небольшой глубине (120 — 150 м), на основании чего и определяется величина денудационного среза не более 100 — 120 м.

Таким образом, величина денудационного среза горного Талыша по выбранным морфоструктурам (за новейший тектонический этап) в зависимости от высотных поясов и интенсивности новейших поднятий и денудации колеблется в пределах от 80 до 650 м.

Однако следует отметить, что в связи с различиями в истории геологического и геоморфологического развития всего горного Талыша денудационные процессы в новейшем этапе характеризовались различной величиной и интенсивностью. Поэтому полученные результаты о величине денудационного среза не рекомендуется экстраполировать по всей территории горного Талыша.

Литература

Азизбеков Ш. А., Багиров А. Э., Велиев М. М., Исмаил-заде А. Д., Нижерадзе Н. Ш., Емельянова Е. Н., Мамедов М. Н. Геология и вулканизм Талыша. — Баку: Элм, 1979.

Институт географии АН АзССР

Поступило 1. X 1984

В. Д. Начышев

ТАЛЫШЫН ДЕНУДАСИОН КЭСИМИ ҲАГГЫНДА

Мағаләдә денудасион кәсим ғразидә инкишаф етмиш вулканокен-чөкмә вә чөкмә сүхурларын структур фаснал хусусијјәтләрини тәһлил интрузив вә субвулканик күтләләрин формалашдығы дәриликләрин мөјјәләшдирilmәси методу илә јанашы, онлары инкишаф етдији палеотектоник, палеовулканик вә палеогеографи шәрантин бәрпа едилмәси илә тәјин едилмишдир.

Астара галхмасынын вэ Пештэсэр монаклинал силсилэсинин суаҗрычында денудацион кэсинин гиймэти 600—650 м, орта даглыг зонаја ујгун кэлэн Гамарат вэ Астара галхмасынын шимал-шэрг ганадында 350—380 м, алчаг даглыг зонаја ујгун кэлэн Јардымлы чөкөклијиндэ вэ Буровар антиклинор силсилэсиндэ исэ 100—120 м мүэјјэн едилмишдир.

V. D. Gadjiyev

ON DENUDATIONAL SHEET GRADIENT OF TALYSH

The denudational sheet is determined according to depth of forming of intrusive and sub-volcanic bodies as well as to the analyses of structural-facial peculiarities of volcanogenic-sedimentary and sedimentary deposits of the region with taking into account the paleovolcanic and paleotectonic conditions of their development.

Our data show that the summary gradient of denudational sheet in watershed parts of Astara elevation and Peshtasar range, beginning from Mid-Eocene to Quaternarian period, is 600—650, in midland zone (at Gamarat and north-eastern limb of Astara elevation) — 350—380 and in lowland zone (at Yarymly depression and Burovar lowland range) — 100—200 m.

УДК 633.86:582.632

ПРИКЛАДНАЯ БОТАНИКА

М. А. КАСУМОВ, В. Р. МУСАЕВ, Р. А. ИСМАЙЛОВ

ОЛЬХА СЕРАЯ — ПЕРСПЕКТИВНОЕ КРАСИЛЬНОЕ РАСТЕНИЕ

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР В. И. Ульянищевым)

Род ольха *Alnus* Mill. сем. *Betulaceae* насчитывает около 40 видов [1, 2], произрастающих в Европе, Северной и Восточной Азии, Северной Африке. По последним данным [4], в СССР произрастает 9 видов ольхи, из них в Азербайджане — 3 вида: *A. subcordata* С. А. Мей, *A. incana* (L.) Moench., *A. ba'ba'a* С. А. Мей [5].

Некоторые виды ольхи издавна применяются в народной медицине [6, 7, 8, 9]. Кору и ольховые шишки ранее использовали для дубления кож [3, 10, 11]. Из ее коры также готовили краситель, который в зависимости от протравы окрашивал кожу в черный, красный или желтый цвета [3, 11]. На Кавказе настоем ольховой коры красили сукно и шелк [3].

В последнее время в связи с возрастанием потребности использования натуральных красителей в пищевой и текстильной промышленности мы поставили задачу изучить красильные свойства ольхи серой.

Ольха серая — *Alnus incana* (L.) Moench. — дерево 5—15 (20) м высоты. В Азербайджанской ССР она встречается в Кубинском горном массиве, в горах среднего горного пояса, по берегам и долинам горных рек и ручьев [5].

Полученные новые коричневые красящие вещества из коры *O.* серой были испытаны для подкраски сливочного крема.

При добавлении красителя от 0,013 % до 0,032 % паста хорошо смешивается с кремом и дает чисто коричневый цвет. В окрашенном креме отсутствует посторонний запах. Расход красителя на тонну кремовых изделий составляет 1—1,5 кг. При хранении крема в течение 10 дней при температуре 6°C окраска не меняется. Дегустационной комиссией фабрики было отмечено, что указанный краситель по своим качествам превосходит имеющийся до настоящего времени стандарт, применяемый в пищевой промышленности. Бакинской бисквитной фабрикой была сделана заявка на изготовление определенного количества указанной пасты и предложено разработать технические условия (акт № 06—2/XI1980).

Кроме того, учитывая содержание в коре красящих веществ — фенольной группы, было решено использовать ее для окрашивания шерстяной пряжи. Окраска шерстяной пряжи в водном экстракте, полученном из коры *O.* серой с применением различных протрав, дала разнообразную гамму цветов (см. таблицу).

Из 100 г коры *O.* серой, растворенной в нейтральной воде можно получить 9—10 л красильного экстракта, которым можно окрасить 1 кг

Таблица
Окрашивание шерстяной пряжи в водном экстракте из коры ольхи серой с применением различных протрав

Протрава	Кол-во миката, %	Крашение		
		одновременно с солими металлов	перед протравой	после протравы
1	2	3	4	5
Нейтральная ванна (контроль)	H ₂ O	рыжеватый	рыжеватый	рыжеватый
Алюмокальциевые квасцы	8,0	желтовато-грязный	желтовато-грязный	желтовато-грязный
Железный купорос	8,0	серый	серый	серый
Красная кровяная соль	8,0	оливковый	оливковый	оливковый
Медный купорос	7,0	зеленоватый	зеленоватый	зеленоватый
Медь уксуснокислая	7,0	зеленовато-табачный	зеленовато-табачный	зеленовато-табачный
Хромпик	0,2	охристый	охристый	охристый
Кобальт уксуснокислый	6,0	хаки	хаки	хаки
Кадмий уксуснокислый	6,0	табачный	табачный	табачный
Никель хлористый	6,0	оливковый	оливковый	оливковый
Свинец уксуснокислый	5,0	табачный	табачный	табачный
Олово двухлористое	0,2	коричневый	коричневый	коричневый
Щавелевая кислота + олово двухлористое	2,0 + 0,2	желтый	желтый	желтый
кислотная ванна		оранжевый	оранжевый	оранжевый
Муравьиная кислота	2,5	беж	беж	беж
Алюмокальциевые квасцы	7,0	желтовато-беж	желтовато-беж	желтовато-беж
Железный купорос	7,0	оливковый	оливковый	оливковый
Красная кровяная соль	7,0	зеленоватый	зеленоватый	зеленоватый
Желтая кровяная соль	7,0	ржавый	ржавый	ржавый
Медный купорос	7,0	зеленый	зеленый	зеленый
Хромпик	0,2	бежевый	бежевый	бежевый
Калий марганцовокислый	0,2	беж	беж	беж
Кобальт хлористый	6,0	охристый	охристый	охристый
Кобальт уксуснокислый	6,0	табачный	табачный	табачный
Кадмий уксуснокислый	5,0	оливковый	оливковый	оливковый
Никель хлористый	6,0	оливково-табачный	оливково-табачный	оливково-табачный

Продолжение таблицы

1	2	Крашение		
		3	4	5
Свинец уксуснокислый	6,0	табачный	табачный	табачный
Барий хлористый	5,0	коричневатый	коричневатый	коричневатый
Олово двухлористое + щавелевая кислота	0,2 + 2,0	оранжевый	оранжевый	оранжевый
щелочная ванна				
Едкий натр	2,5	охристый	охристый	охристый
Алюмокальциевые квасцы	7,0	желтоватый	желтоватый	желтоватый
Железный купорос	7,0	серый	серый	серый
Красная кровяная соль	7,0	оливково-серый	оливково-серый	оливково-серый
Желтая кровяная соль	7,0	оливково-табачный	оливково-табачный	оливково-табачный
Медный купорос	7,0	зеленоватый	зеленоватый	зеленоватый
Медь уксуснокислая	6,0	то же	то же	то же
Хромпик	0,1	охристый	охристый	охристый
Калий марганцовокислый	0,2	бежевый	бежевый	бежевый
Кобальт уксуснокислый	6,0	ореховый	ореховый	ореховый
Кадмий уксуснокислый	6,0	светло-охристый	светло-охристый	светло-охристый
Никель хлористый	6,0	оливковый	оливковый	оливковый
Свинец уксуснокислый	5,0	бежеватый	бежеватый	бежеватый
Олово двухлористое	0,1	оливковый	оливковый	оливковый
Щавелевая кислота + олово двухлористое	2,0 + 0,1	оливково-табачный	оливково-табачный	оливково-табачный

шерсти. При окрашивании шерсть не поглощает из экстракта весь краситель. Так, первая и седьмая партии шерстяного волокна, окрашенные в одном и том же экстракте, по интенсивности тона мало отличаются друг от друга. Мы провели ряд опытов по окрашиванию шерсти указанным экстрактом О. серой с целью испытания устойчивости окраски к воздействию щелочей, кислот, а также солнечного света. Оказалось, что окрашенная шерсть характеризуется большой прочностью, при обработке ее кислотой и мыльным раствором цвет почти не изменяется.

Таким образом, наши исследования показали, что О. серая является ценным красителем для окрашивания не только пищевых продуктов, но и шерсти, что дает возможность рекомендовать ее также и для коврового производства.

Литература

1. Губанов И. А., Крылова И. Л., Тихонова З. Л. Дикорастущие полезные растения СССР. — М., 1976.
2. Корчагина И. А. Сем. Betulaceae. — В кн.: Жизнь растений. — М.: Просвещение, 1980, т. 5, ч. 1 — 3.
3. Комаров В. Л. Род Ольха — *Alnus Gaerth.* — В кн.: Флора СССР. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, т. 5, 1936.
4. Черепанов С. К. Сосудистые растения СССР. — Л.: Наука, 1981.
5. Прилипко Л. И. Род Ольха — *Alnus Gaerth.* — Флора Азербайджана, т. III, Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1952.
6. Российский Д. М. О терапевтическом применении препаратов из ольхи. — Фармация, № 5, 1942.
7. Носаль М. А., Носаль И. М. Лекарственные растения и способы их применения в народе. — Киев: Госмедиздат, 1959.
8. Попов О. П. Лекарственные растения в народной медицине. — Киев: Здоровье, 1965.
9. Гурова А. Д. Лекарственные растения СССР и их применение. — М.: Медицина, 1974.
10. Овчинников В. Н., Знаменская Л. А. Дубильные растения СССР. — В кн.: Растительное сырье СССР. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950, т. 1.
11. Верещагин В. И., Соболевская К. А., Якубова А. И. Полезные растения Западной Сибири. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959.

Нахичеванская зональная опытная станция

Поступило 17. III 1986

М. Э. Гасымов, В. Р. Мусаев, Р. А. Исмаилов

БОЗ ГЫЗЫЛАҒАЧ ЭҢӘМИЛҖӘТЛИ БОЈАҒ БИТҚИСИДИР

Мәгаләдә боз гызылағач ғабығының тохучулуг вә јејинти сәнајесиндә бојағ хам-малы кими истифадә олунмасындан бәһс едилләр.

M. A. Kasumov, V. R. Musayev, R. A. Ismailov

GREY ALDER—A PERSPECTIVE DYE PLANT

The article presents data of studying a bark of grey alder as a dye raw material for usage in textile and food industry.

А. Ш. МУСАЈЕВА

СЕЈИД ЈӘҢЈА ШИРВАНИ «КҮЛЛИЈАТ»ЫНЫН ӘЛЈАЗМАЛАРЫ

(АзәрбајҶан ССР ЕА академики М. З. Чәфәров тәғдим етмишидир)

Сејид Јәһја Ширвани XV јүзиллијин шәхсијјәт вә јарадычылығы илә танынмыш алиמידир. Шә'рләрин «Сејид» тәхәллүсү илә јазмышдыр. Доғулдуғу тарих мәлум дејил, һичри 868-м. 1463/64-чү илдә вәфат етмишидир [14, 401—405; 15, 400], гәбри Бақыдадыр, Гыз галасы јанында Ширваншаһлар комплекси ичәрисиндә «XV әср суфи дәрвишинин мазары», «Сејид Јәһја Бакувинин түрбәси» [11; 3, 53] ады илә тарихи абидә кими горунар. Мәһәммәдәли Тәрбијәт һаггында мәлумат верәркән бүтөвлүкдә адынын Сејид Јәһја ибн Сејид Бәһәддин олдуғуну, Шамахыда доғулдуғуну јазыр [15, 400]. Тәрчүмеји-һалы илә бағлы ашағыдакылары да әләвә едир: «Атасы Бәһәддин сәрвәтли бир шәхс олмушдур... Сејид Јәһја Шейх Сәдрәддинин мүриди олмуш, онун өлүмүндән сонра Шамахыдан Бақыја көчәрәк орада јашамышдыр». «Дәр бәјани-силсилә-намәји-мәшәһки-әһли-тәригәт» адлы мәнзүм шәчәрәдә бу барәдә мәлумат вардыр [13, 138а]. Онун Бақыда мәсчиди, мәдрәсәси, сом'әси олмушдур [14; 15; 11] Мәһәммәд Нишанчызадә Сејид Јәһјанын «...әчәмдә он мин нәфәр мигдари мүриди вә әһбабы олдуғуну» билдирир [12, 79].

Сејид Јәһја Дәдә Әмәр Рөвшәни, Јусиф Зијәддин Ширвани, Әбдүлмәчид Ширвани, Кәмаләддин Ширвани [6, 182—185], Шейх Ибраһим Күлшәни тәк танынмыш шәхсијјәтләрини мүәллими, шаир-философ кими мәшһурдур. Онун кениш вә зәнкин елми-фәлсәфи јарадычылығы вардыр. Акад. Н. Араслы XV әср АзәрбајҶанынын әдәби-елми мүнһитиндән данышаркән бу һагда јазыр: «Әсрарүл-талибин», «Шифаһүл-әсрар», «Әсрарүл-вәһј» вә «Шәрһи-Күлшәни-раз» кими мүнһүм фәлсәфи әсәрләр јаратмыш Сејид Јәһја Ширвани вә онун истә'дадлы тәләбәси «Адабүл-иршад» вә «Силсиләтүл-әрваһ» адлы әсәрләр мүәллифи Јусиф Зијәддин Ширвани [—1485] ...вә башгалары јашамагда идиләр [1, 295—296]. Мәһәммәд Таһир Бурсалы «Османлы мүәллифләриндә Сејид Јәһјадан данышаркән «Муғнисәдә Мурадијјә китабханасында јазма бир мәчмүәдә «Кәш-фүл-гүлуб», «Мәратиби-әсрарүл-гүлуб», «Әсрарүл-вүзу», «Рүмузүл-шарат», «Мәназилүл-арифин», «Шәрһи-әсмаји-сәмәнијјә», «Әтварүл-гүлуб», «Елми-ләдун» вә с. әсәрләринин топландығыны [4, 195], Јусиф Вәзир Чәмәнзәминли «АзәрбајҶан әдәбијјатына бир нәзәр» әсәриндә «Әсрарүл-талибин» әсәринин 24 фәсилдән ибарәт олдуғуну [16, 82] јазырлар.

Сејид Јәһја илә әлагәдар Әһмәд әфәнди Ташкөпрүлү [14, 401—405], Садиг Виңдани [5, 26], Әһмәд Һилви [16], Тәһсин Јазычы [8, 87] вә башга түрк мүәллифләри илә јанашы бир сыра тәдгигатчылар дәјәрли фикирләр сөјләмишләрсә дә, марағлы дөврдә—XV әсрдә јашамыш алимини һәјәт вә јарадычылығы индијәдәк вәтәни АзәрбајҶанда хусуси тәдгигат объекти олмамышдыр, әсәрләри исә әлјазмаларда чап едилмәдән галыр. Һалбуки онларын топланыб нәшр едилмәси, елми-тәнгиди мәтнләринин һазырланмасы АзәрбајҶан әдәбијјатынын, хусусилә фәлсәфи фикир та-

рихинин инкишаф јолунун даһа долғуй шәкилдә ишығландырылмасы үчүн вачибдир.

Дүнјанын мүхтәлиф әлјазма хәзинәләри вә китабханаларында Сејид Јәһја әсәрләри әлјазмаларына һәм топлу шәклиндә, һәм дә ајры-ајрылыгыда тәсадүф олунар. Белә әлјазмалардан бири Қонја Мөвлана музејиндә сит 438[V] шифр алтында сахланан «Кәшфүл-гүлуб» әсәридир. Әбдүлбағи Көлпынарлы «Мөвлана музеји јазмалар каталогу»нда бу әлјазманын ғыса тәсвирини вермишдир [10, 188]. Әсәр XV—XVII әсрләрдә тәртиб едилмиш 17×11 см өлчүлү бир мәчмүәниң 76—186 вәрәгләриндә тәлиғ хәттилә јазылмышдыр, там дејил, 156—16а вәрәгләри арасында негсан вардыр. Үмумијјәтлә, әсәр саликләрниң диләәји үзәринә «мә'рифәти-әғл», «мә'рифәти-дил», «мә'рифәти-руһ», «мә'рифәти-нефс» олмағ үзрә 4 баба ајрылмышдыр. Әлјазма ширваншаһлардан Султан Хәлилин адына јазылмышдыр [2, 188].

Сејид Јәһја әсәрләриндән һәләлик Истанбулда сахланан 3 нүсхәси үзә чыхарылмыш «Күллијјат»ы диггәти даһа артығ чөлб етмәкдәдир. Олардан икиси Университет, бири Нури-Османијјә китабханаларындадыр. Бу нүсхәләр һағгында Әһмәд Атәшин «Истанбул китаблығлары фарсча әсәрләр каталогу»нда мә'лумат вардыр [2, 368—371]. Әлјазмаларын хроноложии ардычыллығла тәсвири беләдир:

«Күллијјат»ын биринчи әлјазмасы Университет китабханасына FҮ 1127 (=Halis ef.7325) шифри алтындадыр. Дәри чилдидир (јыпранмыш), 97 вәр., 12, 3х17, 2(8х12, 3), 13 сәтир, сөз башлары ғырмызы, мәти гара мүрәккәблә, гоша һашијәли, мүнтәзәм нәстә'лиғлә, һ. IX—м. XV әсрдә көчүрүлмүшдүр [2, 369], шаирин беш әсәрини әһатә едир:

1. «Мәназилүл-сабигин» (16—39а). Әсәрин ады әлјазмада «Мәназилүл-сабигин» шәклиндәдир, лакин бу ад ашағыда тәсвир едиләчәк «Күллијјат» нүсхәсиндә мәнсур бир әсәрин адыдыр вә мөвзусунун китабын мөвзусу илә һеч бир бағлылығы јохдур. Нүсхәдә әсәрин ады «Чәһел мәназилү һәфт мәғам» шәклиндәдир. Бу ад әсәрин мөвзусуна бахыларағ сонрадан верилмиш ада бәнзәјир. Әсәрин ичәрисиндә адына даир гејдә тәсадүф едилмәдијиндән бу ад Ә. Атәш тәрәфиндән тәһий едилмишдир. Пејғәмбәрин (5б), илк дөрд хәлифәнин мәдһиндән сонра кириш (8а) верилмишдир. Мүәллиф бир шејхә истинадән мәзмуну көстәрдиқдән сонра сырасы илә мәнзилләри сајыр (22б вәрәгинә гәдәр), 7 мәғам һағгында мә'лумат верир [36а—39б]. Әсәрин сонлуғу 39б вәрәгиндәдир.

2. «Шәрһи-мәратиби-әсрари-гүлуб» [39б—56а]. Сејид Јәһјанын мәнзүм әсәрләриндән биридир. Бурада тәсәввүф јолунда кечилмәси кәрәк олан једди вадидән, једди мәрһәләдән бәһс едилир. Әввәлиндә нә'т (40б) јазылмыш, сонра једди вәди садағанмышдыр. Илки «истәмә вә арама», икинчи «ешғ», үчүнчүсү «билки» [мә'рифәт] вә с.

2а. Сејид Јәһјанын бир гәзәли (56б).

3. «Әтварүл-гәлб» (57б—73а). Сејид Јәһјанын мәснәви шәклиндә јазылмыш бу әсәриндә гәлбин једди һалындан бәһс олунар.

4. «Фи бәјанүл-елм» (37б—84б). Әсәсән дидактик мәзмунда олан бу мәнзүм әсәрин әввәлиндә нә'т вә илк дөрд хәлифәнин мәдһиндән сонра мүхтәлиф өјүдләр вериләрәк, Аллаһы билиб-танымағын кәрәклијиндән сөз ачылыр.

5. Шәрһи-әсмаји сәманијјә (85б—97б). Бурада дејимләри аларағ истәмә (тәләб), һәјат, билки, көрүш (бәсәр), дујуш (сәм'ә), күч (гүдрәт), сөз (кәлам), ирадә вә өлүмсүзлүк (бәға) кәлмәләринин мәналары кениш изаһ едилмишдир.

Јәһја Ширвани «Күллијјат»ынын икинчи гәдим, кениш вә дәјәрли

нүсхәси Нури-Османијјә китабханасында 4904 №-ли шифр алтында сахланан дәрқидәдир. Һ: 940—м. 1533-чү илдә көчүрүлмүш бу әлјазма һағгында Атәш каталогундан башға «Истанбул китабханалары түркчә јазма диванлар каталогу»нда да ғыса бир гејд вардыр [7, 67]. Ачығ гәһвәји дәри чилд ичәрисиндә олан әлјазманын һәчми 315 вәрәг, өлчүсү 13,8×23,5, (11,5х22,5) см-дир, гара вә ғырмызы һашијәдә, дөрд сүтун һалында, 35 сәтир, мүнтәзәм нәстә'лиғлә көчүрүлмүшдүр. Һәр бөлмәнин башланғычында әксәрән әсәр вә мүәллифин адыны әһатә едән сәрләвһәләр вардыр. Әлјазманын мүғәддимәсиндә кимлијини, адыны билдирмәјән бир шәхс бурада топлалығы әсәрләри «Чәмәсүл-мә'ани» адландырдығыны јазыр. Бу әлјазмада Сејид Јәһјанын даһа чоғ әсәрләри вардыр: 1. Кәшфүл-гүлуб (16—6а); 2. Мәназилүл-ашигин (76—9а); 3. Рүмузүл-ишарат (9а—10а); 4. Чәһел мәназилү һәфт мәғам (10б—17а); 5. Һәфт вәди (17а—20б); 6. Шәрһи-әсмаји-сәманијјә (20б—23а); 7. Шәрһи-суалати-Күлшәни-раз; 8. Рисаләји-әтварүл-гүлуб (28б—32а); 9. Бәјанүл-елм (32б—34а); 10. Әш'ар (275б—277а). Бу дәрқи Низами Кәнчәви, Маһмуд Шәбүстәри, Нәсими, Рөвшәни, Күлшәни вә б. Азәрбајчан шаирләринин бир сыра әсәрләринин даһил едилмәси илә дә марағлыдыр.

Үчүнчү «Күллијјат» нүсхәси Истанбул Университет китабханасында FҮ 954 (=Halis ef.8194) шифри алтында мүһәфизә едилир. Көчүрүлмә тарихи көстәрилмәмишсә дә, палеографик әләмәтләри вә с. көрә Һ. X м. XVI әсрә анд едилир [2, 370]. 105 вәрәгли бу әлјазма сонралар гара дәри чилдә тутулмушдур, өлчүсү 13х19,5 (8х14,4) см-дир, нәсклә, мәти гара, сөз башлары ғырмызы мүрәккәблә көчүрүлмүшдүр. Әлјазмаја Јәһја Ширванинин «Кәшфүл-гүлуб», «Рисаләји-батинијјә» (бундан габағ тәсвир олуңмуш күллијјатда «Мәназилүл-ашигин»), «Мәназилүл-сабигин» (башға әлјазмаларда «Чәһел мәназилү һәфт мәғам»), «Мәратиби-әсрарүл-гүлуб», «Әтварүл-гүлуб», «Шәрһи-әсмаји-сәманијјә», «Суалати-Күлшәни-раз», «Рисалә дәр бәјани-елм», «Гиссеји-Мәнсур», «Тәсрифат вә мүкашифат», «Әчајибүл-гүлуб» әсәрләри чәмләнмишдир.

Сејид Јәһја әлјазмалары јалныз һағгында ғысача сөз ачдығымыз бу бир-бириндән аз-чоғ фәрғли нүсхәләрдән ибарәт дејилдир. Оун бүтүн әсәрләринин әлјазма нүсхәләринин үзә чыхарылмасынын јекәнә јолу дүнја әлјазма хәзинәләри вә китабханаларында ахтарышларын давам етдирилмәсидир. XV әсрин көркәмли философу Сејид Ширванинин әсәрләри әлјазмаларынын бир јерә топланмасы, ајры-ајрылыгыда, еләчә дә күлл һалында өјрәнилмәсинин вахты чоғдан чатмышдыр вә шаирин һәјатынын, јарадычылығынын кениш тәдғигиндә әһәмијјәти әвзәдилмәздир.

Әдәбијјат

1. Араслы Һ. XV—XVI әсрләр Азәрбајчан әдәбијјаты.—Азәрбајчан әдәбијјаты тарихи.—Ч. I, Бақы, 1960. 2. Атәш Ә. Истанбул китаблығлары фарсча әсәрләр каталогу. ч. I. - Истанбул, 1968. 3. Бақы тарихи вә диггәтәләјиг јерләр. — Бақы, 1953. 4. Бурсалы М. Т. Османлы мүәллифләри, ч. I. — Истанбул, 1333. 5. Виҷдани С. Томари-түрки-алијјәдән «хәлвәтијјә». — Истанбул, 1341. 6. Ибраһимов Ч. Азәрбајчан XV әср тарихинә даир очеркләр. — Бақы, 1958. 7. Истанбул китабханаларында түркчә јазма диванлар каталогу, ч. I. — Истанбул, 1947. 8. Јазычы Т. Фатәһдән сонра Истанбулда илк хәлвәти шејхләри. — Истанбул, 1956. 9. Қаримов Н. Ғырх ил сәјаһәтдә. — Бақы, 1977. 10. Көлпынарлы Ә. Мөвлана музеји јазмалар каталогу, ч. II. — Анкара, 1971. 11. Мүзһиб Ә. Сејид Јәһја Бақылы һағгында мә'лумат, РӘФ, Арх. 37. Г8 (139). 12. Нишанчызадә М. Миратүл-каинат. чүзви-сани. — Истанбул, 1290. 13. Рөвшәни. Диван, РӘФ, Б—778. 14. Ташкөпрүлү Ә. Әш-шәғәјиг ән-не'манијјә фи үләма әл-дәвләт әл-османнијә, I. — Гаһирә, 1299. 15. Тәрбијәт М. Данишмәдәни-Азәрбајчан. — Тегһран, 1313 ш. г. 16. Һиләи Ә. Сејид Јәһја Ширвани. — Истанбул, 1319. 17. Чәмәнзәминли Ј. В. Азәрбајчан әдәбијјатына бир нәзәр. — Истанбул, 1337.

Азәрб. ССР ЕА Республика Әлјазмалары Фонду

Алынмышдир

1986

А. Ш. Мусаева

РУКОПИСИ ПОЛНОГО СОБРАНИЯ СОЧИНЕНИЯ СЕЙИДА ЯХЬИ ШИРВАНИ

Сейид Яхья Ширвани — выдающийся ученый-философ и поэт XV в., оставивший богатое научно-философское наследие. В различных книгохранилищах и рукописных фондах мира хранятся рукописные списки его произведений.

В статье сообщается о рукописях полного собрания сочинений Сейида Яхья Ширвани, хранящихся в Стамбуле.

A. Sh. Musayeva

COMPLETE WORKS OF MANUSCRIPTS OF SAYYID YAKHYA SHIRWANI

Sayyid Yakhya Shirwani is the prominent scientist-philosopher and poet of the XV c. He has a rich scientific-philosophical legacy. Manuscript lists of his works are kept in different book stores and manuscript funds in the world.

The information about manuscripts of his complete works keeping in Istanbul is given in the present article.

АЗЭРБАЙҶАН ССР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЈАСЫНЫҢ МӘРУЗЭЛЭРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLII ЧИЛД

№ 11

1986

УДК 930. 26

АРХЕОЛОКИЈА

Г. Ч. ЧӘБИЈЕВ

КЛАССИК АЗЭРБАЙҶАН ПОЕЗИЈАСЫНДА ДУЛУСЧУЛУГ
СЭНӘТИЛӘ БАҒЛЫ МОТИВЛЭРӘ ДАИР

(АзәрбајҶан ССР ЕА академики М. З. Чәфаров тәғдим етмишдир)

Классик АзәрбајҶан поезијасынын көркәмли нүмајәндәләриндән Низами Кәнчәвинин, Хагани Ширванинин, Имадәддин Нәсиминин, Саиб Тәбризинин вә башгаларынын гојуб кетмиш олдуғу зәнкин бәдин ирс о дөврүн бир сыра игтисади вә сосиал мәсәләләринин өјрәнилмәси, бүтөвлүкдә тарихимизин ајры-ајры проблемләринин арашдырылмасы бахымындан сон дәрәчә дәјәрли елми мәнбә ола биләр. Чүнки бу сәнәт дүһалары һәр шејдән әввәл билаваситә онлары әһатә едән керчәклији тәрәннүм етмиш, ондан гидаланмышлар вә белә олдуғу тәғдирдә ағыр зәһмәт вә сәј тәләб едән дулусчулуг сәнәти, орада чалышанларын гајғылары вә бу кими мәсәләләр, сөзсүз ки, онларын диггәтиндән јајына билмәзди. Мәсәлән, Низами јазырды:

Саги, кәл бу атәш хәјаллы су илә
Кәһрәба рәнкли бу сахсыны долдур.
Ләззәтли су илә бу гара торпагдан
Бүтүн гәм, кәдәри тәр-тәмиз јумаг олар.¹

Бурадан мә'лум олур ки, һәлә Низами дөврүндә шәрабы гара торпагдан һазырланмыш сахсы гәдәһләрдә ичмәк дәб имиш. Вә јахуд, сахсы кузәләрдән су габы кими кениш истифадә олундуғуну ашағыдакы сәтирләрдән мүәјјәнләшдирмәк о гәдәр дә чәтнин дөјилдир:

Үрәји тәшнә һовуза тәрәф кетди,
Бош, гуру кузәнин ағзыны ачды.
Кузәни даш һовуза вуран заман,
Кузә сахсыдан олдуғу үчүн дәрһал гырылды.²

Шанрин «Сирләр хәзинәси» вә «Искәндәрнамә» әсәрләриндә тез-тез сахсы күпләрин ады чәкилир. Мәсәлән:

Јарымчыг (шәраб) күпү сәс-күј салыр.
Лакин долу оландә сәси кәсилир.³

Вә јахуд:

Горхурам ки, нүмунәви (пис) хаспјәтилә бу чиркин
(Белә) зүлал сујун рәнкини буландырсын,
Өз чиркилә сујун рәнкини хараб еләсин,
Сонра да дашла күпүнү сындырсын.⁴

Ашағыдакы мисралар исә бир нөв күпләрин бөжүклүүнә ишарәдир:

...О күпә салды ки, (дәриллижини) өлчәсүн.
Күпү бурах, көрдү ки, о дәрин бир гују имиш...
Онуң ағзына исә күпүн ағзыны гојмушлар...⁵

Бөжүк сөз устадынын «...Сују күп илә дашыјырлар»,⁶ «Салхымлар... ширә олуб күпләрә ахыр»⁷ фикирләри дә бу чәһәтдән мараг доғурур.

Бу мисралардан ајдын олур ки, орта әсрләрдә әксәр јашајыш мән-тәгәләриндә еһтијат су вә шәраб сахланылмасында, һәмийн мәһсулларын дашымасында ири сахсы күпләрдән кениш истифадә олуурмуш. Азәрбајчан әразисиндә апарылмыш археоложи газынтылар да буну тәсдиг едир. Низаминин «Сән дөрд күплү бојагчы дүканысан»,⁸ «Кечә бојагчы кими күпүнү сындырды»⁹ вә бу кими мисраларындан бизә мә'лум олур ки, Азәрбајчан әразисиндә сахсы күпләрдән һәмчинин бојаг маддәләринин сахланылмасы вә санрә мәгсәдләр үчүн дә истифадә едилirmiш.

Даһи Азәрбајчан шаиринин ашағыдакы мисралары исә о дөврдә сахсы габларын сатылмасы илә хүсуси адамларын мәшғул олдуғуну мү-әјжәнләшдирмәк бахымындан мараг доғурур:

Чох исте'дадлы, лакин тәнбәл адамлар
Өз тәнбәлликләри нәтичәсиндә сахсысатан олдулар.¹⁰

Өлмәз шаир данм торпагла, су илә әлләшән, мин бир әзаб вә зиллә-тә гатлашан дулусчунун ишини һалал зәһмәт тамы дадмајан бир кәнчин дилиндән белә гәләмә алмышдыр:

Бу нә әзаб, нә зилләтдир чәкирсән?
Саман вә торпаг (дашымаг) узунгулағын сәнәтидир.
Кәсәкләрлә өзүнә нә гәдәр әзијјәт верәчәксән
Торпаг вә су илә нә гәдәр гурдаланачагсан.¹¹

Азәрбајчан халғынын XII әсрдә јашамыш диқәр бөжүк мүтәфәккир шаирн Хагани Ширванинин јарадычылығында да дулусчулуғ сәнәтилә бағлы мотивләрә тез-тез тәсадүф олунур. Сахсы касаны өзүнә дәрман билән Хагани белә јазыр:

Додағым сахсы, үзүм торпаға дөнмүшдү мәним
Даһ олуб чаным, сахсы каса дәрманым.¹²

Сахсы касаны гызыл чамдан үстүн тутмагла Хагани өзүнүн јохсул-лар шаирн олдуғуну бир даһа тәсдиг едирди:

Ағларам јар мәнә версә гызыл чамда меј,
Өтәрәм сахсы каса, версә әкәр чананым.
Торпағам, сахсы гәләһә итәрәм гырмызы меј,
Аз гызыл чән адыны чәх, о дејил имканым!¹³

Бу сәтирләрдән көрүнүр ки, күтләви истеһсал мәһсулу олан сахсы габлар даһа чох әһалинин јохсул тәбәгәләринин еһтијачыны өдәмәјә хидмәт едирмиш.

Өлмәз шаирин «Өлчүләр сахсы чанагла көвһәрим, мәрчаным»¹⁴ мис-расындан бәлли олур ки, археоложи газынтылар заманы тез-тез тапылан сахсы чанаглардан бир заманлар өлчү ваһиди кими истифадә олуурмуш-дур.

Орта әсрләрдә, хүсусән дә XI—XII әсрләрдә чыраг јаначағы кими нефтдән, јахуд да јағдан истифадә едилдијинә даир тәдгигатчылар ара-

сында мүхтәлиф мүлаһизәләр вардыр.¹⁵ Халг мәишәтинә дәриндән бәләд олан Низамн вә Хагани исә јаначаг кими јалныз јағын адыны чәкирләр. Мәсәлән, «Сирләр хәзинәси» әсәриндә охујуруғ:

Өз овуну елә једи ки, һеч онун дамғасы да галмады,
Чырагы үчүн ондан бир аз јағ да галмады.¹⁶

Хагани исә белә јазырды:

Фитили назик олуб, түкәнәрсә јағ,
Титрајиб сөнмәзми бир анда чыраг?¹⁷

Археоложи газынтылар заманы тапылмыш шар-конусвари габларын тә'јинаты барәдә чох јазылмышдыр. Бә'зиләри һәмийн габлардан ичәрисинә партлајычы маддә гојуб атмагда, бә'зиләри мүгәддәс су дашымагда истифадә олуудуғуну куман едирләр. Тәдгигатчылардан бир гисми исә онлары чивә габы һесаб едир.¹⁸ Бизчә Хаганинин «Чивә габы ағзы кими бәрк бағланыб вер әлләри»¹⁹ мисрасы да сонунчу мүлаһизәјә мүәјжән гә-дәр һагг газандырыр. Тарих елмләри доктору Н. Чидди дә әсәсән бу мү-лаһизәјә үстүнлүк верир.²⁰

Тәдгигатчылар белә һесаб едирләр ки, түтүн XVI әсрдә Америкадан Авропаја, даһа сонра исә орадан Русијаја вә нәһәјәт, Азәрбајчана кәти-рилмишдир.²¹ Сахсы гәлјанлар да куја мәһз о вахтдан итеһсал олунма-ға башланмышдыр. Лакин Имадәддин Нәсиминин ашағыдакы мисрала-рындан ајдын олур ки, Азәрбајчанда түтүндән истифадә иңдијәдәк кү-ман едилдијиндән ән азы ики әср габаг мә'лум имиш. Нәсимн јазырды:

Чыхды ичимдән түтүн, чәрхи бојады бүтүн
Көр ки, нә атәшдәјәм, көр нә гәдәр јанарам.²²

Дулусчулуғ сәнәтилә бағлы мотивләрә XVII әср Азәрбајчан шаирн Саиб Тәбризинин јарадычылығында да раст кәлирик. Оун ашағыдакы мисралары бу чәһәтдән хүсусулә характерик нүмунә һесаб едилә биләр:

Ја кузә, ја гәдәһ, ја меј үчүн чам дүзәләр,
Бир овуч торпағы кетмәз һәдәрә мејкәдәнини.²³

Бурада шаир килдән һазырланан кузә, гәдәһ вә чамын адыны чәк-мәклә санки сонракы нәсилләрә билдирир ки, һәмийн габлардан онун ја-шадығы дөврдән кениш истифадә олуурмушдур.

Јухарыда дејиләиләрдән көрүндүјү кими, Азәрбајчанын классик сөз усталары өз әсәрләриндә дулусчулуғ сәнәтилә бағлы мәсәләләрә бу вә ја диқәр дәрәчәдә тохунмушлар. Бу да, сөзсүз ки, археологларын тапыб үзә чыхардығы зәнкийн керамик мә'мулатын дәрјидән вә һәртәрәфли өј-рәнилмәси бахымындан бөжүк елми әһәмијјәт кәб едир.

¹ Низами Кәнчәви. Искәндәрнамә. — Бақы, «Елм» нәшријјаты, 1983, сәһ. 352.

² Јенә орада, сәһ. 292.

³ Низами Кәнчәви. Сирләр хәзинәси. — Бақы, «Елм» нәшријјаты, 1981, сәһ. 183.

⁴ Низами Кәнчәви. Једди көзәл. — Бақы, «Елм» нәшријјаты, 1983, сәһ. 173.

⁵ Јенә орада, сәһ. 174.

⁶ Низами Кәнчәви. Искәндәрнамә, сәһ. 534.

⁷ Јенә орада, сәһ. 588.

⁸ Јенә орада, сәһ. 285.

⁹ Јенә орада, сәһ. 146.

¹⁰ Јенә орада, сәһ. 48.

- ¹¹ Низами Кәжәви. Сирләр хазинәси, сәһ. 100.
¹² Хагани. — Баки, 1978, сәһ. 19.
¹³ Јенә орада.
¹⁴ Јенә орада, сәһ. 20.
¹⁵ Г. М. Әлмәдов. Азәрбајҗанын ширсә сахәи ма'мулати. — Баки, 1959, сәһ. 90.
¹⁶ Низами Кәжәви. Сирләр хазинәси, сәһ. 177.
¹⁷ Хагани, сәһ. 70.
¹⁸ Бу барада атрафлы ма'лумат аймаг үчүн: бах; Г. М. Әлмәдов. Азәрбајҗанын ширсә сахәи ма'мулати. — Баки, 1959, сәһ. 100—108.
¹⁹ Хагани, сәһ. 13.
²⁰ Джидди Г. А. Средневековый город Шемяха IX—XVII веков. — Баку, 1981, сәһ. 61.
²¹ Е. Розовин. История табака и системы налога на него в Европе и Америке. — СПб., 1968; Р. Ч. Әлмәдов. Орта асрләрә илд Вакыдан танылмыш сахәи гәлҗиләр һаг-һагында. — Азәрб. ССР ЕА Хәбәрләри (тарих, фәләфә на һуғуғ сәриҗасы). 1979, № 2.
²² Имадәддин Насими. Сечилмиш әсарлары. Баки, 1973, сәһ. 127.
²³ Азәрбајҗан. Санб Табризини сәһәт дүняси. — Баки, 1981, сәһ. 154.

Азәрб. ССР ЕА Тарих. Институту Алымлындыр 19.11.1984.

Г. Дж. Джабиев

**О МОТИВАХ В КЛАССИЧЕСКОЙ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ПОЭЗИИ,
СВЯЗАННЫХ С Гончарным ремеслом**

В статье отмечается большое значение богатого художественного наследия видных представителей азербайджанской классической поэзии, таких, как Низами Гянджеви, Хагани Ширвани, Имадеддин Насими, Санб Табризи и других, как ценнейшего источника по изучению различных вопросов истории Азербайджана. Приводятся интересные примеры из трудов этих мастеров слова, связанных с различными вопросами гончарства, даются их краткие комментарии и на этой основе высказываются некоторые мнения.

МҮНДӘРИҢАТ

Риҗазинҗат

Ј. Ч. Мәмләдов, В. М. Мусајев. Гејри-хәтти вольтер-фредголом оператор тәһликләр системини һәлләр нәзәријәсинә дәир	3
В. А. Трубин, Ф. А. Шәрифов. Истәһсалыи Јерләшдириәмәси үзәрә бир сипиф мәсәлә үчүн еффе́ктив һәлл алгоритми	7
Н. В. Ибадов. Сәһһәд Јахылыгында верилмиш артымы ма'лум функцијалар фәләсәфиндә бүкүм тәһликләри һаггында	12

МЕХАНИКА

А. Г. Чәфәрли. Иләрин фәза һәрәкәтиндә оиләрдә гејри-хәтти әзәлиәстик дәлғәләрини јәһһәләси	16
---	----

Нәзәри физика

С. А. һачијев, Р. Г. Чәфәрлов. Ики скарҗар зәррәчијини сәһһәләси амилитудасынын хәјәли һисәәси	20
К. Ә. Рүстәмов, Б. Ә. Рәһабов, Н. А. Кәримов. SO (4,1) групна кәрә инвариант олан квант-механики тәһликләр	24

Техники физика

М. Н. Мәмләдов, Г. Н. Кәдбәлијев, Ә. С. һусејнов. Фоккер-Планк тәһлијиндә истифәдә етмәклә тозвари материалларын дәнәвәрләшдириәмәси процессини риҗазин јәһһәләси	28
---	----

Јарымкечиричиләр физикасы

Ш. К. Қазымов, һ. Ш. һәсәнов, Ә. Г. Әсәдов. AgCuSe бирләшмәсиндә гурулуш чевриәмәси	33
Ф. Н. Разијев, Ш. М. Гулијев, А. К. Мәмәдов, һ. С. Сәјидли. Cd ₂ Hg _{1-x} Te(x=0,2; 0,5) монокристалында јашама мүддәтинини температур һәһһәләси	37
М. һ. Шаһтахтински, Ә. Н. Мәмләдов, М. Ә. Гурбанов, Ј. Н. Газарјан, М. Ә. Рамазанов, М. М. Гулијев, Н. һ. Атакишијев. Полимер композицијаларын пјезоелектрик хәсәләри	40

Нефг кимјасы ва нефг-кимја ситези

Р. һ. Ризајев, Ж. М. Сәјфүллајев, Е. М. һусејнова, В. С. һачи-Ғасымов. Иаопентинан оксидләшдиричи чевриәмәләринини кинетик изотоп еффе́кләри	46
--	----

Нефг кимјасы

Н. К. Басили, Ј. Г. Арустамова, Н. Т. Султанов, М. Н. Рүстәмов, Рағғариб (Мисир) Јатағынын нефтиндәни чыхарылымын 200°C гәдәр бураһылан бензин фракцијасында олан карбоһидрокеһләрини тәркиби	50
---	----

Физики кимја

һ. Н. Чәфәрлов, Ә. М. Гулијев. Дисилокеанларын һетилик тутуму ва термодинамик хәсәләри	56
--	----

Електрохимја

В. А. Мухтаров. Синк әртүјүнүн електрохимјани чөкдүрүләсиинә битки мәһһәләли әләвәнини тә'сир	60
---	----

Кеокимја

С. Б. Брандт, А. С. Батырмурзаев, Н. С. Брандт. Ван-дер-Ваалс модели-
на эсасэн маје-газ кечиричи фазасында Н₂О изотопларынын фраксиялары . . . 63

Техника

Р. А. Бэдэлов, Обесекера Ранчит Кумар. Нефт вэ газ гујуларыны газыма
заманы шарошкалы балтанын дишлэринни даг сүхурлары илэ гашылыгылы
тэ'сиринэ даир 69

Кеолокија

И. С. Чэфэров, И. И. Эскэров, Чэнуби Хэзэр чөкэклијини шэрг кэнарынын
мәһсулдар гат дөврүндэ чөкүнтү топланма просесини моделләшдирилмәси . . . 76

Кеморфолокија

В. Д. Иачыјев. Талышын денудасион кәсими һагында 82

Тэтбиги ботаника

М. Э. Гасымов, В. Р. Мусајев, Р. А. Исмајлов. Боз гызылагач әһәмийјәтли
бојаг биткисидир 87

Мәтишүнаслыг

А. Ш. Мусајева. Сејид Јәһја Ширвани «Күллијат»ынын әлјазмалары . . . 91

Археолокија

Г. Ч. Чәбијев. Класик Азәрбајчан поезијасында дулусчулуг сәнәтилә
баглы мотивләрә даир 95

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

Я. Д. Мамедов, В. М. Мусаев. К теории решения систем нелинейных опера-
торных уравнений Вольтерра—Фредгольма 3
В. А. Трубин, Ф. А. Шарифов. Эффективный метод решения одного класса
задач размещения 7
И. В. Ибадов. Об уравнениях свертки в пространствах функций заданного
роста вблизи границы 12
А. Г. Джафарли. Нелинейные вязкопластические волны в нитях при их про-
странственном движении 16

Теоретическая физика

С. А. Гаджиев, Р. К. Джафаров. Абсорбтивная часть амплитуды рассеяния
двух скалярных частиц 20
К. А. Рустамов, Б. А. Раджабов, Н. А. Керимов. Квантово-механические
уравнения, инвариантные относительно группы SO (4,1) 24

Техническая физика

М. И. Мамедов, Г. И. Келбалиев, А. С. Гусейнов. Использование уравнения
Фоккера-Планка для описания процессов грануляции порошкособразных мате-
риалов 28

Физика полупроводников

Ш. К. Кязимов, Г. Ш. Гасанов, Ю. Г. Асадов. Структурные переходы
в AgCuSe 33
Ф. И. Қазиев, Ш. М. Кулиев, А. К. Мамедов, Г. С. Сейидли. Температурная
зависимость времени жизни носителей заряда в $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($x=0,2\div 0,5$) . . . 37
М. Г. Шахтагинский, А. И. Мамедов, М. А. Курбанов, Ю. И. Газарян, М. А.
Рамазанов, М. М. Кулиев, Н. Г. Атакишиев. Пьезоэлектрические свойства поли-
мерных композиций 40

Химия нефти и нефтехимический синтез

Р. Г. Ризаев, Ж. М. Сейфуллаева, Э. М. Гусейнова, В. С. Гаджи-Қасумов.
Кинетические изотопные эффекты в окислительных превращениях изопентана . . 46

Химия нефти

М. И. Рустамов, И. Қ. Басили, Л. Г. Арустамова, Н. Т. Султанов. Углеводо-
родный состав бензиновой фракции НК-200 °С, выделенной из нефти месторож-
дения Расгариб (Египет) 50

Физическая химия

О. И. Джафаров, А. М. Кулиев. Теплоемкость и термодинамические свой-
ства дисилоксанов 56

Электрохимия

В. А. Мухтаров. Влияние растительных добавок на электроосаждение цин-
ковых покрытий 60

Геохимия	
<i>С. Б. Брандт, А. С. Батырмурзаев, И. С. Брандт.</i> Фракционирование изотопов Н, О при фазовом переходе жидкость — газ в модели Ван-дер-Ваальса . . .	63
Техника	
<i>Р. А. Бадалов, Обесекера Ранджит Кумар.</i> К вопросу взаимодействия зубьев шарошечных долот с горной породой при бурении нефтяных и газовых скважин	69
Геология	
<i>И. С. Джафаров, Г. И. Аскеров.</i> Моделирование процесса осадконакопления восточного борта южно-каспийской впадины в век продуктивной толщи . . .	76
Геоморфология	
<i>В. Д. Гаджиев.</i> О величине денудационного среза Талыша	82
Прикладная ботаника	
<i>М. А. Касумов, В. Р. Мусаев, Р. А. Исмаилов.</i> Ольха серая — перспективное красильное растение	87
Источниковедение	
<i>А. Ш. Мусаева.</i> Рукописи полного собрания сочинений Сейида Яхьи Ширвани	91
Археология	
<i>Г. Дж. Джабиев.</i> О мотивах в классической азербайджанской поэзии связанных с гончарным ремеслом	95

Сдано в набор 19.12.86. Подписано к печати 18.05.87. ФГ 16601. Формат бумаги 70×100^{1/16}. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. лист 8,45. Усл. кр.-отг. 8,45. Уч.-изд. лист 6,24. Тираж 580. Заказ 1557. Цена 70 коп.

Издательство „Элм“.
 370143 Баку-143, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание
 Типография „Красный Восток“ Государственного комитета Азербайджанской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Баку, ул. Ази Асланова, 80

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

Статьи, напечатанные на портативной машинке, не принимаются.

10. Текст статьи должен быть изложен кратко, тщательно отредактирован и подписан авторами в печать. В математических статьях желательно избегать доказательств теорем, лемм и т. п. При использовании в тексте сокращенных названий (кроме общепринятых) необходимо давать их расшифровку.

11. Математические и химические формулы и символы в тексте должны быть вписаны четко. Следует избегать громоздких обозначений, применяя, например, дробные показатели степени вместо радикалов, а также exp. Занумерованные формулы обязательно включаются в красную строку, номер формулы ставится у правого края страницы. Желательно нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки. Подстрочные и надстрочные индексы и степени следует отмечать карандашом, дугами сверху и снизу:

R^n, r_n

Греческие буквы нужно обводить (в кружок) красным карандашом. Буквы готического шрифта и рукописные в рукописях не использовать, векторные величины — подчеркивать черным, буквы латинского рукописного шрифта следует отметить на полях (например, H рукоп.).

Во избежание ошибок следует четко обозначать прописные (заглавные) и строчные буквы латинского алфавита, имеющие сходное начертание (Cc; Kk; Pp; Oo; Ss; Uu; Vv; и т. д.), буквы I(i) и J(j) букву I и римскую единицу I, а также арабскую цифру 1 и римскую I', (вертикальная черта), I и штрих в индексах, I (латинское эль) и e. Прописные буквы подчеркивают карандашом двумя черточками снизу (C), а строчные — сверху (c).

Следует избегать знаков типа \sim (волна), \odot , \oplus , \otimes ; \square , $\overline{\square}$, \diamond , \wedge , \vee

(крышки) над и под буквами, а также знаков:

h \times $\underline{\text{E}}$, \oint , ϕ , \mathfrak{D}

Латинские названия вписываются на машинке.

Слова «теорема», «лемма», «следствие», «определение», «замечание» и т. п. следует подчеркивать штриховой чертой, а текст утверждений типа теорем — волнистой чертой (исключая математические символы).

При выборе единиц измерения рекомендуется придерживаться международной системы единиц СИ.

12. При описании методики исследования следует ограничиваться оригинальной ее частью. При элементном анализе приводить только усредненные данные.

13. Необходимо тщательно проверить написание местных географических названий.

14. Цитируемая литература проводится общим списком на отдельной странице: ссылки в тексте даются порядковым номером в круглых скобках над строкой (например,¹⁾). Список литературы оформляется следующим образом:

для книг: инициалы и фамилии авторов, полное название книги, место и год издания;

для журнальных статей: инициалы и фамилия авторов, название журнала, номер тома, номер выпуска, страница и год издания.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

15. Все статьи должны иметь резюме на английском языке, кроме того, статьи, написанные на русском и азербайджанском языках, должны иметь резюме на азербайджанском и на русском соответственно.

Публикация статьи в «Докладах» не препятствует напечатанию расширенного ее варианта в другом периодическом издании.

70 гэл.
коп.

Индекс
76355