

11-168

43,7

Азәрбајҹан ССР
Елмләр Академијасы
Академия наук
Азербайджанской ССР

ISSN 0002-3078

МӘРҮЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

●
ЧИЛД

XLIII

ТОМ

●
7

1987

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 установленном решении 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, а также дать индекс статьи по Универсальной десятичной классификации (УДК). К статье прилагается отпечатанный на машинке реферат в двух экземплярах, предназначенный для передачи в один из реферативных журналов ВИНТИ.

6. В конце статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнено исследование, фамилии всех авторов а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный и домашний) каждого соавтора.

Кроме того, авторский коллектив должен указать лицо, с которым редакция будет вести переговоры и переписку.

7. Возвращение рукописи автору на доработку не означает, что статья принята к печати. После получения доработанного текста рукопись вновь рассматривается редколлегией. Доработанный текст автор должен вернуть вместе с первоначальным экземпляром статьи, а также ответом на все замечания. Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи.

8. В «Докладах» публикуются статьи, занимающие не более $\frac{1}{4}$ авторского листа (6 страниц машинописи). В этот объем входят текст, таблицы, библиография (не больше 15 источников) и рисунки, число которых не должно превышать четырех, включая и обозначения «а», «б» и т. д. в том числе вклейки на мелованной бумаге. Вклейки даются только для микрофотографий большого увеличения. Штриховые рисунки (карты, схемы и т. п.) на вклейках не печатаются, а даются на кальке. Текст и графический материал представляются в двух экземплярах. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо. Рисунки должны быть выполнены четко, в формате, обеспечивающем ясность передачи всех деталей фотографии представляются на глянцевой бумаге. Подписи к рисункам должны быть напечатаны в 2-х экземплярах через два интервала на отдельной странице. На обороте рисунков мягким карандашом указываются фамилии авторов, название статьи и номер рисунка.

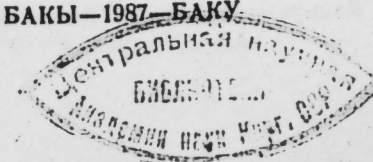
(Продолжение на третьей странице обложки)

МƏРУЗƏЛƏР ДОКЛАДЫ

ТОМ XLIII ЧИЛД

№ 7

„ЕЛМ“ НƏШИРЛЈАТЫ—ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЭЛМ“
БАКЫ—1987—БАКУ



УДК 519. 248 : 531. 9

МАТЕМАТИКА

А. А. КЕРИМОВ

ОСНОВНЫЕ СОСТОЯНИЯ МОДЕЛИ ИЗИНГА С БЕСКОНЕЧНЫМ РАДИУСОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

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

Будем исследовать трехмерную ферромагнитную модель Изинга с бесконечным радиусом взаимодействия гамильтониан, которая имеет вид:

$$H(\varphi) = \sum_{x,y \in Z^3} J(x-y) \varphi(x) \varphi(y), \quad (1)$$

где спиновые переменные $\varphi(x) = \pm 1$, потенциал $J(x-y)$ — неотрицательная функция разности и $\sum_{x \in Z^3} J(x) < \infty$.

Наша задача — изучение структуры основных состояний модели (1). Очевидно, что постоянные конфигурации $\varphi^+(x) \equiv 1$ и $\varphi^-(x) \equiv -1$, $x \in Z^3$ являются основными состояниями модели (1). Оказывается, что у модели (1), как и у ферромагнитной модели Изинга имеется бесконечное множество не трансляционно-инвариантных основных состояний. Более точно, верна следующая

Теорема 1. Пусть дана плоскость π заданная уравнением

$$r_1 x_1 + r_2 x_2 + r_3 x_3 = 0 \quad (2)$$

Тогда конфигурация

$$\varphi_\pi(x) = \begin{cases} -1, & (r_\pi \cdot x) \geq 0 \\ +1, & (r_\pi \cdot x) < 0, \end{cases} \quad (3)$$

где вектор $r_\pi = (r_1, r_2, r_3)$ является основным состоянием модели (1). Геометрически основное состояние $\varphi_\pi(x)$ конфигурация, в которой по разные стороны плоскости π помещены разные частицы. Основные состояния модели (1) принадлежат множеству основных состояний ферромагнитной модели Изинга.

Теорема 1 верна при любой размерности решетки. Доказательство от размерности решетки не зависит. Более того, как будет выяснено, потенциал $J(x-y)$ можно заменить и на не трансляционно-инвариантный.

Плоскость π назовем рациональной, если r_i и r_j рационально зависимые числа при любом наборе $i, j = 1, 2, 3$.

Теорема 2. Пусть плоскость π рациональна. Тогда основное состояние $\varphi_\pi(x)$ устойчиво по Пайерлсу (см. [1]).

Ранее модель (1) была рассмотрена С. Е. Бурковым в несколько иной интерпретации (задача равновесной формы кристалла, спиновые переменные $\varphi(x) = 0, 1$) и в случае двумерной решетки им доказана теорема 1 с применением метода, акцентирующего внимание на критерии Хаббарда [2].

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Э. Ю. Салаев (главный редактор), Г. Б. Абдуллаев, М. Т. Абасов, В. С. Алиев, Г. А. Алиев, Дж. А. Алиев, И. 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», 1987 г.

Теорема 2 дает веские основания существования устойчивой поверхности раздела в модели (1). В случае, когда плоскость π рациональна, и потенциал $J(r) = r^{-\alpha}$, $\alpha > 8$, при малых температурах основные состояния $\varphi_\pi(x)$ порождают близкие к себе гиббсовские состояния [3].

Доказательство теоремы 1. Пусть фиксирована плоскость π и определена конфигурация $\varphi_\pi(x)$ формулой (3). Для доказательства теоремы нужно установить, что

$$H(\tilde{\varphi}_\pi(x) | \varphi_\pi(x)) = H(\tilde{\varphi}_\pi(x)) - H(\varphi_\pi(x)) \geq 0, \quad (4)$$

где конфигурация $\tilde{\varphi}_\pi(x)$ — возмущение конфигурации $\varphi_\pi(x)$ на произвольном конечном множестве $A \subset Z^3$. Заметим, что $H(\tilde{\varphi}_\pi(x) | \varphi_\pi(x))$ конечно ввиду конечности возмущения и условия $\sum_{x \in Z^3} J(x) < \infty$. По оп-

ределению

$$H(\tilde{\varphi}_\pi(x)) - H(\varphi_\pi(x)) = \sum_{x, y \in Z^3} J(x-y) (\varphi_\pi(x) \varphi_\pi(y) - \tilde{\varphi}_\pi(x) \tilde{\varphi}_\pi(y)) \quad (5)$$

Множество всех пар точек (x, y) ; $x, y \in Z^3$, по которым проводится суммирование в (5), разобьем на 4 класса: $M_1 = \{(x, y) : x \in A, y \in A\}$, $M_2 = \{(x, y) : x \notin A, y \notin A\}$, $M_3 = \{(x, y) : \varphi_\pi(x) \varphi_\pi(y) = 1, x \in A, y \notin A \text{ или } x \notin A, y \in A\}$, $M_4 = \{(x, y) : \varphi_\pi(x) \varphi_\pi(y) = -1, x \in A, y \notin A \text{ или } x \notin A, y \in A\}$.

Тогда формулу (5) можно переписать в следующем виде:

$$H(\tilde{\varphi}_\pi(x)) - H(\varphi_\pi(x)) = \sum_{(x,y) \in M_1} \alpha(x,y) + \sum_{(x,y) \in M_2} \alpha(x,y) + \sum_{(x,y) \in M_3} \alpha(x,y) + \sum_{(x,y) \in M_4} \alpha(x,y),$$

где $\alpha(x, y) = J(x-y) (\varphi_\pi(x) \varphi_\pi(y) - \tilde{\varphi}_\pi(x) \tilde{\varphi}_\pi(y))$.

Теперь заметим, что в первой и во второй суммах все слагаемые $\alpha(x, y) = 0$, слагаемые третьей суммы $\alpha(x, y) > 0$, а слагаемые четвертой суммы $\alpha(x, y) < 0$. Значит, для доказательства неравенства (4) достаточно проверить, что каждому отрицательному числу четвертой суммы можно однозначно сопоставить положительный член третьей суммы, равный ему по модулю. Пусть $(\bar{x}, \bar{y}) \in M_4$. По определению $\varphi_\pi(\bar{x}) \varphi_\pi(\bar{y}) = -1$ и выполнено одно из двух симметричных условий 1. $\bar{x} \in A, \bar{y} \notin A$. 2. $\bar{x} \notin A, \bar{y} \in A$. Для определенности предположим, что имеет место 1. Определим последовательность точек $v_n \in Z^3$, $n \geq 1$ следующим образом: $v_1 = \bar{y}, v_2 = \bar{x}, v_n = T(v_{n-1}, v_{n-2})$ при $n > 2$, где через $T(x, y)$ обозначена точка, центрально симметричная точке y относительно точки x . Далее введем последовательность пар точек $w_n = (v_n, v_{n+1})$, $n > 1$. Согласно введенным определениям $w_1 \in M_4$, $w_i \notin M_4$ при $i > 1$. Ввиду конечности возмущения (т. е. множества A) найдется такое N , что $w_1 \in M_2$, $i > N$. Теперь заметим, что поскольку последовательность $\varphi(v_n)$, $n > 1$ содержит члены разных знаков, множество $\{w_k : w_k \in M_3\}$ непусто и корректно определено число $m = \min_{w_k \in M_3} k$. Далее очевидно, что $J(v_{i+1} - v_i) =$

$J(v_{j+1} - v_j)$ при любых $i, j \geq 1$. Окончательно, требуемое соответствие строится следующим образом:

$$M_4 \ni \alpha(x, y) \rightarrow \alpha(v_m, v_{m+1}) \in M_3$$

Тем самым доказательство теоремы 1 завершено.

Замечание. В доказательстве теоремы 1 мы пользовались лишь условием $J(x-y) = J(T(x, y), -x)$; $x, y \in Z^3$. Отсюда следует, что теорема 1 верна и для не трансляционно-инвариантных потенциалов $J(x, y)$.

Автор благодарен Я. Г. Синаю за внимание к работе.

Литература

1. Синай Я. Г. Теория фазовых переходов. Строгие результаты.—М.: Наука, 1980, —207 с. 2. Burkov S. E.—Journal Physique, 46, 1985, 317—327. 3. Kerimov A. A.—Journal of Statistical Physics.

Институт математики и механики

Поступило 11. III 1986

А. А. Керимов

СОНСУЗ РАДИУСЛУ ПОТЕНСИАЛЛЫ ИЗИНГ МОДЕЛИНДЭ ТРАНСЛЯЦИОН-ИНВАРИАНТ ОЛМАЈАН ЭСАС КОНФИГУРАСИЈАЛАР

Мәғаләдә сонсуз радиуслу потенциаллы Изинг моделинә трансляцион-инвариант олмајан эсас конфигурасияларын тапылмасындан бәһс едилир.

A. A. Kerimov

THE NON-TRANSLATION-INVARIANT GROUND STATES OF THE ISING MODEL WITH LONG RANGE INTERACTION

The non-translation-invariant ground states are found in Ising ferromagnetic model with long range forces.

УДК 517.95

МАТЕМАТИКА

Ф. А. АЛИЕВ

О СМЕШАННОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ОДНОГО КВАЗИЛИНЕЙНОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

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

1. Известно, что квазилинейные гиперболические уравнения, вообще говоря, не имеют гладкие глобальные решения. В работах С. И. Похожаева [1, 2] выделен класс квазилинейных уравнений гиперболического типа с функциональными нелинейностями, для которых смешанная задача разрешима в целом в классе функций, обладающих конечным числом производных.

В данной работе исследуется один класс квазилинейных уравнений с функциональной нелинейностью, возникающих в теории колебаний, когда присутствует начальное натяжение [3].

Пусть Ω — ограниченная область из R^n с достаточной гладкой границей $\partial\Omega$ и $T > 0$. В цилиндре $Q = \Omega \times [0, T]$ рассмотрим следующую задачу

$$u_{tt} - a \left(\int_{\Omega} u_1^2 dx \right) \Delta u = 0 \text{ в } Q, \tag{1}$$

$$u = 0 \text{ на } S = \partial\Omega \times [0, T], \tag{2}$$

$$u = u_0(x), \quad u_t = u_1(x) \text{ при } t = 0, \quad x \in \Omega. \tag{3}$$

Отметим, что доказать глобальную разрешимость задачи (1)–(3) не удастся для всего класса квазилинейных уравнений вида (1). В этой статье выявлен класс уравнений вида (1), для которых смешанная задача имеет единственное глобальное решение.

2. Следуя работе [1], определим закон сохранения второго порядка (ЗС2) для уравнения (1) с условием (2).

Пусть $H: R^1 \rightarrow R^1$. Положим

$$J_u(t) = H \left(\int_{\Omega} u^2(x, t) dx, \int_{\Omega} u(x, t) u_t(x, t) dx, \int_{\Omega} u_1^2(x, t) dx, \int_{\Omega} |u(x, t)|^2 dx, \int_{\Omega} (\nabla u(x, t), \nabla u_t(x, t)) dx, \int_{\Omega} |(\nabla_1(x, u, t))|^2 dx, \int_{\Omega} (\Delta u(x, t))^2 dx \right), \tag{4}$$

где (\cdot, \cdot) — скалярное произведение в R^n .

Определение. ЗС2 для уравнения (1) с граничным условием (2) называется соотношением вида

$$J_u(t) = J_u(0) \quad \forall t \in [0, T],$$

которое выполняется для любого решения $u(x, t)$ из соответствующего класса задачи (1), (2).

Существование ЗС2 для уравнений (1) с граничным условием (3) следует из следующей теоремы

Теорема 1. Пусть:

а) $a(s) \in C^2([0, +\infty))$, $a(s) \geq 0 \quad \forall s \geq 0$,

б) $H \in C^1(R^7, R^1)$,

в) $u(x, t) \in C^2([0, T]; W_2^2(\Omega))$.

Тогда для того, чтобы уравнение (2) с граничным условием (3) имело ЗС2 необходимо и достаточно, чтобы функция $a(s)$ удовлетворяла уравнению

$$2a(s)a''(s) - (a'(s))^2 = 0. \tag{5}$$

Решая уравнение (5), находим $a(s) = (C_1s + C_2)^2$, где C_1, C_2 — произвольные постоянные.

При доказательстве теоремы одновременно получается вид ЗС2:

$$J_u(t) = -C_1 \left(\int_{\Omega} (\nabla u, \nabla u_t)^2 dx \right) + (C_1s + C_2)^{-1} \int_{\Omega} |\nabla u_t|^2 dx + (C_1s + C_2) \int_{\Omega} (\Delta u)^2 dx = \text{const} \quad \forall t \in [0, T],$$

где $s = s(t) = \int_{\Omega} u_1^2 dx$

3. Положим

$$M_{\delta} = \{ (u_0, u_1) \mid (u_0, u_1) \in (W_2^2(\Omega) \cap W_2^1(\Omega)) \times \dot{W}_2^1(\Omega), \int_{\Omega} |\nabla u_0|^2 dx \leq \delta, \int_{\Omega} u_1^2 dx \leq \delta \},$$

где $\delta > 0$.

Из уравнения (1) при $a(s) = (C_1s + C_2)^2$, ($C_1 > 0, C_2 > 0$) получим

$$\frac{u_{tt}}{(C_1 \int_{\Omega} u_1^2 dx + C_2)^2} - \Delta u = 0. \tag{6}$$

Умножая (6) на u_t и интегрируя по Ω , с учетом граничных и начальных условий (2), (3), получим

$$-\frac{1}{C_1} \frac{1}{C_1 \int_{\Omega} u_1^2 dx + C_2} + \int_{\Omega} |\nabla u|^2 dx = -\frac{1}{C_1} \frac{1}{C_1 \int_{\Omega} u_1^2 dx + C_2} + \int_{\Omega} |\nabla u_0|^2 dx. \tag{7}$$

Отсюда имеем

$$\int_{\Omega} |\nabla u|^2 dx \leq \frac{1}{C_1 C_2} + \frac{1}{C_1} \frac{1}{C_1 \int_{\Omega} u_1^2 dx + C_2} + \int_{\Omega} |\nabla u_0|^2 dx \approx K_1. \tag{8}$$

При предположении $(u_0, u_1) \in M_{\delta}$ из (7) можем получить

$$-\frac{1}{C_1} \frac{1}{C_1 \int_{\Omega} u_1^2 dx + C_2} < -\frac{1}{C_1} \frac{1}{C_1 \delta + C_2} + \delta.$$

Отсюда следует

$$\frac{1}{C_1 \int_{\Omega} u_1^2 dx + C_2} > \frac{1}{C_1 \delta + C_2} - C_1 \delta. \quad (9)$$

Выберем δ так, чтобы выполнялось]

$$\frac{1}{c_1 \delta + c_2} - c_1 \delta \geq \frac{1}{2c_2} \quad (10)$$

Ясно, что неравенство (10) верно при

$$\delta < \delta_0 = \frac{1}{4c_1^2 c_2^2} [-2c_1 c_2^2 - c_1 + \sqrt{(2c_1 c_2^2 + c_1)^2 + 8c_1^2 c_2^2}].$$

Тогда из (9) получим

$$\int_{\Omega} u_1^2 dx \leq \frac{2c_2}{c_1} = K_2. \quad (11)$$

С другой стороны,

$$\begin{aligned} (c_1 s + c_2)^{-1} \int_{\Omega} |\nabla u_1|^2 dx + (c_1 s + c_2) \int_{\Omega} (\Delta u)^2 dx &= Ju(t) + \\ + c_1 \left(\int_{\Omega} (\nabla u, \nabla u_1) dx \right)^2 &= Ju(t) + c_1 \left(\int_{\Omega} \Delta u \cdot u_1 dx \right)^2 \leq \\ \leq Ju(t) + c_1 \left[\left(\int_{\Omega} (\Delta u)^2 dx \right)^{\frac{1}{2}} \left(\int_{\Omega} u_1^2 dx \right)^{\frac{1}{2}} \right]^2 &= \\ = Ju(t) + c_1 s \int_{\Omega} (\Delta u)^2 dx. \end{aligned}$$

Отсюда следует

$$c_2 \int_{\Omega} (\Delta u)^2 dx + (c_1 s + c_2)^{-1} \int_{\Omega} |\nabla u_1|^2 dx \leq Ju(t) = Ju(0) = K_3. \quad (12)$$

Из (12) с учетом (8) и (11) имеем

$$\int_{\Omega} (\Delta u)^2 dx \leq \frac{K_3}{c_2}, \quad \int_{\Omega} |\nabla u_1|^2 dx \leq K_3 (c_1 K_2 + c_2).$$

С помощью полученных априорных оценок доказана следующая теорема.

Теорема 2. *Предположим, что $a(s) = (c_1 s + c_2)^2$ и существует $\delta_0 > 0$ такое, что $(u_0, u_1) \in M_{\delta_0}$.*

Тогда существует единственная функция u , удовлетворяющая следующим условиям:

$$u \in C([0, T]; \dot{W}_2^1(\Omega)) \cap L_{\infty}([0, T]; W_2^2(\Omega) \cap \dot{W}_2^1(\Omega)),$$

$$u_t \in C([0, T]; L_2(\Omega)) \cap L_{\infty}(0, T; \dot{W}_2^1(\Omega)),$$

$$u_{tt} \in L_{\infty}(Q),$$

$$u_{tt} - a \left(\int_{\Omega} u_1^2 dx \right) \Delta u = 0 \text{ в } Q,$$

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad u_t(x, 0) = u_1(x).$$

Литература

1. Похожаев С. И.—Труды Моск. энергетич. ин-та, 1974, вып. 201, с. 118—126.
2. Похожаев С. И.—Диффер. уравнения, 1985, т. 21, с. 101—108.
3. Shionozuka M., Wen Y.-K.—AIIA J., 1972, vol. 10, № 1, p. 37—40.

АзПИ и.м. Ч. Ильдрима

Поступило 25. VI 1986

Ф. А. Әлиев

БНР КВАЗИХЭТТИ ИМПЕРБОЛИК ТИП ТЭНЛИК ҮЧҮН ГОЈУЛМУШ ГАРЫШЫГ МЭСЭЛЭ ЫАГГЫНДА

Мэгалэдэ бир синиф квазихэтти гиперболик тип тэнлик үчүн гојулмуш гарышыг мэсэлэнин глобал хэллинин харлыг нэ јеканэлији кэстэрлимишдир.

F. A. Aliev

ON A MIXED PROBLEM FOR ONE QUASI-LINEAR HYPERBOLIC EQUATION

A global solvability of a mixed problem for one quasi-linear hyperbolic equation is proved in the article.

Г. Г. ГУЛИЕВ, Э. А. АЛИЕВ

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СКВАЖИН ПРИ ОДНОРОДНЫХ НАЧАЛЬНЫХ МАЛЫХ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ

(Представлено член-корр. АН СССР М. Т. Абасовым)

Различные задачи устойчивости в окрестности скважины, в пределах трехмерной линеаризованной теории, для различных вариантов теорий малых и больших однородных и неоднородных начальных деформаций в случаях конкретных моделей (линейно-изотропных, анизотропных, упруго-пластических и др.) сжимаемых и несжимаемых сред исследованы в [1, 2, 6, 10 — 14]. При исследовании конкретных задач в случае неоднородных начальных деформаций применены вариационные методы, а в однородных начальных деформациях с применением представления общих однородных решений построены точные решения. Рассмотрены случаи, когда внешние воздействия на поверхности скважины смоделированы в виде консервативных (мертвых) или неконсервативных (следающих) нагрузок.

Имеется большой цикл исследований задач устойчивости для скважин, выполненных с помощью различных прикладных теорий [15]. Анализ результатов, полученных в этих работах, и их оценка с позиций механики деформируемого твердого тела даны в [6].

В данной работе в пределах трехмерной линеаризованной теории исследуется задача устойчивости стенок скважин в случае, когда под действием поля напряжений в окрестности скважины и во всем пространстве в начальном состоянии реализуется однородное поле малых упруго-пластических деформаций. Исходя из обобщенной концепции продолжающегося нагружения [8], с применением метода представления общих однородных решений [3 — 5, 7, 8] получены точные аналитические решения задач устойчивости в случаях, когда на поверхности скважины заданы мертвые или следающие внешние нагрузки.

Рассмотрим упруго-пластическое пространство из несжимаемого материала, в которое пройдена вертикальная цилиндрическая полость кругового поперечного сечения радиуса R . Вдоль оси полости действуют сжимающие напряжения $\sigma_{33}^0 = -\bar{p}$. На бесконечности в горизонтальных плоскостях действуют сжимающие усилия с интенсивностью q . Силы собственного веса не учитываются. Полость заполнена жидкостью с определенными удельными весами. Путем управления удельного веса жидкости можно прийти к случаю, когда в окрестности полости реализуется однородное поле деформаций. В этом случае вызываемая жидкостью на поверхности полости давления характеризуется параметром интенсивности усилий q . Тогда в начальном состоянии характер распределения напряжений будет иметь вид:

$$\sigma_{11}^0 = \sigma_{22}^0 = -q; \quad \sigma_{33}^0 = -\bar{p}; \quad \bar{p} = \alpha = \text{const.} \quad (1)$$

В рассматриваемом случае для несжимаемых сред трехмерная линеаризованная задача сформулируется в следующем виде: уравнения движения

$$\nabla_i (x^{ijnm} \nabla_m u_n + g^{ij} p) = 0; \quad (2)$$

условия несжимаемости

$$\nabla_n u^n = 0; \quad (3)$$

граничные условия на поверхности полости

$$N_i (x^{ijnm} \nabla_m u_n + g^{ij} p) + Q (N^i \nabla_i u^i - N^i g^{ij} \nabla_n u_i) = 0; \quad (4)$$

условие затухания возмущений

$$u_\alpha \rightarrow 0 \quad \text{при } \rho \rightarrow \infty.$$

Здесь элементы тензора x^{ijnm} определяются из следующего выражения [8]:

$$x^{ijnm} = \delta^{ij} \delta^{nm} \delta^{lm} + (1 - \delta^{ij}) (\delta^{in} \delta^{jm} + \delta^{im} \delta^{jn}) \mu^{ij} + \delta^{im} \delta^{jn} \delta^{033}. \quad (5)$$

Величины a^{ln} , μ^{ij} , δ^{033} определяются для упруго-пластических несжимаемых тел при однородных малых начальных деформациях.

Давление жидкости на поверхности полости заменяется действием внешних "мертвых" или "следающих" нагрузок. Составляющие вектора следающей нагрузки определяются по уточненной [4, 9] формуле:

$$p^j = -\bar{p} \Lambda^n g^{mj} \nabla_m u_n. \quad (6)$$

Подставляя (5), (6) в уравнение (2) и исходя из представления ее общих однородных решений в круговой цилиндрической системе координат, получаем следующие граничные условия:

$$\left(\sigma_{11}^0 + 2\mu_{12} + \bar{p} \right) \frac{\partial}{\partial r} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \psi + \left[-(\sigma_{11}^0 + \mu_{12} + \bar{p}) \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \mu_{12} \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) + (\sigma_{11}^0 + \mu_{12} - \mu_{13}) \Delta + (\mu_{13} + \sigma_{33}^0) \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0; \quad (7)$$

$$\left[-(\mu_{12} + \sigma_{11}^0) \frac{\partial^2}{\partial r^2} + (\mu_{12} + \bar{p}) \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) \right] \psi - (2\mu_{12} + \sigma_{11}^0 + \bar{p}) \frac{\partial}{\partial r} \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta \partial z} = 0;$$

$$(\mu_{13} + \bar{p}) \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta \partial z} + [\mu_{13} (1 + \sigma_{11}^0 \mu_{13}^{-1}) \Delta - (\mu_{13} + \bar{p}) \frac{\partial^2}{\partial z^2}] \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0.$$

Согласно постановке задач (2) — (4), в этом случае функции ψ , x представляются так [5]:

$$\psi = A_{1n}^{12} K_n(j\tilde{\epsilon}_1 r) \sin x_3 \sin n\theta; \quad x = [A_{12}^{22} K_n(j\tilde{\epsilon}_2 r) + A_{1n}^{32} K_n(j\tilde{\epsilon}_3 r)] \cos jz \cos n\theta; \quad j = \frac{\pi}{l}. \quad (8)$$

Здесь $K_n(x)$ — функции Макдональда.

Исходя из (7) и (8), получаем характеристическое уравнение для следающих и мертвых нагрузок, соответственно

$$x^3 (\alpha^3 - 11\alpha^2 - 5\alpha - 1) + x^2 \left(\frac{8}{3} \alpha^2 + \frac{14}{3} \alpha + 6\alpha\epsilon + 2\epsilon + \frac{2}{3} \right) -$$

$$-x \left(\epsilon^2 + 2\alpha\epsilon + \frac{4}{3}\epsilon + \frac{2}{3}\alpha + \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{3}\epsilon^2 + \frac{2}{9}\epsilon + \frac{1}{27} = 0; \quad (9)$$

$$x^4 (\alpha^3 + \alpha^2 + \alpha) - x^3 \left(\frac{1}{3}\alpha^3 + 2\alpha^2\epsilon + 2\alpha\epsilon + \alpha^2 + \alpha + \frac{1}{3} \right) + x^2 \left(\frac{2}{9}\alpha^2 + \frac{5}{9}\alpha + 2\alpha\epsilon + \frac{2}{3}\alpha^2\epsilon + \alpha\epsilon^2 + \frac{2}{3}\epsilon + \frac{2}{9} \right) - x \left(\frac{1}{3}\alpha\epsilon^2 + \frac{4}{9}\alpha\epsilon + \frac{1}{3}\epsilon^2 + \frac{4}{3}\epsilon + \frac{1}{9}\alpha + \frac{1}{9} \right) + \frac{1}{9}\epsilon^2 + \frac{1}{27}\epsilon + \frac{1}{81} = 0. \quad (10)$$

Здесь введены такие обозначения:

$$x = \frac{\tilde{p}}{E_c}; \quad \epsilon = \frac{E_k}{E_c}.$$

Далее рассмотрим среды, для которых $\epsilon \ll 1$. В этом случае решение уравнения (9) представим в виде ряда по малому параметру.

Отбрасывая величины порядка ϵ^3 , из (9) получаем аналитические выражения для определения критической нагрузки:

$$\begin{aligned} x_{кр} &= 0,144 + 0,353\epsilon - 0,241\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 0; \\ x_{кр} &= 0,129 + 0,351\epsilon - 0,134\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 0,2; \\ x_{кр} &= 0,115 + 0,331\epsilon - 0,052\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 0,4; \\ x_{кр} &= 0,102 + 0,309\epsilon - 0,028\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 0,6; \\ x_{кр} &= 0,042 + 0,127\epsilon + 0,006\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 2; \\ x_{кр} &= 0,021 + 0,085\epsilon + 0,005\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 4; \\ x_{кр} &= 0,014 + 0,044\epsilon + 0,0036\epsilon^2 & \text{при } \alpha = 6. \end{aligned} \quad (11)$$

В случае нарушения условия $\epsilon \ll 1$ характеристическое уравнение решается численно с помощью ЭВМ и некоторые конкретные результаты приведены в таблице.

ϵ	α			
	0,2	0,6	1,9	3
0,97	$\frac{0,1985(3,7)}{0,1985(3,6)}$	$\frac{0,2787(3,8)}{0,2787(2,5)}$	$\frac{0,1375(3,4)}{0,1375(2,5)}$	$\frac{0,0737(3,4)}{0,137(3)}$
0,93	$\frac{0,2636(3,8)}{0,2636(3,6)}$	$\frac{0,3212(3,6)}{9,3212(4,9)}$	$\frac{0,1642(3,2)}{0,1642(2,9)}$	$\frac{0,0945(3,3)}{0,0945(2,1)}$

Примечание. Цифры в числителе соответствуют следящей, а в знаменателе — мертвой нагрузкам. В скобках даны соответствующие критические значения параметра волнообразования.

Из анализа полученных результатов следует: 1) как при задании на поверхности полости следящей, так и мертвых нагрузок рост величин нагрузок, действующих в горизонтальных направлениях при $\epsilon \ll 1$, приводит к уменьшению величин критических нагрузок потери устойчивости.

сти, причем в случае всестороннего сжатия ($\alpha=1$), в случае задания на поверхности полости следящей нагрузки происходит внутренняя форма потери устойчивости; 2) для сред, у которых $\epsilon \sim 1$, влияние следящих и мертвых поверхностных нагрузок на величину критических сил потери устойчивости одинаково при различных критических параметрах волнообразования. В этом случае рост величины параметра α в интервале $0 < \alpha \leq 1$ приводит к увеличению величины критических сил потери устойчивости, а в интервале $1 < \alpha < \infty$ — к их уменьшению. Эти результаты показывают, что в зависимости от механических свойств среды величины критических сил потери устойчивости могут изменяться в значительных интервалах количественно, а также может появиться и качественно новая форма потери устойчивости. Отметим, что эти результаты получены в пределах трехмерной линеаризованной теории при применении концепции обобщенного продолжающегося нагружения, и они качественно и количественно отличаются от результатов приближенного подхода.

Литература

1. Алиев Э. А. — ВИНТИ, 1984, Деп. № 7983—84, с. 9.
2. Алиев Э. А. — ВИНТИ, 1984, Деп. № 7984—84, с. 15.
3. Гузь А. Н. Устойчивость трехмерных деформируемых тел. — Киев: Наукова думка, 1971. — 276 с.
4. Гузь А. Н. Устойчивость упругих тел при всестороннем сжатии. — Киев: Наукова думка, 1979. — 144 с.
5. Гузь А. Н. Устойчивость упругих тел при конечных деформациях. — Киев: Наукова думка, 1973. — 270 с.
6. Гузь А. Н., Кулиев Г. Г. Прикл. механика, т. XIX, № 2, с. 12.
7. Гузь А. Н. — Механика хрупкого разрушения материалов с начальными напряжениями. — Киев: Наукова думка, 1983. — 282 с.
8. Гузь А. Н. Основы теории устойчивости горных выработок. — Киев: Наукова думка, 1977. — 198 с.
9. Гузь А. Н. — Докл. АН СССР, 1980, № 3, с. 533—555.
10. Джаббаров М. Д., Кулиев Г. Г. — Докл. АН АзССР, 1984, № 3, с. 20—23.
11. Кулиев Г. Г., Гюльмамедов Ш. Б. — Докл. АН АзССР, 1984, № 1, с. 13—16.
12. Кулиев Г. Г., Юсубов Д. Д. — ВИНТИ, 1985, Деп. № 2309—85, с. 19.
13. Кулиев Г. Г. Разрушение и устойчивость трехмерных тел с трещинами и некоторые родственные проблемы горной и нефтяной механики. — Баку: Элм, 1983. — 119 с.
14. Кулиев Г. Г., Намазов Т. А. — Прикл. механика, 1983, т. XIX, № 8, с. 24—28.
15. Сейд-Рза М. К., Фаталиев М. Д., Фараджев Т. Г. и др. Устойчивость горных пород при бурении скважин на большие глубины. — М.: Наука, 1972. — 235 с.

Институт математики
и механики

Поступило 24.II 1986

И. И. Гулиев, Е. А. Алиев

БИРЧИНС БАШЛАНҒЫЧ КИЧИК ЕЛАСТИКИ-ПЛАСТИКИ ДЕФОРМАСИЈАДАН АСЫЛЫ ОЛАРАГ НЕФТ ГУЈУЛАРЫНЫН ДАЈАНЫГЛЫҒЫ ҺАГГЫНДА

Мәғаләдә үчөлчүлү хәтләшдирилмиш нәзәријәдән истифадә едәрәк, нефт гујусу әтрафында јаранан кәркилик һесабына бирчинс башланғыч кичик еластики-пластики деформасија һалында гујунун диварынын дајаныглығы тәдгиг олунур. Бирчинс үмуми һаллин верилмәсиндән истифадә едәрәк, гујунун јан сәһһиндә олан «өлү» вә «дири» гүвәләр һалында дајаныглығы мәсәләси үчүн дәгиг аналитик һәлл гурулуру.

G. G. Kuliyev, E. A. Aliyev

ON STABILITY OF WELLS UNDER HOMOGENEOUS INITIAL SMALL ELASTICO-PLASTIC DEFORMATIONS

In bounds of three-dimensional linearized theory, a stability problem of well walls is investigated, when under the action of stress fields in the neighbourhood of well and in all space in initial state a homogeneous field of small elasto-plastic deformations is realized.

Starting from generalized conception of continued loading of stability theory by applying the method of representations of general homogeneous solutions, exact analytic solutions of stability problems are constructed, when on the surface of the well dead or tracking external loadings are given.

Акад. М. И. АЛИЕВ, Д. Г. АРАСЛЫ, Р. Н. РАГИМОВ

ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 , Ag_8SnSe_6

Тройные соединения типа $A_8M^1X_6^0$ (где $M—Ce, Sn, Si$; $X—S, Se$ и Te) характеризуются наличием ряда полиморфных превращений. Большой объем элементарной ячейки и наличие полиморфных превращений в этих кристаллах могут быть причиной различных температурных особенностей электрических и тепловых свойств.

В данной работе исследована температуропроводность трех веществ из этой группы: Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 , Ag_8SnSe_6 в области температур 120—400 К, где в данных соединениях происходит ряд фазовых превращений.

Исследования фазовой $P—T$ -диаграммы этих соединений приведены в работе [1]. Высокотемпературная γ -фаза у всех изученных соединений обладает гранцентрированной кубической решеткой. При понижении температуры в Ag_8GeSe_6 происходят полиморфные превращения α'/β при 270 К, $\beta'/\gamma—311$ К, в Ag_8GeTe_6 $\alpha/\beta—221$ К и $\beta/\gamma—244$ К (обозначения фаз приводятся согласно [1]). Ag_8SnSe_6 обладает одним полиморфным превращением при 356 К, образуя низкотемпературную β' -фазу, структура которой точно не установлена.

В литературе имеется много работ по изучению оптических свойств этих соединений [2—4], где обнаружена значительная фоточувствительность этих материалов, что дает основание считать их перспективными материалами для создания фоторезисторов.

Теплопроводность Ag_8SnSe_6 изучена в [5] и установлена температурная зависимость, аналогичная наблюдаемой в работе [6] для β -бора и $\alpha-AlB_{12}$.

На рис. 1 представлена температурная зависимость коэффициента температуропроводности (α) соединений Ag_8GeSe_6 , Ag_8GeTe_6 , Ag_8SnSe_6 , измеренная методом светового импульсного нагрева, описанного в [7]. По этой методике определена и температурная зависимость теплоемкости в относительных единицах $C_p(T)/C_{p(300)}$ (рис. 2). Как видно из рисунков, исследованные параметры в Ag_8GeSe_6 при $T = 263$ и 312 К, в Ag_8GeTe_6 при $T = 214$ и 238 К, в Ag_8SnSe_6 при $T = 348$ К имеют аномальный ход; α имеет глубокий минимум, а $C_p(T)/C_{p(300)}$ — максимум. Обнаруженные аномалии α и $C_p(T)/C_{p(300)}$ происходят в сопровождении температурного гистерезиса ($\Delta T \sim 5 \div 7$ градусов). Вид скачкообразного изменения $C_p(T)/C_{p(300)}$ от температуры и наличие гистерезиса указывает на то, что в изучаемых соединениях происходят фазовые превращения первого рода.

Известно, что температуропроводность $\alpha \sim v; l$ (v — скорость распространения фононов, l — средняя длина свободного пробега фононов) непосредственно характеризует меру рассеяния фононов. Минимум α , наблюдаемый (см. рис. 1) в области структурного фазового

перехода, связан с уменьшением длины свободного пробега фононов вследствие интенсификации ангармонических процессов рассеяния при фазовом переходе, когда вблизи температуры перехода возникают особенно сильные флуктуации параметра порядка.

Температуропроводность до и после переходов не зависит от температуры. Это говорит в пользу того, что происходит аморфизация

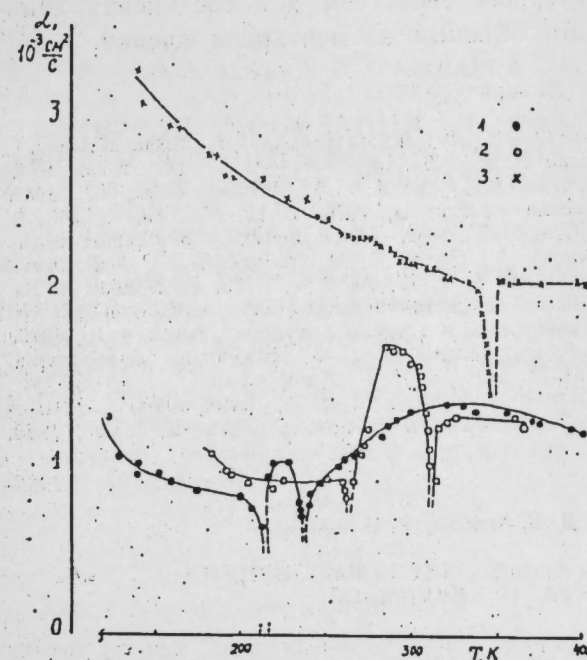


Рис. 1. Температурные зависимости температуропроводности Ag_8GeTe_6 (1), Ag_8GeSe_6 (2) и Ag_8SnSe_6 (3)

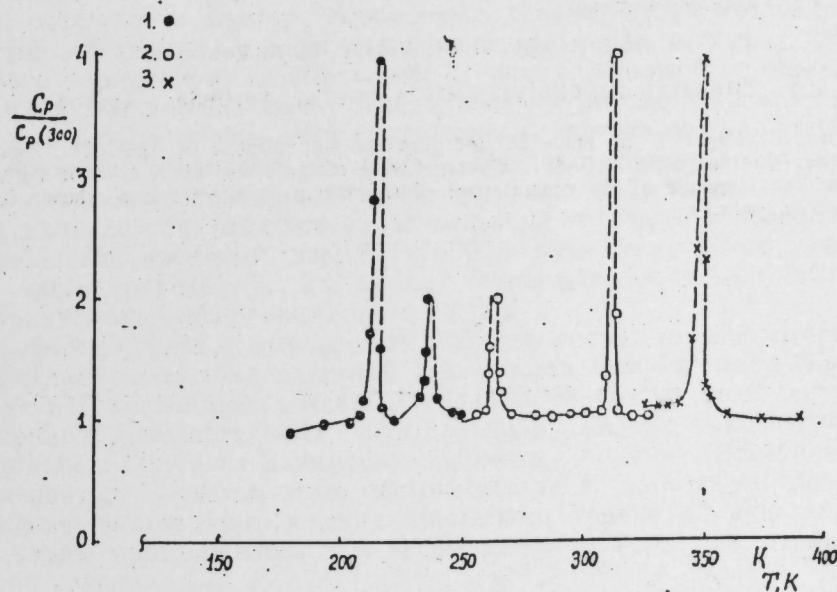


Рис. 2. Температурные зависимости теплоемкости Ag_8GeTe_6 (1), Ag_8GeSe_6 (2) и Ag_8SnSe_6 (3) в относительных единицах

высокочастотной части колебательного спектра этих соединений. Этот вывод подтверждается также температурной зависимостью теплопроводности, наблюдаемой для соединения Ag_8SnSe_6 [5].

Таким образом, согласно экспериментальным результатам этой и наших предыдущих работ [8, 9], можно заключить, что предсказанная в [6] локализация высокочастотной части колебательного спектра, по-видимому, является характерным свойством для соединений типа $A_8M^4X_6^6$ и связан с большим объемом элементарной ячейки.

Литература

1. Pistorius C.W.F.T., Gorachov O.—High temperatures—High pressures, 1970, v. 2, 31—42.
2. Осипович П. С., Гасий Б. И., Буцко Н. И.—Физ. тв. тела, 1974, т. 8, № 8, с. 1609.
3. Бендюрис Р. А., Киндурис А. С., Цветкова Е. В., Шилейка А. Ю. Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1976, т. 12, № 10, с. 1745.
4. Киндурис А. С., Бендюрис Р. А., Сенулене Д. Б.—Физ. и техн. полупроводников, 1976, т. 10, № 8, с. 1544.
5. Петров А. В., Орлов В. М., Зайцев В. К., Фейгельман В. А.—Физ. и техн. полупроводников, 1975, т. 17, № 2, с. 3703.
6. Петров А. В., Сильбанс Л. С. Структура и свойства некристаллических полупроводников (Труды VI международной конференции по аморфным и жидким полупроводникам.—Л., 1975, с. 122).
7. Алиев М. И., Гусейнов Р. Э., Араслы Д. Г.—Инженерн. физич. журн., 1972, т. 22, № 6, с. 1055.
8. Алиев М. И., Араслы Д. Г., Джабраилов Т. Г.—Физ. тв. тела, 1983, т. 25, № 11, с. 3487.
9. Алиев М. И., Араслы Д. Г., Джабраилов Т. Г. Всесоюзная конференция «Тройные полупроводники и их применение».—Кишинев, 1983.

Поступило 24. II 1986

М. И. Алиев, Д. Н. Араслы, Р. Н. Рахимов

Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 , Ag_8SnSe_6 БИРЛЭШМЭЛЭРИНИН ТЕМПЕРАТУР КЕЧИРМЭСИ

Үчгәт Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 вә Ag_8SnSe_6 бирлэшмэлэриндә ишыг импульсу методу илә температур кечирмә эмсалы 120—400 К температур интервалында тәдгиг олунмушдур. Мәгаләдә һәмни бирлэшмэләрдә гәфәс рәгсләри спектринин оптик будағынын локаллашмасы кәстәрилмишдир.

M. I. Aliyev, D. N. Arasly, R. N. Rahimov

THERMAL DIFFUSIVITY OF Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 , Ag_8SnSe_6

The investigation is made of temperature dependence of Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 , Ag_8SnSe_6 thermal diffusivity in the temperature range 120—400 K by the light-flash method. Localization of the optical part of the vibration spectrum is shown to occur in these compounds.

Н. А. АГАЕВ, Г. Х. АЖДАРОВ, М. А. АКПЕРОВ

ЭНЕРГИЯ ИОНИЗАЦИИ И ФАКТОР ВЫРОЖДЕНИЯ НИЖНЕГО АКЦЕПТОРНОГО УРОВНЯ НИКЕЛЯ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ ГЕРМАНИЙ-КРЕМНИЙ

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

В работе [1] была исследована энергия активации первого акцепторного состояния никеля в твердых растворах германий-кремний с содержанием кремния до 15 ат. %. Во всех кристаллах исследованный уровень никеля был частично компенсирован и энергия его активации определялась на основании измерения температурной зависимости концентрации свободных дырок P в образцах, которая в области низких температур описывается выражением [2]:

$$P = \frac{N_{NI} - N_D}{\gamma N_D} N_V \exp(-\Delta E/kT) \quad (1)$$

Здесь N_{NI} и N_D —концентрации атомов никеля и компенсирующих доноров, соответственно; ΔE и γ —энергия активации и фактор вырождения уровня никеля, соответственно; N_V —плотность состояний в валентной зоне.

Для определения фактора вырождения, равного g_+/g_- —отношению кратностей вырождения уровня в состоянии, содержащем дырку и отрицательно заряженном, из выражения (1) кроме ΔE необходимо знание величин N_{NI} и N_D . Однако определение N_{NI} из зависимости P от T в данном случае оказывается невозможным. Это связано с относительно большим значением ΔE ($>0,2$ эВ), которое приводит к тому, что до наступления полной ионизации примеси в области высоких температур начинает сказываться вклад основных носителей в концентрацию свободных носителей заряда в кристаллах. Кроме этого, невозможно также определить из данных температурной зависимости P концентрацию компенсирующих центров N_D .

В работе [3] фактор вырождения нижнего уровня никеля в германии определялся из температурной зависимости коэффициента Холла для случая с некомпенсированным уровнем никеля. В этом случае концентрация дополнительных шунтирующих мелких акцепторных центров определяется из данных коэффициента Холла в области низких температур. С учетом этого обстоятельства в настоящей работе определение фактора вырождения примесного уровня в кристаллах Ge-Si также производилось для некомпенсированного акцепторного состояния никеля.

Легирование кристаллов производилось диффузионным методом, описанным в [1], при температурах 750—850° С. Как отмечали в [1], в этих условиях в кристаллах возникают дополнительные акцепторные

центры с малой энергией активации. Для уменьшения эффективной концентрации этих центров, с целью расширения температурного интервала, где проявляется нижний уровень никеля, для экспериментов отбирались образцы, обладающие до легирования электронной

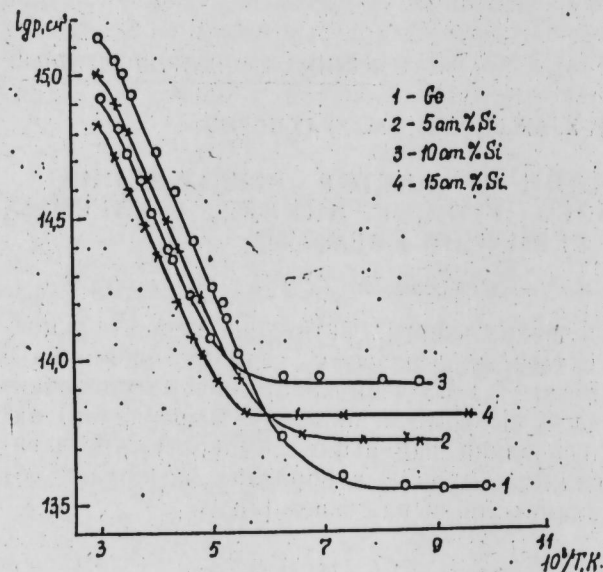


Рис. 1. Температурные зависимости концентрации дырок в кристаллах германия и твердых растворов германий—кремний с некомпенсированным первым акцепторным уровнем никеля

проводимостью, обусловленной мелкими донорными центрами с концентрацией $\sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$. На рис. 1 представлены характерные температурные зависимости концентрации дырок в кристаллах Ge и твердых растворах Ge—Si, в которых первое акцепторное состояние никеля некомпенсировано. Образцы германия изучались как контрольные. При определении концентрации дырок из данных коэффициента Холла учитывалась зависимость постоянной Холла от магнитного поля [4]. Плато на кривых в области низких температур, свидетельствующее об отсутствии компенсации исследуемого уровня, обусловлено полностью ионизированными мелкими акцепторными состояниями с эффективной концентрацией порядка $\sim 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

В работе [3] авторы отмечают различие в значениях энергии активации нижнего уровня никеля в образцах германия с компенсированным и некомпенсированным уровнем примеси. Во второй группе величина ΔE примерно на 10% ниже, чем в первой, и составляет 0,19—0,20 эВ. В настоящей работе мы не будем рассматривать вопрос, связанный с различием ΔE в кристаллах при разных компенсациях уровня, и в дальнейшем произведем только сравнение полученных значений энергии активации примеси с результатами [1] для компенсированных образцов.

Для определения ΔE и γ из данных температурной зависимости концентрации дырок в образцах используем способ, примененный в [3]. Однако для повышения точности анализа здесь мы не будем пренебрегать вкладом мелких акцепторов в общую концентрацию свободных дырок и поэтому для анализа охватим и область относительно низких температур. Уравнение электрической нейтральности кристалла для области температур, где изменение концентрации дырок обуслов-

лено ионизацией некомпенсированного нижнего уровня никеля, имеет вид [5]:

$$\frac{P(P - N_A)}{N_A + N_{Ni} - P} = N_V \gamma^{-1} \exp(-\Delta E/kT), \quad (2)$$

где N_A —концентрация мелких акцепторных центров.

Исходными данными для расчета служили значения N_A , определенные по плато в области низких температур и значения P при комнатной температуре. Подставляя их в (2) и задавая разные значения для ΔE и γ , мы рассчитывали N_{Ni} и затем строили теоретическую

Результаты анализа для образцов Ge и Ge—Si, полученные на основе данных, представленных на рис. 1

Состав образца	$N_{Ni} (\text{см}^{-3})$	$N_A (\text{см}^{-3})$	$\Delta E (\text{эВ})$	γ
Ge	$2,0 \cdot 10^{15}$	$3,5 \cdot 10^{13}$	0,20	2
5 ат. % Si	$1,5 \cdot 10^{15}$	$5,2 \cdot 10^{13}$	0,21	2
10 ат. % Si	$1,2 \cdot 10^{15}$	$8,1 \cdot 10^{13}$	0,22	2
15 ат. % Si	$1,1 \cdot 10^{15}$	$6,3 \cdot 10^{13}$	0,23	2

кривую концентрации свободных дырок в зависимости от температуры. Эффективные массы плотности состояний дырок в сплавах германий—кремний, входящие в N_V в (2), заимствованы из [6]. На рис. 2, для

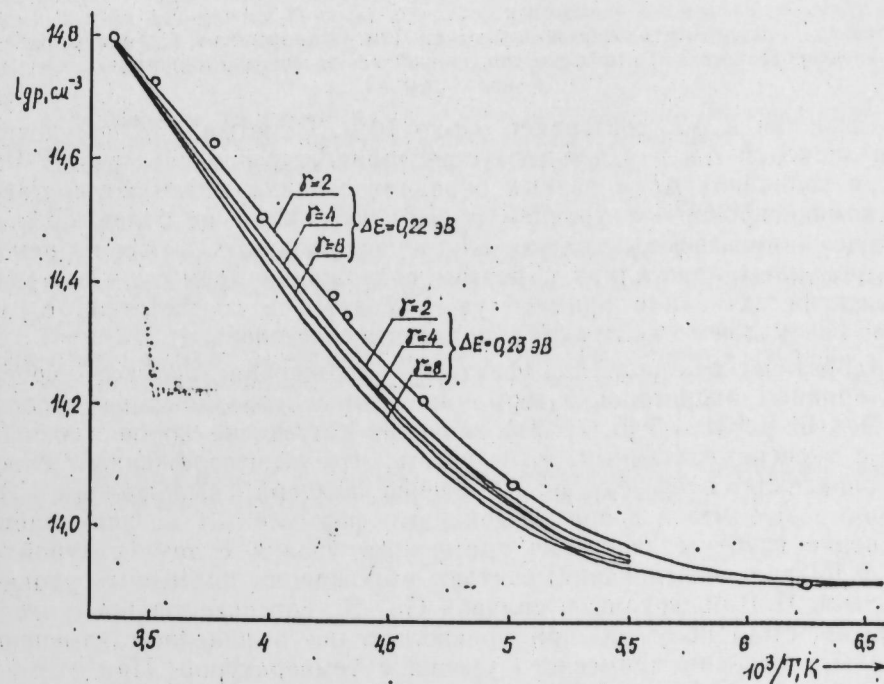


Рис. 2. Сравнение расчетных кривых температурной зависимости концентрации дырок при разных ΔE и γ с экспериментальной для кристалла Ge—Si с 10 ат. % Si

примера, представлены результаты анализа зависимости P от T для кристалла Ge—Si с содержанием кремния 10 ат.%. Кривые соответствуют расчетным данным для различных значений ΔE и γ , точки—эксп-

периментальные значения P . Также, как и в [3], для γ мы задавали значения 2; 4 и 8. Как видно, наилучшее совпадение с экспериментом имеет место при $\Delta E = 0,22$ эВ и $\gamma = 2$. Анализ данных для германия и других составов твердых растворов германий—кремний свидетельствует о том, что во всех случаях $\gamma = 2$. В таблице представлены значения ΔE , N_{Ni} и N_A , полученные на основе анализа кривых рис. 1. Температура введения никеля в эти кристаллы составляла 780—800°C. Сравнение величин ΔE некомпенсированных уровней с соответствующими компенсированными [1] произведено на рис. 3. Как в германии, так и в твердых растворах энергия активации нижнего уровня никеля в компенсированных кристаллах выше, чем в некомпенсированных.

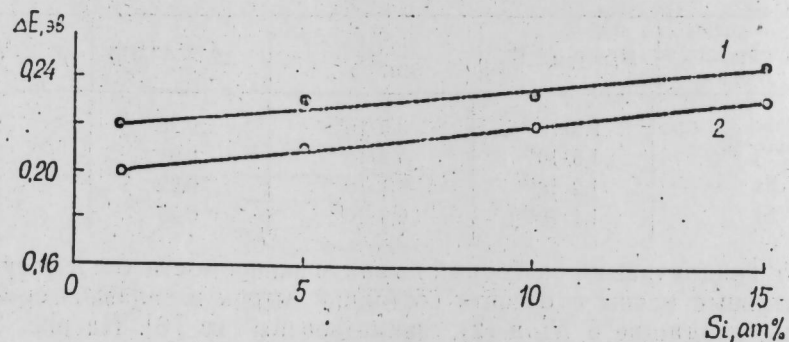


Рис. 3. Зависимости энергии ионизации компенсированного (1) и некомпенсированного (2) нижнего уровня никеля от состава кристалла германий—кремний

Различие в ΔE составляет около 10%. Отметим, что полученные нами значения ΔE и γ для германия совпадают с данными [3]. Разброс в величинах ΔE в разных образцах с одним и тем же составом и некомпенсированным уровнем никеля составляет не более 2,5%.

Рис. 3 показывает, что как в компенсированных, так и в некомпенсированных кристаллах с ростом содержания кремния в материале энергия активации примеси увеличивается в соответствии с моделью виртуального кристалла для твердых растворов.

Теоретическое значение фактора вырождения нижнего уровня двухзарядных акцепторов в германии и в исследованных нами составах Ge—Si равно 1,5 [5, 7]. Это значение достаточно хорошо согласуется с экспериментальным, если учесть, что вышензложенным способом определяется эффективное значение фактора вырождения. Это связано с тем, что в используемой нами формуле (2) не учитывается изменение глубины залегания примесного уровня с температурой. В работе [5] при исследовании фактора вырождения примесных уровней элементов П Б подгруппы в сплавах Ge—Si, согласно теории с экспериментом было получено при предположении о линейном изменении глубины залегания примесного уровня с температурой. При этом в правой части формулы (2) появляется дополнительная константа, величина которой определяется температурным коэффициентом изменения ширины запрещенной зоны полупроводника и глубиной примесного уровня. При ΔE порядка 0,2 эВ эта константа равна ~ 3 [5]. Близость теоретического значения для нижнего уровня никеля с эк-

спериментальным, полученным с помощью (2), свидетельствует о практической неизменности энергетического интервала между потолком валентной зоны и акцепторным состоянием никеля в зависимости от температуры.

Литература

1. Аждаров Г. Х., Тагиров В. И. — ФТП, 1970, т. 5, № 6, с. 1107—1110.
2. Блекмор Дж. Статистика электронов в полупроводниках. — М.: Мир, 1964. — 392 с.
3. Остробородова В. В., Иванова В. В. — ФТТ, 1964, т. 6, № 11, с. 3481—3483.
4. Аждаров Г. Х. — Дис. докт. физ.-матем. наук. — Баку, 1981. — 347 с.
5. Аждаров Г. Х., Шахтагинский М. Г. — Изв. АН АзССР. Сер. физ.-тех. и матем. наук, 1976, № 4, с. 8—14.
6. Аждаров Г. Х., Ганиев А. С., Шахтагинский М. Г. Докл. АН АзССР, 1981, т. 17, № 8, с. 36—40.
7. Штивельман К. Я., Романычев Д. А., Ларин П. Е. — В сб.: Свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1977, с. 5—8.

Институт физики

Поступило 5. 11 1986

Н. А. Агаев, Г. Х. Аждаров, М. А. Акперов

КЕРМАНИУМ-СИЛИСИУМ БЭРК МӘҤЛУЛЛАРЫНДА Ni-ни АШАҒЫ АКСЕПТОР СӘВИҖЈӘСИННИН ЧЫРЛАШМА ФАКТОРУ ВӘ ИОНЛАШМА ЕНЕРЖИСИ

Мәғаләдә керманиум-силисиум бәрк мәһлулларында (15 ат. %-ә гәдәр Si) никелин ашағы аксептор сәвиҗјәсинин чырлашма факторунун вә активасија енержисинин тәдгигинин нәтичәләри верилмишдир. Диффузија методу илә никеллә ашгарланмыш нүмунәләрин вә һолл әмсалынын температур асылылығы әсасында тәдгигат апарылмыш вә кәстәрилмишдир ки, керманиум вә керманиум-силисиум бәрк мәһлулларында никелин компенсасија олунмамыш биринчи аксептор сәвиҗјәсинин активасија енержиси компенсасија олунмуша нисбәтән аздыр. Мүәҗјән олунмушдур ки, силисиумун консентрасија-сынын чохалмасы илә никелин сәвиҗјәсинин активасија енержиси (ΔE) чүзи дәрәчәдә артыр.

Керманиум вә керманиум-силисиум бәрк мәһлулларында никелин тәдгиг олунан сәвиҗјәсинин чырлашма факторунун еффеktiv гиҗмәти 2-ја бәрәбәрдир. Алынн нәтичәләр мөвчуд нәзәријјә кәрә изаһ едилмишдир.

N. A. Agaev, G. Kh. Azhdarov, M. A. Akperov

ACTIVATION ENERGY AND DEGENERATION FACTOR OF THE FIRST ACCEPTOR LEVEL OF Ni IN GERMANIUM—SILICON SOLID SOLUTIONS

The article gives the results of studying of the activation energy and the degeneration factor of Ni in Ge—Si solid solutions with silicon content amounting to 15%. The temperature dependence of current carriers concentration is used to determine the degeneration factor and activation energy of the impurity level.

The effective value of the degeneration factor in the crystals having different composition $\gamma \approx 2$.

The acceptor level of Ni is shown to move slightly from the valence band top with the increase of the silicon content in germanium—silicon.

УДК 621.315.592

В. К. МАМЕДОВ, И. З. СУЛЕЙМАНОВ, Э. К. ГУСЕЯНОВ, ЭЛЬ. Ю. САЛАЕВ,
А. Ш. АБДИНОВ

**ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Sn-n-CuInSe₂
БАРЬЕРНЫХ СТРУКТУР**

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

Наличие интенсивных оптических переходов, соответствующих длине волны $\lambda \approx 1,2$ мкм, в монокристаллах CuInSe₂ [1] свидетельствует о том, что структуры металл-полупроводник на основе этого материала являются перспективными для создания преобразователей солнечной энергии, а также для создания электролюминесцентных источников света и фотоприемников в видимой и близкой ИК области спектра. Однако вопросы получения переходов металл — CuInSe₂ и исследований их электрофизических свойств к настоящему времени изучены крайне недостаточно. Лишь в [2] сообщалось о получении структуры Au — CuInSe₂ и исследовании ее ВАХ при 300 К.

В данной работе приводятся результаты исследований влияния облучения γ -квантами на электрические и фотоэлектрические свойства созданных нами переходов Sn-n-CuInSe₂. Используемые монокристаллы n-CuInSe₂ выращивались методом Бриджмена. Удельное сопротивление, концентрация и подвижность свободных носителей тока при 300 К составляли $\rho \approx 10$ Ом·см, $n \approx 10^{16}$ см⁻³, $\mu \approx 100$ см²/В·с соответственно. Изучаемые структуры Sn-n-CuInSe₂ получены методом термического напыления в вакууме ($\sim 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст.) при температуре кристалла $T \approx 200 \div 240$ С. Перед этим образцы CuInSe₂ подвергались механической шлифовке и полировке, а также промывались деионизованной водой. Затем они травились в растворе двуххромовокислого калия в серной кислоте. Омические контакты получались сплавлением индия на противоположных поверхностях структуры. Облучение γ -квантами энергией 1,25 МэВ и дозами 10^6 и 10^8 Р проводилось от источника ⁶⁰Со. Для исключения отжига созданных при этом радиационных дефектов омические контакты наносились до облучения. При фотоэлектрических измерениях источником света служила лампа накаливания мощностью 400 Вт.

Снимались ВАХ (рис. 1а), вольт-фарадные характеристики (рис. 2), спектральное распределение тока короткого замыкания $I_{кз}$ и напряжение холостого хода $V_{хх}$ изучаемых структур Sn-n-CuInSe₂ как до, так и после облучения γ -квантами. Определены токовые I^1 и емкостные напряжения отсечки U^c при различных температурах. Оказалось, что структуры Sn-n-CuInSe₂ имеют ярко выраженный диодный характер,

коэффициент выпрямления которой при 77 К достигает нескольких сотен. После облучения γ -квантами растет как прямой $I_{пр}$, так и обратный ток $I_{обр}$, однако рост $I_{пр}$ значительно превосходит рост $I_{обр}$. Это свидетельствует о том, что облучение γ -квантами приводит к улучшению диодных характеристик структур, в пользу которого говорит и температурная зависимость U^1 (рис. 1б). В области комнатных температур значения U^1 для не облученных и облученных структур совпадают. Рост U^1 с уменьшением температуры для облученных структур оказался значительнее, чем для не облученных. Дальнейший рост дозы облучения (10^8 Р), главным образом, сказывается на обратной ветви ВАХ при 300 К.

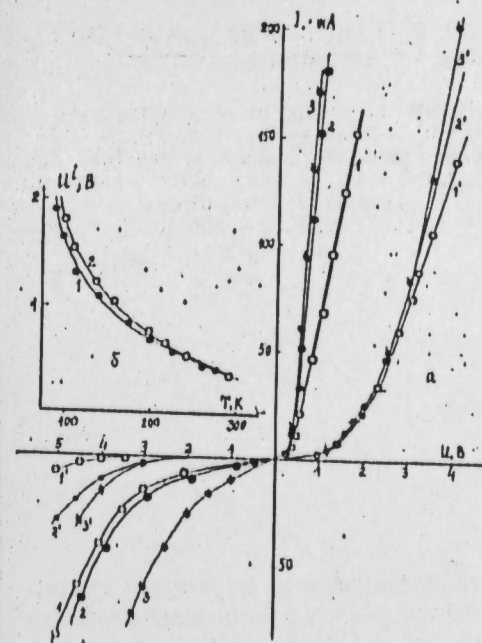


Рис. 1. а — ВАХ необлученных (1, 1') и облученных γ -квантами (2, 2', 3, 3') структур Sn-n-CuInSe₂; D_{γ} , Р: 2, 2' — 10^6 ; 3, 3' — 10^8 ; Т, К: 2, 3 — 300; 2', 3' — 77; б — температурная зависимость токового напряжения отсечки не облученных (1) и облученных γ -квантами (2) структур Sn-n-CuInSe₂; $D_{\gamma} = 10^6$ Р

Установлено, что ВАХ как не облученных, так и облученных, γ -квантами структур Sn-n-CuInSe₂ при малых прямых смещения подчиняется экспоненциальному, а при больших — линейному закону. Анализ обратной ветви ВАХ показывает, что в рассмотренном случае она удовлетворительно подчиняется соотношению [3]:

$$I \sim \exp \left[- \frac{A \varphi_n^{3/2}}{(\varphi_n - U)^{1/2}} \right], \quad (1)$$

что характерно для случая, когда преобладает туннельный механизм прохождения носителей заряда через барьер. В (1) φ_n — высота барьера для носителей заряда, движущихся со стороны металла к полупроводнику, $\varphi_n = eV_D + \delta_1$, V_D — диффузионный потенциал, δ_1 — расположение уровня Ферми относительно дна зоны проводимости (для n-CuInSe₂, $\delta_1 = 0,16$ эВ [4]).

Исследовано также влияние фотоактивного света на ВАХ облученных γ -квантами структур Sn-n-CuInSe₂ (см. рис. 2). Установлено, что после облучения γ -квантами их фоточувствительность увеличивается.

Как видно из рис. 2, емкостные и токовые напряжения отсечки при этом составляют $U^c \approx 0,5$ и $1,8$ В; $U^1 \approx 0,4$ и $1,6$ В при 300 и 77 К соответственно. Маленькое значение U^1 по сравнению с U^c при этом скорее всего тоже связано с туннелированием носителей заряда через барьер на контакте Sn-*n*-CuInSe₂. Нами также установлено, что ход кривых спек-

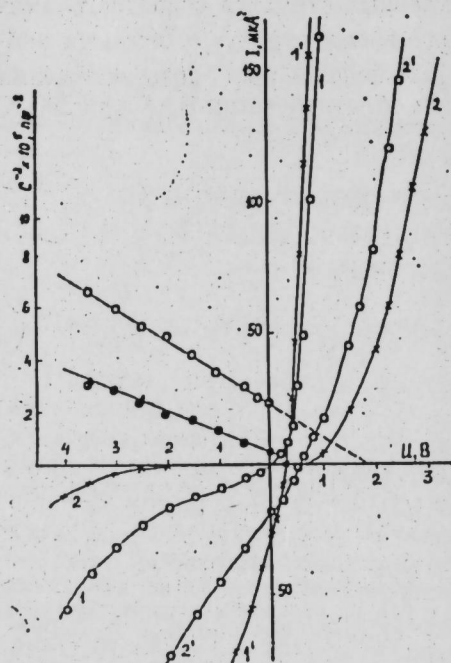


Рис. 2. Темновая (1, 2), световая ВАХ (1', 2') и ВФХ (3, 4) облученных γ -квантами структур Sn-*n*-CuInSe₂:
 $D_T = 10^6$ Р, Т: 1, 1', 3 — 300 К; 2, 2', 4 — 77 К

рального распределения фототока короткого замыкания изучаемых структур почти совпадает с ходом кривых спектрального распределения фотопроводимости облученных монокристаллов *n*-CuInSe₂, а зависимости фотоэдс (напряжение холостого хода U_{xx}) от мощности падающего на контакт излучения при относительно больших Ф выходит на насыщение; U_{xx} после облучения γ -квантами также оказалось значительно больше, чем до облучения и для облученных структур при 77 К составляет $\sim 0,8$ В.

Можно заключить, что рост высоты барьера и фоточувствительности облученных γ -квантами Sn-*n*-CuInSe₂ структур определяется возникновением радиационных дефектов в CuInSe₂.

Литература

1. Shay J. L., Tell B., Kasper H. M., Schiavone L. M.—Phys. Rev., № 7, 4485, 1973.
2. Parkes J., Tomlinson R. D., Hampshire M. J.—Solid State Electronics, v. 16, 773, 1973.
3. Туннельные явления в твердых телах /Под ред. Бурштейна и Лундквиста.—М.: Мир, 1973. —119 с.
4. Абдинов А. Ш., Кязым-заде А. Г., Мамедов В. К.—ФТП, 15, 605, 1981.

Поступило 18. XII 1986

В. Г. Мамедов, Н. З. Сүлейманов, Е. К. Гусейнов,
Ел. Ј. Салајев, Ә. Ш. Абдинов

Sn-*n*-CuInSe₂ СТРУКТУРУНУН ЕЛЕКТРИК ВӘ ФОТОЕЛЕКТРИК ХАССӘЛӘРИНӘ ГАММА ШУАЛАНМАНЫН ТӘСИРИ

Мәгаләдә 77—300 К температур интервалында Sn-*n*-CuInSe₂ структурунун електрик вә фотоелектрик хассәләринә гамма шүаланманын тәсири өјрәнилмишидир. Мүәјјән едилмишидир ки, гамма шүаланма структурун диод хассәләринә тәсир едир: дүзләнмә әмсалы вә потенциал чәпәрни һүндүрлүјү артыр.

V. K. Mamedov, N. Z. Suleimanov, E. K. Guseinov, El. Yu. Salaev,
A. Sh. Abdinov

INFLUENCE OF γ -RADIATION ON ELECTRIC AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF Sn-*n*-CuInSe₂ STRUCTURES

The authors investigate the electrical and photoelectrical properties of Sn-*n*-CuInSe₂ junction structure in 77—300 K temperature region. It is shown that rectification ratio and contact potential barrier increase as result of γ -radiation.

И. М. АСКЕРОВ, чл.-корр. АН АзССР Ч. О. КАДЖАР, И. А. МАМЕДБЕЯЛИ

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭОП СВОЙСТВА GaAs(Cr)

В работе [1] сообщалось об обнаружении фотоэлектрооптического (ФЭОП) эффекта, заключающегося в изменении электрооптических (ЭОП) свойств кристалла GaAs марки АГПМ под воздействием излучения подсветки, попадающего в область примесной фоточувствительности. Исследование ЭОП параметров кристалла GaAs марки АГП-2 является продолжением этих исследований.

Кристалл GaAs марки АГП-2 высокоомный, «полуизолирующий» с удельным сопротивлением $\beta \sim 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ при комнатной температуре, хорошо шлифуется и полируется, негигроскопичен, обладает высокой теплопроводностью. Для исследования был изготовлен образец в форме параллелепипеда с геометрическими размерами $1,35 \times 4 \times 31,5 \text{ мм}$ с длинной гранью вдоль плоскости (III). Омические контакты наносились на образец так, чтобы электрическое поле было направлено перпендикулярно направлению [111].

Измерение ЭОП параметров производилось динамическим поляризационно-оптическим методом на установке, блок-схема которой показана на рис. 1. Процесс измерения проходил в следующей последовательности: плоскополяризованное, зондирующее излучение CO₂ лазера (тип ЛГ-74) с длиной волны $\lambda = 10,6 \text{ мкм}$ последовательно проходило исследуемый образец (АГП-2) и анализатор А и попадало на фотоприемник ФП, соединенный с селективным вольтметром СВ. На контакты кристалла подавалось напряжение либо от генератора переменного напряжения (ГПН), либо от источника постоянного напряжения (ИПН).

При подаче переменного напряжения селективный вольтметр (СВ) регистрировал сигнал U_0 , получаемый при электрооптической модуляции зондирующего излучения. Зеркала З₁, З₂ обеспечивали фокусировку и сканирование по торцу образца излучения подсветки от непрерывного He-Ne лазера $\lambda = 1,15 \text{ мкм}$ с выходной мощностью $\sim 8 \text{ мВт}$.

Действие подсветки на ЭОП свойства кристалла контролировалось по изменению величины U_0 . При малом пятне излучения подсветки сканирование этого излучения по торцу кристалла приводило к изменению как в меньшую U_0' , так и большую стороны U_0'' .

Для определения ЭОП параметров исследуемого кристалла снимались статические характеристики пропускания приведенной системы поляризатор—исследуемый кристалл—анализатор (рис. 2). Статические характеристики снимались без подсветки (кр. 1) и при наличии подсветки излучением с $\lambda = 1,15 \text{ мкм}$ отдельно для подсвечиваемых точек, с U_0 (кр. 2) и U_0' (кр. 3). Кривые указанной характеристики симметричны относительно оси ординат и минимум каждой кривой остается неизменным

относительно начала координат. Увеличение крутизны кр. 3 по сравнению с крутизной исходной кр. 1 указывает на увеличение, а уменьшение крутизны кр. 2—на уменьшение полувонового напряжения кристалла при подсветке. Величина этого изменения $\Delta U_{1/2}$ составила—250 В для кр. 2 и $\Delta U_{1/2} = +220 \text{ В}$ для кр. 3.

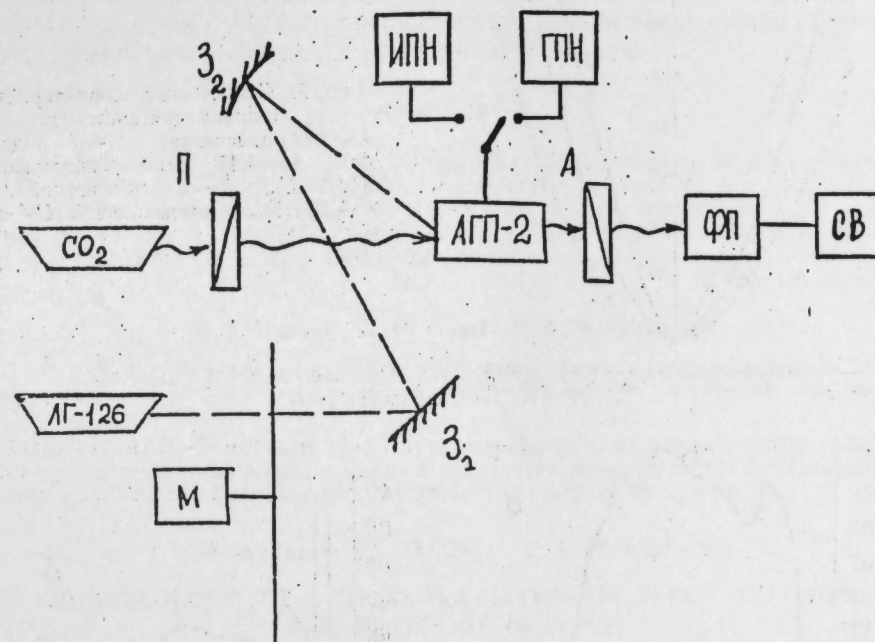


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки

Для исследования ФЭОП свойств кристалла пришлось несколько видоизменить указанную схему эксперимента. Осуществив, при включенном ИПН, модуляцию излучения подсветки электроомеханическим модулятором М, а не прямой электрооптической модуляцией зондирующего излучения, как это делалось выше, удастся выделить сигнал, связанный с изменением U_0 под действием излучения подсветки (сигнал ФЭОП эффекта), зарегистрированная таким образом, также как величина сигнала, получаемого при ЭОП модуляции, зависела от напряженности приложенного к кристаллу электрического поля, интенсивности излучения подсветки и области торца кристалла, куда попадало излучение подсветки. Ясно, что и здесь осуществлялась ЭОП модуляция зондирующего излучения, но уже косвенно через ФЭОП эффект. Изменение сигнала ФЭОП модуляции от интенсивности излучения подсветки оставалось линейным до $P \leq 2 \text{ мВт}$. При дальнейшем увеличении мощности подсветки ($P > 2 \text{ мВт}$) сигнал ФЭОП эффекта практически не менялся.

Для изучения влияния примесной фоточувствительности GaAs марки АГП-2 на спектральную зависимость ФЭОП эффекта подсветка на описанной выше установке осуществлялась потоком излучения от монохроматора МДР-2 в диапазоне длин волн $0,8—1,8 \text{ мкм}$. В установке предусматривалось также облучение торца кристалла непрерывным излучением накачки на длине волны $1,15 \text{ мкм}$ от лазера ЛГ-126. На рис. 3

приводятся спектры ФЭОП эффекта и соответствующие спектры фотопроводимости (ФП) (кривые 1), а также эти спектры, снятые при воздействии на кристалл излучения накачки $\lambda = 1,15$ мкм (кривые 2). Действие накачки, также как и подсветки, зависит от места освещения

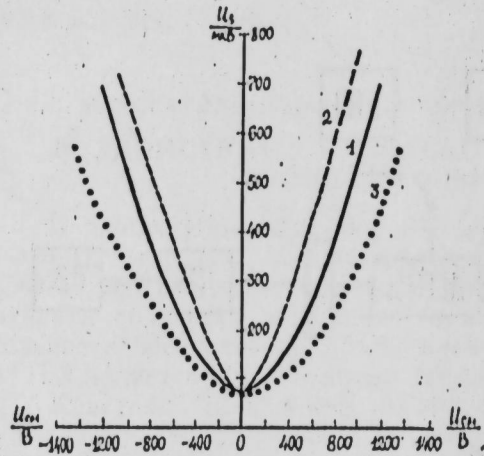


Рис. 2. Статические характеристики пропускания системы: 1 — без подсветки; 2 — с подсветкой $\lambda = 1,15$ мкм, вызывающей $U_0'' > U_0$; 3 — с подсветкой $\lambda = 1,15$ мкм, вызывающей $U_0' < U_0$

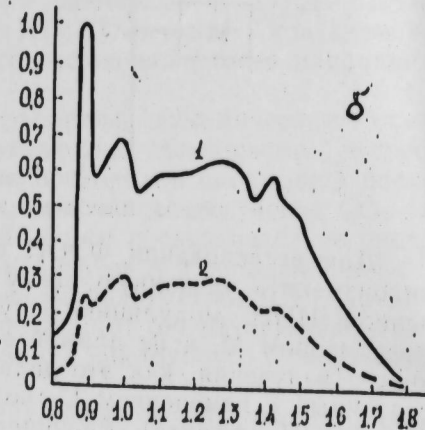
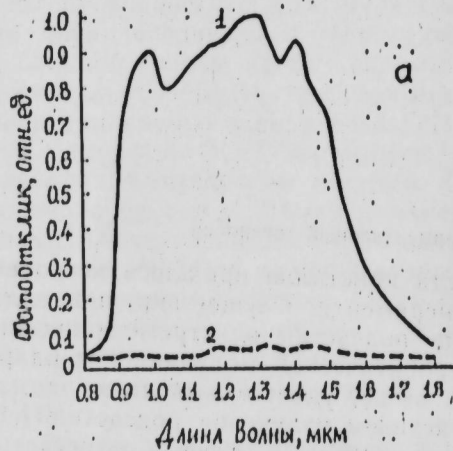


Рис. 3. Спектры ФЭОП эффекта (а) и ФП (б) высокоомного GaAs(Cr) марки АГП-2: 1 — без подсветки; 2 — с подсветкой $\lambda = 1,15$ мкм

торцевой грани кристалла. При накачке имеет место значительное ослабление сигнала ФЭОП эффекта, что связано с сильным «гашением» фотопроводимости образца. Накачка же излучением $\lambda = 0,63$ мкм попадающим в область собственного поглощения лишь незначительно ослабляла интенсивность сигналов ФЭОП эффекта и ФП во всем диапазоне длин волн, не изменяя совсем их формы. Из сравнения кривых спектральной зависимости ФЭОП эффекта и ФП можно сделать вывод, что наблюдающийся в спектре ФЭОП эффекта набор пиков соответствует основным электронным переходам в кристалле GaAs, легированного хромом, известным из ряда работ [2—4]. Исходя из этого, можно было бы предположить, что механизм ФЭОП эффекта определяется процессами, ответственными за ФП. Однако инерционность ФЭОП эффекта, оцененная по его частотным характеристикам, составила $\tau_{\text{фэоп}} = 1,06 \times$

$\times 10^{-4}$ с. Постоянная же времени фотоэффекта тех же образцов была на порядок выше. С другой стороны, фототок, текущий через контакты кристалла с увеличением мощности подсветки, непрерывно растет, тогда как было указано выше, сигнал ФЭОП эффекта довольно быстро насыщается. Все это указывает на отличие механизма формирования ФЭОП эффекта от процессов, ответственных за ФП.

Таким образом, полученные результаты позволяют считать кристалл GaAs марки АГП-2 перспективным для использования в устройствах управления и модуляции лазерным излучением.

Литература

1. Қаджар Ч. О., Қулиев В. А., Мамедбеули Н. А., Салаев Э. Ю. — Докл. АН УзССР, 1978, № 12, 15.
2. Ванем Р. А., Лыук П. А., Пека Г. П. — ФТП, 1974, т. 8, в. 2, с. 951—954.
3. Морозова В. А., Такли Ф., Остробородова В. В. — ФТП, 1980, т. 14, в. 9, с. 1785—1787.
4. Ипполитова Г. К., Омельниковский Э. М., Перлова Л. Я. — ФТП, 1975, т. 9, в. 7, с. 1308—1313.

Поступило 24. X 1986

И. М. Эскеров, Ч. О. Гачар, Н. А. Маммедбеули

GaAs(Cr) КРИСТАЛЛЫНЫН ЕЛЕКТРООПТИК ХАССӘЛӘРИНӘ ОПТИК ШҮАНЫН ТӘСИРИ

Мағаләдә АГП—2 маркалы GaAs кристаллы фотоһәссәслығынын ашғар областына дүшән шүә илә шығландырылан заман электрооптик параметрләринин дәһшәмәси көстәрилик вә кристаллы фотоэлектрооптик хәссәләри нәзәрдән кечирилир.

I. M. Askerov, Ch. O. Qajar, I. A. Mamedbeyly

THE INFLUENCE OF OPTICAL RADIATION ON ELECTROOPTICAL PROPERTIES OF GaAs (Cr)

The photoelectrooptical effect connected with changing of electrooptical properties of crystal under the influence of optical pumping into the extrinsic photosensitivity region was observed in GaAs crystals of АГП-2 mark.

С. А. СЕМИЛЕТОВ, Н. А. СУЛЕЙМАНОВ, С. М. КАРАВАЕВ, И. Р. НУРНЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ ДЕБАЯ ИЗ ПРОВОДИМОСТИ ПЛЕНОК РbTe, ВЫРАЩЕННЫХ НА ПОДЛОЖКАХ LiNbO₃

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

Непосредственный контакт сегнетоэлектрика с полупроводником приводит к замечательному «эффекту поля», заключающемуся в изменении сегнетоэлектрика [1—3]. В частности, если полупроводник *p*-типа, то его проводимость увеличивается на сегнето-электрике отрицательной полярности и уменьшается на сегнето-электрике положительной полярности. Для полупроводника *n*-типа все происходит наоборот. Модуляцию проводимости внешним полем, приложенным к сегнетоэлектрику, изучали на пленках CdS, CdSe, напыленных на ТГС и ВаTiO₃ [3—5], и на слоях сегнетоэлектрика — ВаTiO₃ или Bi₄TiO₁₂ на толстой полупроводящей пластине кремния [6—7]. Помимо чисто научного интереса эти работы имеют и важное практическое значение.

Данная работа посвящена экспериментальному определению длины экранирования Дебая из проводимости пленок РbTe, находящейся под влиянием остаточной поляризации сегнетоэлектрической подложки LiNbO₃.

Чтобы получить максимальное изменение проводимости полупроводника, поверхностная плотность поляризационного заряда должна существенно превышать плотность носителей на единице поверхности полупроводника, т. е. $P_s > na$, где n — концентрация свободных носителей в полупроводнике, а d — толщина пленки. Для LiNbO₃ $P_s \sim 3 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ [8], а n — для пленки РbTe $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Таким образом, взаимодействие будет существенным до толщины $d \sim 10^{-3} \text{ см}$.

Подложки LiNbO₃ толщиной 1 мм вырезались параллельно плоскости XY согласно работе [9]. Вектор поляризации P_s был перпендикулярен поверхности подложек. Конденсация молекулярного пучка РbTe ($P_{\text{ост}} \sim 2 \cdot 10^{-6} \text{ мм рт. ст.}$, $T_n = 30^\circ \text{ C}$, $v_k = 0,5 \div 30 \text{ Å/s}$) проводилась одновременно на две подложки с противоположными направлениями P_s через маски. Образцы имели одинаковые конфигурации и размеры.

Чувствительность нашей установки позволяла регистрировать проводимость пленок, начиная с толщины 150 Å.

Для изучения возможного влияния структуры пленок на величину проводимости контрольные образцы изучались методами дифракции быстрых электронов и электронной микроскопии. Согласно электронограммам и электронно-микроскопическим данным (рис. 1), структура и морфология пленок РbTe одинаковой толщины, выращенных на подложках противоположной поляризации, оказались одинаковыми, также и должны быть одинаковыми их электрические свойства.

На рис.2 представлена характеристика изменения проводимости пленок РbTe *p*-типа на положительном (Y-ось) и отрицательном (X-ось) доменах LiNbO₃, в процессе роста. Так как $\text{tg} \alpha < 1$, то имеет место зависимость проводимости полупроводника от поляризационного состояния сегнетоэлектрика.

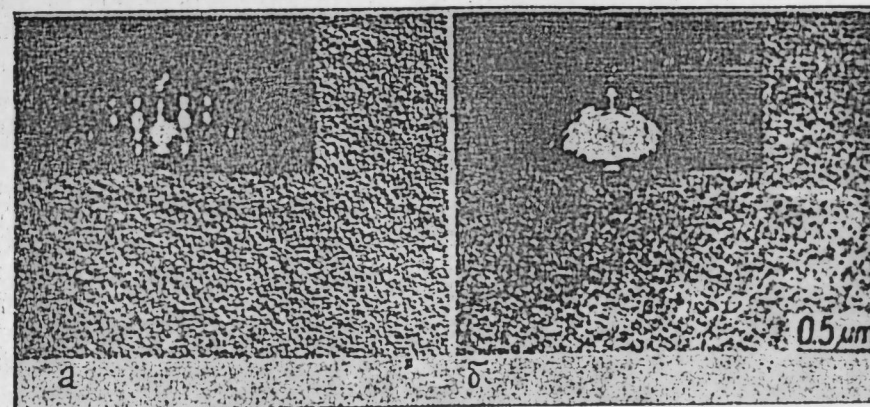


Рис. 1. Платино-углеродные реплики и электронограммы от пленок РbTe толщиной 500 Å, выращенных на подложках LiNbO₃ с различной поляризацией: а — на отрицательных, б — на положительных доменах

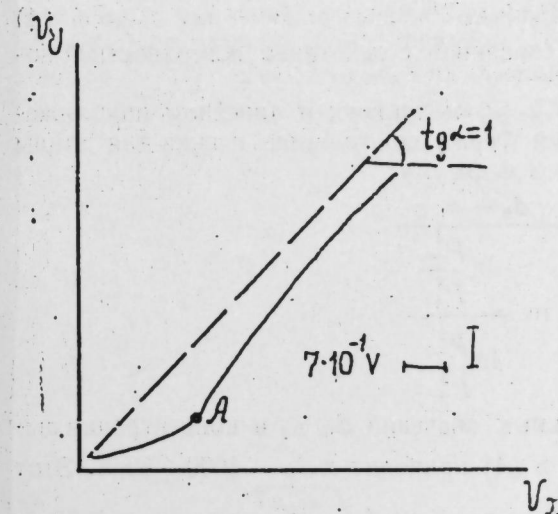


Рис. 2. Характеристика изменения проводимости пленок *p* = РbTe на разных доменах LiNbO₃ во время роста

Для тонких пленок, не превышающих толщину 0,33 мкм, проводимость пленок отличается в 3—4 раза (для точки А $\sigma_y = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1}$, $\sigma_x = 7 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1}$). По мере увеличения толщины пленки «эффект поля» исчезает и проводимость образцов выравнивается.

Для пленок РbTe *n*-типа получены значения $\text{tg} \alpha > 1$. Теперь, на основе полученных результатов, определим длину экранирования. На экспериментальной кривой (см. рис. 2) выделим несколько точек, соответствующих интервалу толщин 500—700 Å, где выполняется условие

tg $\alpha < 1$, что характерно для пленки p -PbTe; выращенных на LiNbO_3 с различной поляризацией (см. рис. 2). В образцах толщиной 600 Å, выращенных на положительных и отрицательных доменах, концентрации дырок были; $F_+^1 = 3,8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$; $F_-^1 = 1,4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, а для толщины 700 Å — $F_+^2 = 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, $F_-^2 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Подвижность дырок в этих пленках для двух толщин почти не различалась и имела значение $\sim 3 \text{ Дж} \cdot \text{В} \cdot \text{с}$.

Концентрация дырок в источнике при 300 К $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$, т. е. пленка является невырожденной [11]. В этом случае формулу для концентрации носителей тока в полупроводниках можно написать в виде [10]:

$$P_- \sim e^{-E_- / kT} \quad (1)$$

$$P_+ \sim e^{-E_+ / kT}, \quad (2)$$

где P_- и P_+ — концентрация дырок в пленках p -PbTe, выращенных на отрицательном и положительном доменах LiNbO_3 , F_- , F_+ — уровни Ферми.

Поскольку полупроводник находится в состоянии термодинамического равновесия, уровень Ферми в нем постоянен, следовательно, расстояние между ним и зонами энергии при изменении концентрации носителей меняется. Отсчет уровней Ферми будет проводиться от края валентной зоны. При этом для уровней Ферми для этих двух пленок p -PbTe можем записать:

$$F_- = F_0 - ue^{-d/l_D} \quad (3)$$

$$F_+ = F_0 + ue^{-d/l_D}, \quad (4)$$

где u — потенциальная энергия, связанная с действием поверхностной поляризации.

Подставляя (3) и (4) в (1) и (2) и проводя в линейном приближении ($l_D > d$) усреднение уровня Ферми по толщине пленки для длины экранирования Дебая l_D , получаем формулу:

$$l_D = \frac{d_2 - d_1}{2 \ln \frac{P_-^1}{P_+^1} \ln \frac{P_-^2}{P_+^2}}$$

Подстановка экспериментальных значений d_1 , d_2 и концентрации дырок для вышеуказанных пленок в (4) приводит к $l_D \sim 1000 \pm 50 \text{ Å}$. Этот параметр, рассчитанный по формуле $l_D = \sqrt{\frac{\epsilon \epsilon_0 kT}{ne^2}}$ составил 1080 Å.

Здесь для PbTe $\epsilon = 400$, $n = 10^{17} \text{ см}^{-3}$, $T = 300 \text{ К}$.

Таким образом, измерение параметров пленок, выращенных на сегнетоэлектрических подложках, позволяет проводить экспериментальное определение длины экранирования Дебая.

Литература

1. Moll J. L. and Tarui J. — IEEE Trans. Electron. Devices, 1963, v. 10, p. 338
2. Heyman P. M. and Hellmeyer C. H. — Proc. IEEE, 1966, v. 54, p. 842.
3. Teather G. G. and Yong L. — Solid State Electron, 1968, v. 11, p. 527—533.
4. Taylor G. W. —

Ferroelectrics, 1978, v. 18, p. 17. 5. Афанасьев В. П., Попова Е. И. — ФТП, 1978, т. 12, с. 575. 6. Mu S. Y. — IEEE Trans. Electron. Devices, E. D., 1974, v. 21, p. 499. 7. Park Y. K. and Grannemann W. W. — Ferroelectrics, 1976, v. 10, p. 217. 8. Кузьминов Ю. С. Ниобат и танталат лития. — М.: Наука, 1975. — 224 с. 9. Ракова Е. В., Семилетов С. А. — Кристаллография, 1976, т. 21, вып. 1, с. 198. 10. Равич Ю. И., Ефимова Б. А., Смирнов И. А. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbS, PbSe, PbTe. — М.: Наука, 1968. — 384 с. 11. Киреев П. С. Физика полупроводников. — М.: Высшая школа, 1975. — 454 с.

Поступило 23.XII 1986

С. А. Семилетов, Н. А. Сүлейманов, С. М. Караваев, И. Р. Нуриев

LiNbO_3 ҮЗЭРИНДЭ АЛЫНМЫШ PbTe ТЭБЭГЭЛЭРИНИИ КЕЧИРИЧИЛИЖИНДЭН ДЕБАЈ ЕКРАНЛАНМАСЫ УЗУНЛУГУНУН ТЭЈИНИ

Мэгалэдэ LiNbO_3 үзэриндэ алынмыш PbTe тэбэгэлэриний кечиричилижиний типтэ вэ гижэгэтиний отурачагын полјаризација вэзијјэтиндэн асылылыгы өјрөнилмишдир. Көстөрилмишдир ки, мүхтэлэф доменлэр үзэриндэ алынмыш PbTe тэбэгэлэри кечиричилижинэ көрө 3—4 дэфэ фэрглэнирлэр. Алынмыш нэгичэлэр эсасында Дебај экранланмасынын узунлуғу $L_D = 1000 \pm 50 \text{ Å}$ тэјин олунмушдур. Мүэјјэн едилмишдир ки, бу гижэм нэээри несабламалара ујғун кэлир.

S. A. Semiletov, N. A. Suleymanov, S. M. Karavaev, I. R. Nuriev

DETERMINATION OF THE DEBYE SCREENING LENGTH FROM THE CONDUCTIVITY OF PbTe FILMS GROWN ON LiNbO_3 SUBSTRATES

The conductivity value and type of PbTe films versus polarisation state of LiNbO_3 substrates were investigated. The conductivity of PbTe films grown in various domains was shown to differ in 3—4 times.

The Debye screening length determined from the experimental results is equal $1000 \pm 50 \text{ Å}$. This value is agreed with theoretical results.

А. Г. АБДУЛЛАЕВ, А. А. ЛЕБЕДЕВ, Э. С. ТАПТЫГОВ,
Э. А. ДЖАФАРОВА

ГЛУБОКИЕ УРОВНИ В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ НИКЕЛЕМ

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

Развитие чувствительных емкостных методов определения параметров глубоких уровней (ГУ), особенно нестационарной емкостной спектроскопии (НЕСГУ), позволяет более детально исследовать энергетический спектр уровней, создаваемых различными примесями в полупроводниках. Известно, что многие элементы VIII группы создают глубокие уровни в кремнии. Никель—переходный металл этой же группы—также способен создавать ГУ в запрещенной зоне кремния [1]. Проведенные исследования [2—5] показали, что Ni образует в Si два акцепторных глубоких уровня с энергиями ионизации в пределах 0,34—0,41 эВ от дна зоны проводимости и 0,21—0,23 эВ от верха валентной зоны. В [6] с помощью НЕСГУ в *p*-Si были обнаружены уровни $E_v + 0,18$; 0,21 и 0,33 эВ с сечениями захвата дырок $6 \cdot 10^{-15}$; 10^{-20} и 10^{-20} см², соответственно. ГУ в верхней половине запрещенной зоны были выявлены только после облучения образцов γ -квантами.

Целью настоящей работы было изучение спектра энергетических состояний, связанных с никелем в кремнии, с помощью НЕСГУ и фотопроводимости.

Легирование кремния *n*- и *p*-типа $\rho = 5 \div 10$ Ом·см) производилось с помощью диффузии из напыленного (или осажденного) слоя Ni или из нанесенной на поверхность пластины соли NiCl₂ (или Ni(NO₃)₂). Диффузия производилась на воздухе или в откачанных ампулах при $T_D = 1050-1180^\circ\text{C}$ в течение 3—5 ч. Параметры образующихся ГУ практически не зависели от источника и способа диффузии, но концентрация их сильно зависела от скорости охлаждения образцов после диффузии. Одновременно с легируемыми образцами ту же термообработку проходили контрольные образцы без диффузанта.

После диффузии никеля удельное сопротивление исходного Si резко возрастало (на один—два порядка), однако тип проводимости не менялся; для *p*-Si практически не изменялось. Это показывает, что никель в кремнии образует акцепторные уровни. Максимальная суммарная концентрация ГУ не превышала $10^{14}-10^{15}$ см⁻³.

Для емкостных измерений использовались барьеры Шоттки, полученные напылением золота и сурьмы на поверхность *n*- и *p*-Si, соответственно, а также *p*⁺-*n*-переходы, полученные диффузией бора до введения никеля.

Измерения параметров ГУ производились с помощью метода НЕСГУ, когда на постоянное обратное смещение накладывался импульс противоположной полярности (импульс сбросов) или импульсы инжек-

ции. Изменение длительности импульса сброса позволяет исследовать кинетику заполнения ГУ основными носителями из амплитуды следующего за ним релаксационного сигнала НЕСГУ. Измерения емкости производятся в фиксированные моменты времени t_1 и t_2 (после начала сигнала релаксации) и сигнал НЕСГУ определяется как разность $\Delta c = c(t_1) - c(t_2)$ (t_1 и $a = t_2/t_1$ определяют окно скоростей эмиссии [7]).

Нормированный сигнал НЕСГУ имеет форму пика и положителен, если ГУ находится в верхней половине запрещенной зоны:

$$S(\theta) = \exp\left(-\frac{t_1}{\theta}\right) - \exp\left(-\frac{t_2}{\theta}\right) > 0,$$

и отрицателен, если ГУ расположен в нижней половине (θ —постоянная времени релаксации).

Из температурной зависимости скорости термической эмиссии электронов (дырок) $e_{n(p)}$, обратно пропорциональной времени релаксации (θ) при различных t_1 и t_2

$$e_{n(p)} \sim \theta^{-1} = \sigma_{n(p)} v_{n(p)} N_{c(v)} \exp\left(-\frac{\Delta E_t}{kT}\right)$$

были определены параметры ГУ (здесь $\sigma_{n(p)}$ —сечение захвата электронов (дырок) на ГУ, $v_{n(p)}$ —тепловая скорость электронов (дырок), $N_{c(v)}$ —эффективная плотность состояний в зоне проводимости (в валентной зоне), ΔE_t —энергия ионизации ГУ).

При расчете этих параметров также был применен метод сравнения экспериментальной зависимости $\Delta c = f(T)$ с теоретической [8]. Оба метода дали одинаковые результаты. Ширина экспериментально наблюдаемых пиков не отличается от теоретической. Все эти факты показывают, что образующиеся ГУ имеют фиксированную энергию ионизации.

На рис.1 представлен спектр НЕСГУ в кремнии, легированном ни-

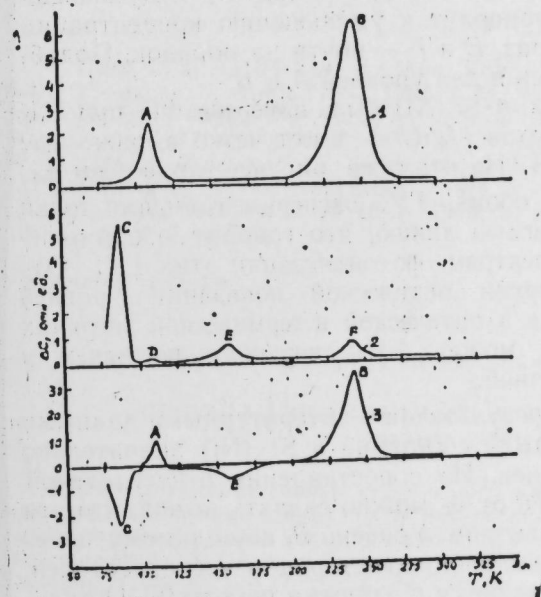


Рис. 1. Спектры НЕСГУ в кремнии, легированном никелем:
1 — БШ на *n*-Si; 2 — БШ на *p*-Si; 3 — *p*⁺-*n*-переход

келем. Для БШ на *n*-Si(Ni) (в верхней половине запрещенной зоны) регистрируются два глубоких уровня (типа А и В) с энергиями ионизации $0,20 \pm 0,02$ и $0,47 \pm 0,02$ эВ и сечениями захвата электронов

$3,2 \cdot 10^{-16}$ и $2,3 \cdot 10^{-15}$ см², соответственно (кр. 1). В образцах на p -Si (Ni) (кр.2) наблюдаются четыре ГУ (типа C , D , E и F). Их параметры приведены в таблице. В контрольных образцах концентрация ГУ не превышала $2,10^{12}$ см⁻³.

При измерении НЕСГУ диодов с p^+ — n -переходами (рис. 1, кр.3) в режиме инжекции дырок можно регистрировать одновременно ГУ A , B , C и E , т. е. уровни C и E образуются и в n -Si (Ni). Относительно уровней D и F нельзя сделать однозначного вывода, так как их перерядка происходит в том же температурном интервале, что и уровней A и B . Амплитуды пиков, соответствующие этим ГУ, при инжекции практически не изменяются, что указывает на то, что сечение захвата, дырок на них значительно меньше сечения захвата электронов.

Уровень	Энергия ионизации, эВ	Сечение захвата дырок, σ_p см ²	Зависимость концентрации ГУ от скорости охлаждения N , 10^{12} см ⁻³	
			на воздухе $V_0 \approx 3$ К/с	закалка в масле $V_0 \approx 300$ К/с
C	$E_v + (0,18 \pm 0,02)$	$1,31 \cdot 10^{-14}$	35,0	95,7
D	$E_v + (0,26 \pm 0,02)$	$2,30 \cdot 10^{-15}$	0,3	1,5
E	$E_v + (0,28 \pm 0,02)$	$3,80 \cdot 10^{-16}$	1,5	11,4
F	$E_v + (0,40 \pm 0,02)$	$1,05 \cdot 10^{-16}$	2,8	15,3

В таблице приведена зависимость концентрации ГУ в p -Si от скорости охлаждения v_0 после диффузии Ni (при 1150°C в течение 4 ч.). Концентрация глубоких центров после охлаждения вместе с печью ($v_0 = 0,01$ К/с) не превышала концентрации ГУ в контрольных образцах. Из сопоставления концентрации ГУ в образцах, охлажденных на воздухе ($v_0 = 3$ К/с) и закаленных в масле ($v_0 = 300$ К/с), следует, что уменьшение v_0 примерно на 2 порядка приводит к уменьшению концентрации ГУ типа $C \sim$ в 3 раза, $D \sim$ в 5 раз, E и F — почти на порядок. Подобная зависимость от v_0 наблюдалась и для уровней A и B .

В компенсированных образцах n -Si (Ni) была измерена ФП при 77 К (рис. 2, кр. 1). Видно, что фототок $I_{ph}(h\nu)$ имеет четко выраженные ступеньки при $h\nu = 0,23$ и $0,42$ эВ. На этом же рисунке приведены зависимости $I_{ph}^{2/3}(h\nu)^2 = f(h\nu)$ для обоих ГУ. Экспериментальные точки удовлетворительно ложатся на прямую линию, что говорит о применимости теории Луковского [9] к спектрам фотоионизации этих ГУ. Отсечка на оси $h\nu$ дает значения энергии оптической ионизации уровней $0,23$ и $0,42$ эВ. Заметное различие в оптической и термической энергиях ионизации более глубокого уровня может быть связано с наличием у этого уровня возбужденных состояний.

Сравнение приведенных выше результатов с литературными данными показывает, что спектр примесных состояний в Si (Ni) значительно сложнее, чем предполагалось ранее. Из сопоставления относительной концентрации ГУ и зависимости ее от v_0 можно сделать вывод, что эти уровни принадлежат различным центрам. Уровень B , по-видимому, идентичен уровню $E_c = 0,41$ эВ, который наблюдался рядом исследователей. Параметры уровня C хорошо согласуются с данными работы [6]. Остальные уровни Ni в Si ранее не наблюдались и могут быть связаны с образованием различных комплексов. Уровни с энергией ионизации \approx

$\approx E_c = 0,20$ эВ наблюдаются при легировании различными примесями (Mn, Co и др.) и после термообработки [1]. Однако параметры их заметно отличаются от параметров уровня A , и в контрольных образцах мы их не наблюдали. По-видимому, они связаны со структурными дефектами,

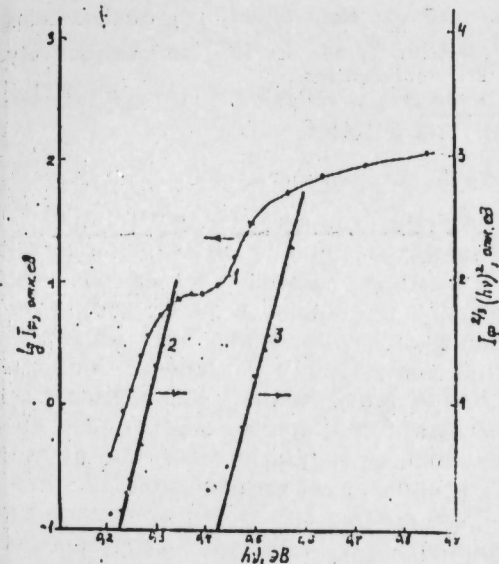


Рис. 2. Нормированный на постоянный поток квантов спектр ФП n -Si (Ni): 1 — зависимость $(I_{ph}/I_{ph}^0)^2 = f(h\nu)$ при 77 К; 2, 3 — $I_{ph}^{2/3}(h\nu)^2 = f(h\nu)$ для двух ГУ.

электрическая активность которых стимулируется присутствием легирующего элемента.

Литература

1. Chen J. W., Milnes A. G.—Ann. Rev. Mater. Sci., 1980, v. 10, p. 157.
2. Tokumaro Y.—Japan. J. Appl. Phys., 1963, v. 2, № 9, p. 542.
3. Yoshida M., Furusho K.—Japan J. Appl. Phys., 1961, v. 3, № 9, p. 521.
4. Chiavarotti G. P., Conti M.—Solid State Electr., 1977, v. 20, № 11, p. 907.
5. Ghandhi S., Thiel F.—Proc. IEEE, 1969, v. 57, p. 1484.
6. Pearton S. J., Tavendale A. J.—J. Appl. Phys., 1983, v. 54, № 3, p. 1375.
7. Lang D. V.—J. Appl. Phys., 1974, v. 45, № 7, p. 3023.
8. Goto H.—Japan. J. Appl. Phys., 1979, v. 18, № 10, p. 1979.
9. Lucorsky G. V.—Sol. Stat. Commun., 1965, v. 3, № 9, p. 299.

Институт физики

Поступило 23. X 1986

А. Н. Абдуллаев, А. А. Лебедев, Е. С. Тапдыгов, Е. Э. Чофарова

НИКЕЛЛЭ АШГАРЛАНМЫШ СИЛИСНУМДА ЭМЭЛЭ КЭЛЭН ДЭРИН СЭИИЛЭЛЭР

Мэгалэдэ герни-стационар тутум спектроскопиасы на фотокечирчилик методу илэ никел ашгарынын диффузиасы нэтичесиндэ n - на p -кечирчиликэ малик олан силиснумда эмэлэ кэлэн локал сэиилэлэр тэдгиг едилминш на алты мэхтэллф ионлашма енергисинэ малик олан акцентор сэиилэлэри мүүжэн олуимушдур. Нэмни енержилэри $E_c = 0,20; -0,47; E_v = +0,18; +0,26; +0,28; +0,40$ эВ на буларга угуун эсас жүкдашчыларын ээбт олуима эффектив кэсиинин гиэмэти $3,2 \cdot 10^{-16}; 2,3 \cdot 10^{-15}; 1,31 \cdot 10^{-14}; 2,3 \cdot 10^{-15}; 3,8 \cdot 10^{-16}$ на $1,05 \cdot 10^{-16}$ см² олмушдур.

Мүүжэн едилмишдир ки, нэмни енержи сэиилэлэри мэхтэллф мэркээлэрэ аилдир.

DEEP LEVELS IN NICKEL-DOPED SILICON

The local levels appearing in *n*- and *p*-Si after diffusive nickel alloying are investigated by means of non-stationary capacitance spectroscopy and photoconductivity. 6 acceptor levels with ionization energies are found: $E_c - 0.20$; $E_c - 0.47$; $E_v + 0.18$; $E_v + 0.16$; $E_v + 0.28$ and $E_v + 0.40$ eV, capture cross-sections of majority carriers being $3.2 \cdot 10^{-16}$; $2.3 \cdot 10^{-15}$; $1.3 \cdot 10^{-14}$; $2.3 \cdot 10^{-15}$; $3.8 \cdot 10^{-16}$ and $1.0 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2$, respectively. All the levels are shown to belong to different centres.

В. И. ТАГИРОВ, Н. Ф. ГАХРАМАНОВ, В. М. КЕРИМОВ,
А. А. МАМЕДОВ

ЭЛЕКТРОНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ТОНКИХ ПЛЕНОК $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$

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

При изучении взаимодействия в системе $\text{CuGaSe}_2\text{—Ga}_2\text{Se}_3$ в [1] установлено образование соединения состава $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ с периодами гексагональной решетки, равными $a = 8,01$, $c = 16,46$ А. Настоящая работа посвящена исследованию формирования тонких пленок этого соединения. Проведено электронографическое исследование условий образования пленок. $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ аморфной и кристаллической структурой, полученных вакуумным осаждением. Исходным материалом служил синтезированный монокристаллический слиток $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$. Пленки толщиной 300 А были получены испарением в вакууме 10^{-5} мм рт. ст. синтезированного вещества из вольфрамовой навитой конической спирали на подложки из свежих сколов NaCl и KCl. Скорость осаждения $60 \text{ \AA}^\circ/\text{с}$. Температура подложки (T_n) варьировала в интервале $20\text{—}470^\circ\text{C}$.

Пленки, осажденные на подложки из NaCl и KCl, находящиеся при комнатной температуре, имели аморфную структуру (рис.1). Расчет полученной электронограммы от аморфной фазы приведен в табл.1.

Таблица 1

№	$I_{\text{инт}}$	$2r_{\text{hkl}}$	$d_{\text{экс}}$
1	О. сл.	16,5	4,28
2	Ср.	22,7	3,12
3	Сильн.	39,2	1,80
4	О. о. сл.	63,0	1,12

Таблица 2

№	$I_{\text{инт}}$	$2r_{\text{hkl}}$	$d_{\text{экс}}$	hkl
1.	О. о. сл.	18,3	3,86	1010
2.	О. сильн.	22,2	3,18	1011
3.	О. о. сильн.	36,4	1,94	1120
4.	Ср.	42,0	1,68	2021
5.	Ср. сл.	55,8	1,27	1231
6.	Ср. сл.	62,7	1,13	2132

Следует отметить, что аморфная фаза на NaCl и KCl образуется вплоть до $T_n = 200^\circ\text{C}$. При испарении (осаждении) $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ на

подложке с $T_n = 220 \div 250^\circ\text{C}$ образуются поликристаллические пленки (рис. 2). Расчет электронограммы от поликристаллической пленки приведен в табл. 2.

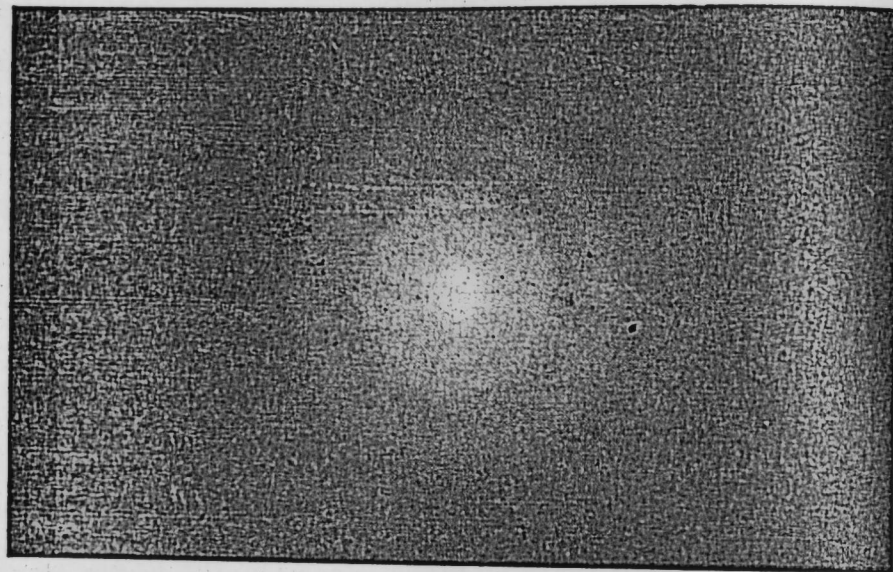


Рис. 1. Электронограмма от аморфной пленки $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$

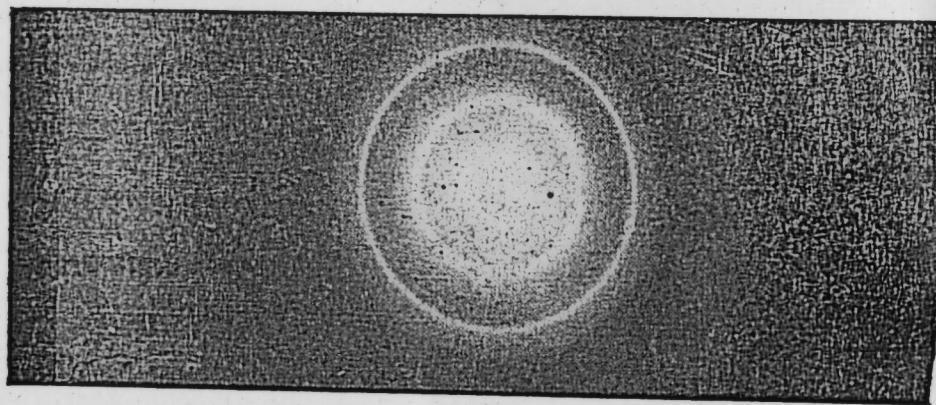


Рис. 2. Электронограмма от поликристаллической пленки $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$

Установлено, что при осаждении на подложки из KCl с $T_n = 400^\circ\text{C}$ с последующим отжигом образцов при той же температуре в течение 6 ч кристаллики образуют текстуру с осью, перпендикулярной подложке. Периоды гексагональной решетки, определенные по методу косых текстур [2] (рис. 3, табл. 3), оказались равными: $a = 3,86 \text{ \AA}$; $c = 7,12 \text{ \AA}$. Как известно, полученные значения параметров идентичны параметрам фаз со структурой типа вюрцита [3].

В области температур подложек $450 \div 470^\circ\text{C}$ образуется смесь поликристаллического образца с мозаичным монокристаллом (рис. 4). Дальнейшее повышение температуры подложек не представляется возможным так, как при этом происходит испарение самих подложек.

Поскольку индексы рефлексов электронограммы от мозаичных мо-

нокристаллических пленок (см. рис. 4) соответствуют индексам от поликристаллических пленок, то здесь не приводится таблица расчетов от указанной пленки.

Таблица 3

№	$I_{\text{лит}}$	$2r$	$d_{\text{экс}}$	hkl
1.	О. о. сильн.	36,5	1,93	1120
2.	Ср.	56,0	1,26	1230
3.	Ср.	63,1	1,12	3030
4.	Сл.	76,1	0,93	3140
5.	О. о. сильн.	22,4	3,15	1011
6.	Сл.	42,0	1,68	2021
7.	Сл.	56,0	1,26	1231
8.	Сл.	62,3	1,13	3031
9.	О. сл.	72,1	0,98	2241
10.	О. о. сл.	76,0	0,93	3141
11.	О. сильн.	42,0	1,68	1122
12.	О. сл.	44,5	1,59	2022
13.	Ср. сл.	63,0	1,12	2132
14.	Сл.	67,0	1,05	3032
15.	Сл.	71,2	0,99	2242
16.	Ср.	51,3	1,38	2023
17.	Сл.	62,8	1,12	2133
18.	О. сл.	66,6	1,06	3033
19.	О. о. сл.	75,2	0,94	2243
20.	О. о. сл.	81,0	0,87	3143

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать некоторые выводы в отношении состава и структуры полученных тонких пленок. Из определенных параметров гексагональной решетки от текстурированных пленок и индцировки дифракционных линий (рефлексов)

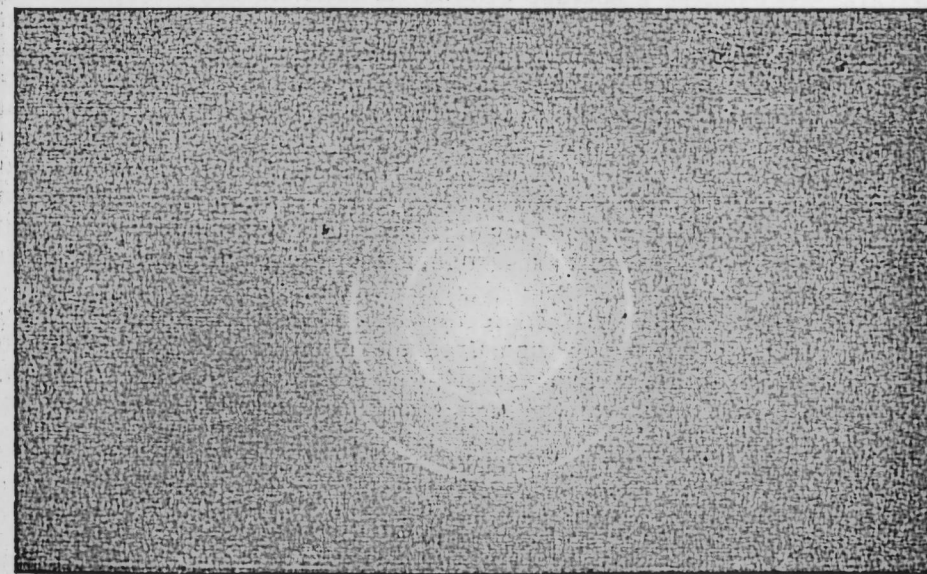


Рис. 3. Электронограмма от текстурированной пленки $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$

однозначно следует идентичность полученных текстурированных и поликристаллических пленок, т. е. состав обеих пленок, закристаллизованных при различных температурах, одинаков. С другой стороны, объем

выявленной фазы составляет $\sim 91,4 \text{ \AA}^3$. Известно, что при образовании плотноупакованных структур объем, приходящийся на один атом селена, составляет $\sim 32 \text{ \AA}$. Из этого вытекает, что в состав исследуемых пленок входит всего 3 атома селена. Поскольку в составе полученных пленок

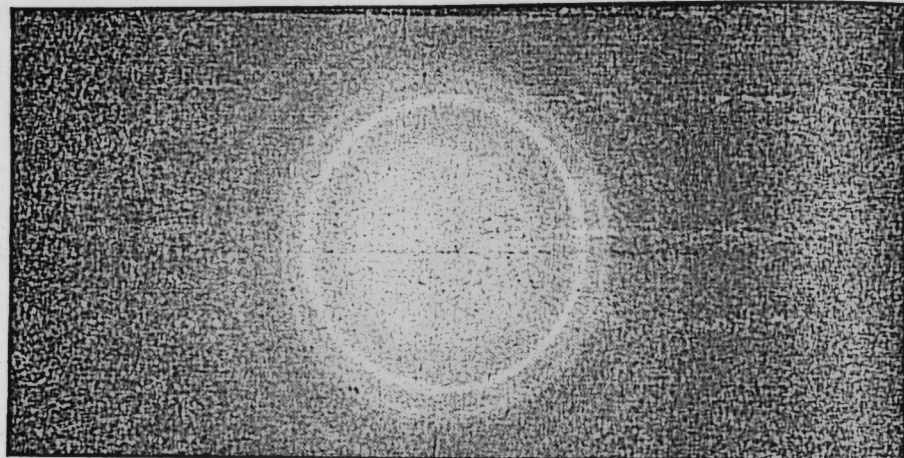


Рис. 4. Электронограмма от мозаичной пленки $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$

содержится всего 3 атома селена, то химическая формула ее может быть либо Ga_2Se_3 , либо $\text{Ga}_{2-x}\text{Cu}_x\text{Se}_3$. Учитывая экспериментальные результаты утверждающие, что и в макро-виде и в тонкопленочном состоянии стабильно образуются только сфалеритовая фаза Ga_2Se_3 [4,5], можно предполагать, что наличие в составе атомов Cu стабилизирует образование пленок состава $\text{Ga}_{2-x}\text{Cu}_x\text{Se}_3$, точнее $\text{Ga}_{1,67}\text{CuSe}_3$, со структурой типа вюрцита. Это подтверждается при трехкратном повторении всего процесса исследования. Если сравнить состав исходного материала с составом полученных пленок, нетрудно убедиться в индентичности состава пленок и макрообразца: $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9 \rightarrow 3\text{CuGa}_{1,67}\text{Se}_3$. Это означает, что в составе Ga_2Se_3 со структурой вюрцита 1/3 часть всех атомов галлия замещена атомами меди с сохранением общего валентного баланса. Возможен и второй вариант. Может быть, при формировании тонких пленок за счет разупорядочения исходной структуры создаются условия для образования субъчейки со структурой вюрцита.

В заключение отметим, что в тонкопленочном состоянии образуются структуры с различной ориентацией кристаллов (аморфной, поликристаллической, текстурированной и монокристаллической) и хотя химический состав при этом не меняется, но структура отличается от структуры макрообразца.

Литература

1. Тагиров В. И., Гахраманов Н. Ф., Гусейнов А. Г., Алиев Ф. М., Гусейнов Г. Г. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $\text{A}_3\text{B}_5\text{C}_9^{\text{VI}}$. Кристаллография. — М., 1980, с. 411—413.
2. Вайнштейн Б. К. Структурная электронография. — М.: Изд-во. АН СССР, 1955. — 315 с.
3. Горюнова Н. А. Сложные алмазоподобные полупроводники. — М.: Сов. радио, 1968.
4. Hahn H. and Klinger W. Über die Kristallstrukturen von Ga_2S_3 , Ga_2S_2 und Ga_2Te_3 . — Z. anorg. allgem. Chem.,

1949, 259, 135—142. 5. Шарифзаде Р. Б., Султанов Р. М., Казинец М. М. Исследование фазообразования в системе галлий—селен. — Баку: Изд-во АН Азерб. ССР 1973, 35—37.

АГУ и.м. С. М. Кирова

Поступило 17. IV 1987

В. И. Тагиров, Н. Ф. Гәһрәманов, В. М. Кәримов, Ә. А. Мәмәдов

$\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ НАЗИК ТӘБӘГӘСИННИН ӘМӘЛӘ КӘЛМӘСИННИН ЕЛЕКТРОНОГРАФИК ТӘДГИГИ

Мәгаләдә јени $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ јарымкечиричи бирләшмәсинни аморф, поликристал, текстур вә монокристал гурулушлу назик тәбәгәләринни алынма технолокијасы вә электронографик тәдгиги өјрәнилмиш, кристал гәфәсин параметрләри тәјин олуимушдур.

V. I. Tagirov, N. F. Gakhramanov, V. M. Kerimov, A. A. Mamedov

ELECTRON DIFFRACTION STUDY ON THE FORMATION OF $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ THIN FILMS

The present article deals with the production techniques and electron diffraction study of films of a new $\text{Cu}_3\text{Ga}_5\text{Se}_9$ semiconducting compound, the crystal lattice parameters are determined.

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

ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНЫЙ ЭФФЕКТ В КОМПОЗИЦИЯХ ТИПА ПОЛИМЕР—ПОЛУПРОВОДНИК

Исследование пьезорезистивного эффекта в полимерах, диспергированных полупроводниковыми частицами, представляет большой интерес с точки зрения разработки высокоэффективных пьезорезисторов и выявления механизма переноса носителей заряда в таких неупорядоченных системах. В данной работе приводятся результаты исследования пьезорезистивного эффекта в композициях полимер—мелкодисперсный полупроводниковый наполнитель. В качестве полимерной матрицы использовались неполярные полимеры — полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и полярный полимер — поливинилиденфторид (ПВДФ). В качестве наполнителя использовались халькогениды редкоземельных элементов (РЗЭ), что дало возможность варьировать в широких пределах электрофизические свойства (электропроводность, концентрацию носителей, подвижность носителей заряда и т. д.) наполнителя [1].

Образцы получали путем прессования смеси порошков полимера и наполнителя при температуре 440—470К и давлении 10—15 МПа. После выдержки под давлением в течение 5 мин. образцы охлаждались до комнатной температуры в воде. Образцы выдерживались при температуре 373К в течение 10 ч, после чего на них наносились напылением в вакууме оловянные электроды.

На рис. 1 показана зависимость удельного сопротивления композиций ПЭВП+SmS от содержания наполнителя. Эта зависимость имеет три участка: сначала, когда содержание наполнителя меньше 20 масс.%, удельное сопротивление слабо зависит от C и близко по значению к удельному сопротивлению полимера, при >20 масс.%, удельное сопротивление резко уменьшается и затем при C больше 60 масс.% оно снова медленно уменьшается. На рис. 1 приведена также зависимость удельного сопротивления композиций ПЭВП+SmS от содержания наполнителя при избыточном давлении 4 МПа. Видно, что при всех содержаниях наполнителя кривая зависимости ρ от C при давлении 4 МПа лежит ниже кривой при нормальном давлении. Характер зависимости ρ от C не изменяется, только критическая точка, при которой начинается резкий спад удельного сопротивления, сдвигается в сторону меньших C . Степень изменения удельного сопротивления композиции с давлением так-же показана зависимость $\lg \rho_0/\rho_P$ от C для композиции ПВДФ+SmS. Здесь —удельное сопротивление при нулевом давлении и ρ_P —удельное сопротивление при давлении 4 МПа. Это отношение характеризует чувствительность композиции к давлению. Видно, что максимального значения чувствительности композиция имеет при содержаниях наполнителя от 20

до 60 масс. % т. е. в этой области концентрация, в которой наблюдается резкий спад удельного сопротивления. Характер зависимостей ρ и $\lg \rho_0/\rho_P$ не изменяется при изменении вида полимерной матрицы и наполнителя, но изменяются величина ρ_0 и $\lg \rho_0/\rho_P$, а также критические концентрации наполнителя, т. е. пьезорезистивный эффект в композициях

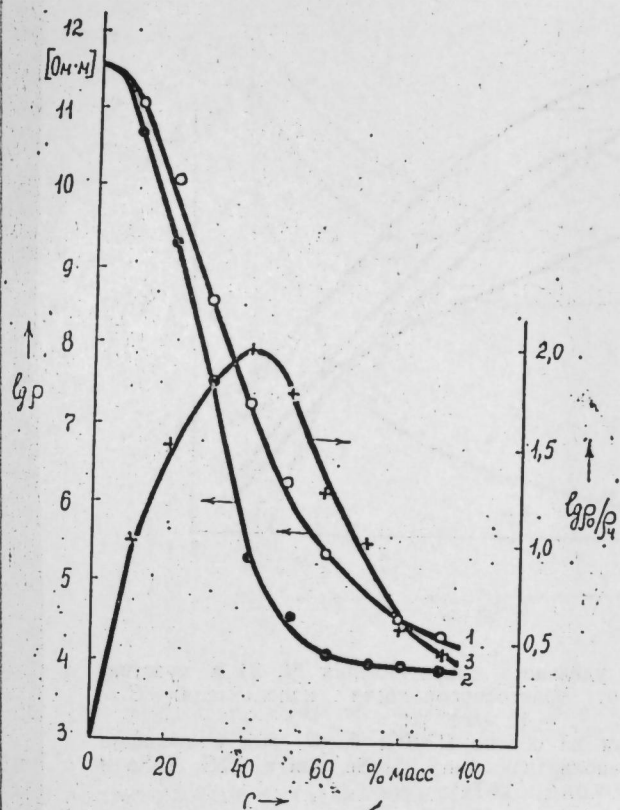


Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления (1, 2) и чувствительности (3) композиции ПЭВП + SmS от содержания наполнителя: 1 — при $P = 0$; 2 — при $P = 4$ МПа

полимер-полупроводник зависит от электрофизических свойств компонентов.

Выбранные нами в качестве наполнителей халькогениды РЗЭ сильно отличаются по своим электрофизическим свойствам, таким, как электропроводность, концентрация носителей заряда и их подвижность, ширина запрещенной зоны и т. д. Среди халькогенидов РЗЭ есть такие, которые по своим свойствам близки к диэлектрикам, а есть такие, которые имеют металлическую электропроводность. Это дает возможность проследить влияние таких факторов, как электропроводность наполнителя, подвижность и концентрация носителей в нем, на пьезорезистивные свойства композиций.

На рис. 2 показаны зависимости ρ_0 и $\lg \rho_0/\rho_P$ композиций на основе ПЭВП и ПВДФ от электропроводности σ_n наполнителя. Видно, что с увеличением σ_n удельное сопротивление композиций уменьшается, а чувствительность к давлению, $\lg \rho_0/\rho_P$ с увеличением σ_n меняется не монотонно. Когда σ_n мала, то композиция имеет большое сопротивление и ее чувствительность к давлению начинает расти и при некотором значении σ_n , величина которого зависит от вида полимерной матрицы, достигает максимума. С дальнейшим увеличением σ_n $\lg \rho_0/\rho_P$ уменьшается, и когда

электропроводность наполнителя становится близкой к металлической, чувствительность композиции к давлению приближается к нулю, т. е. композиция теряет пьезорезистивные свойства. Отметим, что удельное сопротивление композиций на основе ПЭВП уменьшается с увеличением

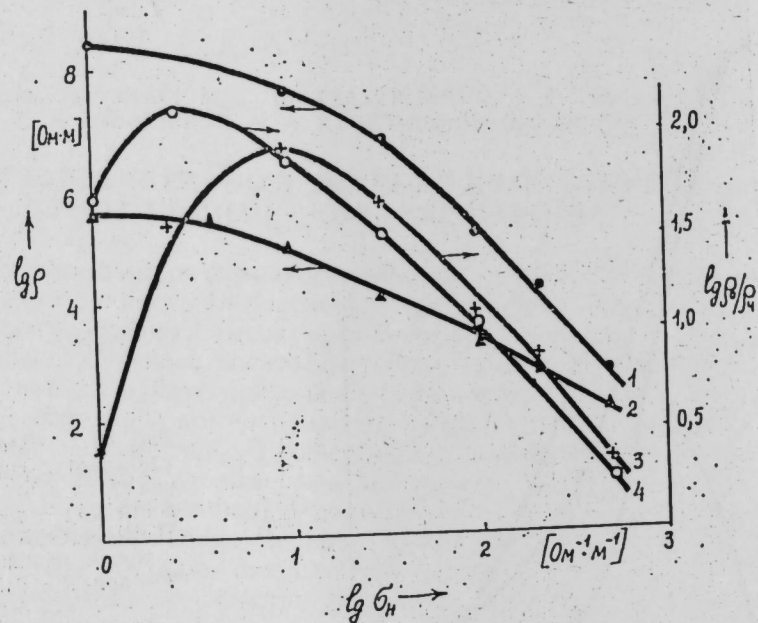


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления (1, 2) и чувствительности (3, 4) от электропроводности наполнителя: $C = 40$ масс. %: 1, 3 — для композиции на основе ПЭВП; 2, 4 — для композиции на основе ПВДФ (наполнители: SmS, SmSe, SmTe, YbS, YbSe и YbTe)

σ_n медленнее, чем у композиций на основе ПВДФ и максимум $\lg \rho_0/\rho_p$ у композиций с ПВДФ наблюдается при более низких σ_n .

Возможность туннелирования как преобладающего механизма переноса заряда в композициях полимер—полупроводник подтверждается также тем фактом, что вольт-амперные характеристики (ВАХ) криволинейны. Крутизна ВАХ зависит от степени наполнения, от вида полимерной матрицы и наполнителя, а также от давления. Следует отметить, что ВАХ композиций остаются криволинейными в логарифмическом и в двойном логарифмическом масштабе. Они хорошо описываются формулой [2]:

$$I = A n^B e^{-\frac{V}{U}}$$

где A , n и B — постоянные, зависящие от вида полимера и наполнителя, содержания наполнителя и давления. Значение этих постоянных для композиции SmS+ПЭВП, вычисленные по экспериментальным ВАХ, приведены на рис. 34. На этом же рисунке для сравнения приведены зависимости удельного сопротивления и коэффициент чувствительности от давления. Коэффициент чувствительности определяется так: $\kappa = \frac{\lg \rho_1/\rho_2}{P_2 - P_1}$.

Постоянная A сначала быстро возрастает, а затем при изменении P от 2 до 4 МПа ее рост замедляется. Изменение постоянной противоположно изменению ρ_0 композиции. Поэтому можно предположить, что это постоянная характеризует электропроводность композиции. Постоянная

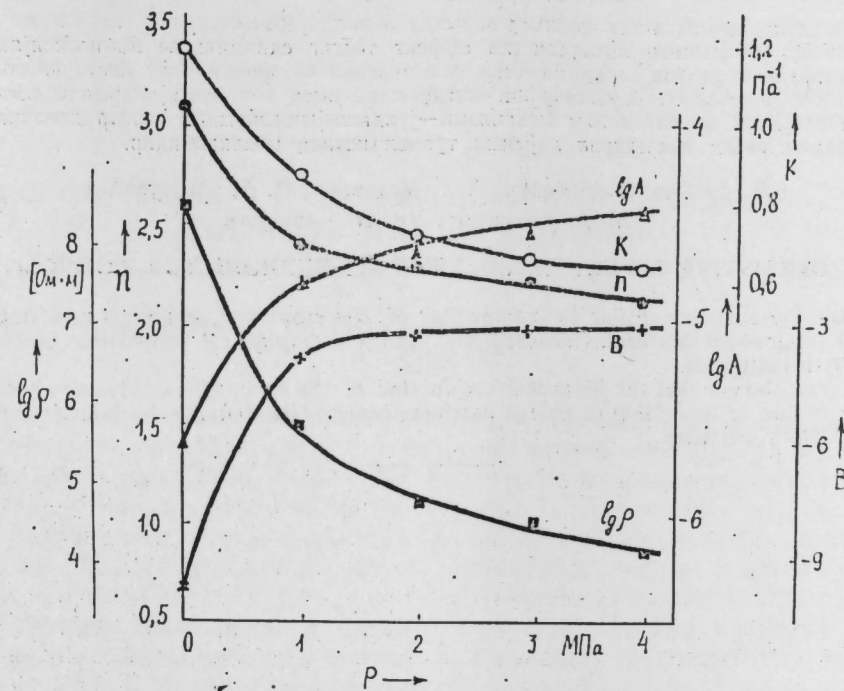


Рис. 3. Зависимость постоянных A , n , B , удельного сопротивления и коэффициента чувствительности κ композиции ПЭВП + SmS от давления

B растет при низких давлениях, а при давлениях больше 1—1,5 МПа она практически не зависит от P . Постоянная n с увеличением P так же, как и чувствительность к давлению, уменьшается и при P выше 1,5—2 МПа она не изменяется. Можно предположить, что постоянная B характеризует ширину барьера, а постоянная n характеризует зависимость ширины барьера от давления.

Таким образом, полученные экспериментальные результаты показывают, что пьезорезистивные свойства системы полимер-полупроводник зависят как от электрофизических свойств наполнителя, так и полимерной матрицы. Наиболее вероятным механизмом проводимости этих систем является туннелирование носителей через барьеры на границе частиц, параметры которых зависят от свойства полимера и наполнителя. Зависимостью ширины барьера от давления определяются пьезорезистивные свойства систем полимер-полупроводник.

Литература

1. Физические свойства халькогенидов редкоземельных элементов. — Л.: Наука, 1973, с. 1—304.
2. Van Beek L. K., Van Pul B. J. Non-ohmic behavior carbon black leaded rubbers-carbon, 1964, 2, № 1, p. 121—125.

ОКБ „Регистр“ Института физики

Поступило 17. IV 1986

М. Н. Шахтахтински, Э. И. Маммадов, Э. Э. Гарагашов,
М. Э. Гурбанов, Ж. Н. Газарян

ПОЛИМЕР-ЯРЫМКЕЧИРИЧИ ТИПЛИ КОМПОЗИСИЈАЛАРДА
ПЬЕЗОРЕЗИСТИВ ЕФФЕКТИ

Магаләдә термопластик полимер-нарындаңчкли жарымкечиричи гарышыгы олан композисија системиндә пьезорезистив эффект тәдгиг едилмиш вә композисијаларда пьезорезистив эффектин гәрарлашмасында потенциал чәпәринин ролу көстәрилмишдир. Ејни заманда әсәрдә гејд едилир ки, ашгарлы полимер композисијаларында електрик кечиричилијинин ән еһтималлы механизми—јүкдашыјычыларынын ашгар дәнәчкларн арасындакы назик диелектрик лајынын туннел кечиди механизмидир.

M. G. Shakhhtakhtinsky, A. I. Mamedov, A. A. Garagashov,
M. A. Kurbanov, Yu. N. Gazaryan

PIEZORESISTIVE EFFECT IN POLYMER-SEMICONDUCTOR COMPOSITES

The piezoresistive effect in composites of thermoplastic polymers and fine dispersed semiconductors versus concentration and electrophysical properties of components is investigated.

It was shown, that the electrical conduction of the composites polymer-semiconductor is due to tunnelling of charge carriers through the barriers on boundary of semiconductors particles.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLIII ЧИЛД

№ 7

1987

УДК 530.18

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Н. М. АТАКИШИЕВ, М. С. ПОМЕРАНЦ

ФЛЮКСОНЫ В ДЖОЗЕФСОНОВСКОМ ПЕРЕХОДЕ
КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ С ОДНОЙ
МИКРОНЕОДНОРОДНОСТЬЮ

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

В ранних работах по изучению решений уравнения «синус-Гордона», описывающего распространение электромагнитной волны в джозефсоновских переходах (ДП), было показано, что на их физические свойства существенно влияет длина области перехода [1]. Включение неоднородности в уравнение «синус-Гордона» приводит к более богатой картине состояний [2]. В [3] были детально проанализированы возможность существования состояний флюксонов на микронеоднородностях среды и их бифуркации. Там же была предложена кусочно-линейная модель для детального количественного изучения возникающих состояний. Как было показано в [3, 4], число и свойства статистических состояний флюксонов в таких переходах сильно зависят от параметров $p = (x_1, \mu_1, h_1)$, определяющих переход и граничные условия задачи. Поэтому представляет интерес также вопрос о влиянии параметра длины перехода l на его свойства. В [5] на основе численного анализа уравнения «синус-Гордона» с соответствующими граничными условиями была получена картина состояний солитонов и вычислена зависимость их физических характеристик от параметров p в случае ДП конечной длины.

Цель данной работы—получить на основе кусочно-линейной аппроксимации [3] аналитические выражения, определяющие статические связанные состояния в переходе конечной длины с одной микронеоднородностью, и сравнить их с результатами работы [5]. Помимо этого определены и поверхности бифуркаций для различных параметров p .

Решение краевой задачи

Задача о распространении электромагнитной волны в ДП с микронеоднородностью сводится к решению уравнения

$$\varphi''(x) = (-1)^N [1 - \mu_1 \delta(x - x_1)] [\varphi(x) - \pi N]$$

на интервалах $I_N = [(N-1/2)\pi, (N+1/2)\pi]$, где N —произвольное целое число; $\varphi(x)$ —разность фаз между макроскопическими квантовыми волновыми функциями двух сверхпроводников. В (1) x_1 и μ_1 характеризуют координату и размер микронеоднородности, которая аппроксимируется δ -функцией в предположении, что поле φ достаточно мало меняется на протяжении неоднородности. (Подробное изложение используемой нами

кусочно-линейной модели приведено в [4]). Уравнение (1) дополняется граничными условиями:

$$\varphi'(x=0) \equiv \varphi'_0 = h_0, \quad \varphi'(x=l) \equiv \varphi'_l = 0, \quad (2)$$

где $\varphi'(x) = (2ed/hc) H(x)$ есть напряженность магнитного поля.

Мы ищем решения задачи (1)–(2) на интервалах \bar{I}_N значений x , при которых $\varphi \in I_N$ и $\varphi(\bar{x}_N) = (N-1/2)\pi$, $\varphi(\bar{x}_{N+1}) = (N+1/2)\pi$. При небольших значениях x_1 и μ_1 могут существовать только состояния с полным потоком $\Phi = \varphi(l) - \varphi(0) \leq \frac{3}{2}\Phi_0$, где Φ_0 — квант магнитного потока.

При этом N может принимать целые значения от -1 до 2 , причем в каждом конкретном случае N принимает не более двух последовательных значений. Поясним сказанное примерами. Положим, что $\varphi(0)$ лежит в интервале I_{-1} , $-3/2\pi = \varphi(\bar{x}_{-1}) \leq \varphi(0) < \varphi(\bar{x}_0) = -\pi$. Исходя из того, что $0 < x_1 < l$, $\varphi(x)$ — монотонная функция и $\Phi < \frac{3}{2}\Phi_0$, рассмотрим все

возможные значения $\varphi(x_1)$ и $\varphi(l)$, которые могут реализоваться в этом случае. Тем самым мы получим характерные типы состояний флюксонов в ДП, определяемые $\varphi(0)$, $\varphi(x_1)$ и $\varphi(l)$.

1. Положим, что $\varphi(x_1)$, $\varphi(l) \in I_{-1}$, т. е. решение сосредоточено на одном интервале I_{-1} — это простейший вариант.

2. Пусть $\varphi(l) \in I_0$ ($N=0$). Теперь для этого случая возможны два варианта: а) $\varphi(x_1) \in I_{-1}$ и б) $\varphi(x_1) \in I_0$.

3. Когда $\varphi(l) \in I_1$ ($N=1$), возможны уже три варианта: а) $\varphi(x_1) \in I_{-1}$, б) $\varphi(x_1) \in I_0$ и в) $\varphi(x_1) \in I_1$.

Во всех этих вариантах в решения, которые мы получаем согласно [4], войдут параметры \bar{x}_N , определяющие связанные состояния.

Мы рассмотрели все варианты для одного случая $\varphi_0 \in I_{-1}$. Переходя к другим, для которых $\varphi(0)$ принадлежит соответственно интервалам I_0 , I_1 , I_2 , мы получим те же типы состояний, что и ранее. Всего возможных вариантов для перехода конечной длины l 14. Напомним, что в задаче о полубесконечном ДП с одной микронеподнородностью их 8. Как видим, введение одного дополнительного параметра длины l в задачу приводит к более богатой структуре состояний.

Для понимания свойств системы решений необходимо выделить устойчивые состояния. Как известно, статическое состояние $\varphi(x)$, являющееся решением задачи (1)–(2), приводит к экстремуму функционала для свободной энергии

$$G = \int_0^l \left[\frac{1}{2} \varphi'^2 + V(x, \varphi) \right] dx + h_0 \varphi_0, \quad (3)$$

где потенциал V имеет вид:

$$V(x, \varphi) = \frac{1}{2} [1 - \mu_1 \delta(x - x_1)] (-1)^N (\varphi - \pi N)^2. \quad (4)$$

Это решение $\varphi(x)$ будет устойчивым, если все собственные значения линейной краевой задачи

$$-\psi'' + \left(\frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} \right) \psi = \omega^2 \psi, \quad \psi'(0) = \psi'(l) = 0 \quad (5)$$

неотрицательны. Если какое-либо собственное значение задачи (5) обращается в нуль, то имеет место бифуркация, т. е. изменение числа решений при непрерывном изменении параметров ρ . Поэтому уравнение

$$\omega^2(\rho) = 0 \quad (6)$$

определяет поверхность бифуркаций.

Описание результатов

Рассмотрим подробно один из вариантов, о которых мы говорили выше. Будем изучать состояние, для которого $\varphi(0)$, $\varphi(x_1) \in I_1$, $\varphi(l) \in I_2$. Записывая, согласно [4], выражение для этого решения соответственно на интервалах \bar{I}_1 и \bar{I}_2 и сшивая решение в точке x_1 , где находится неоднородность, получим трансцендентное уравнение:

$$\text{th}(l - \bar{x}_1) \{ \cos(x_1 - \bar{x}_1) + \sin(x_1 - \bar{x}_1) [\text{tg } x_1 - \mu_1] \} + \cos(x_1 - \bar{x}_1) [\text{tg } x_1 - \mu_1 - \text{tg}(x_1 - \bar{x}_1)] + \frac{2h_0}{\pi \cos x_1} = 0 \quad (7)$$

относительно параметра \bar{x}_1 . Напомним, что выражение (7) получено из условия непрерывности $\varphi(x)$ при $x = x_1$ и условия скачка магнитного поля

$$\varphi'(x_1 + 0) - \varphi'(x_1 - 0) = \mu_1 [\varphi(x_1) - \pi]. \quad (8)$$

Для вычисления собственных частот ω^2 запишем решение уравнения (5) на каждом из интервалов \bar{I}_1 и \bar{I}_2 в виде

$$f(x) = -\xi \text{tg}(\xi x_1 + \theta_1) \text{ и } f(x) = \eta \text{th}(\eta x_1 + \theta_1), \quad (9)$$

где для удобства мы положим $f(x) = \psi'(x)$, $\psi(x)$, $\xi = \sqrt{1 + \omega^2}$, $\eta = \sqrt{1 - \omega^2}$. Связь между константами θ_1 и θ_1 определяется условием скачка

$$f(x_1 + 0) - f(x_1 - 0) = \mu_1, \quad (10)$$

причем очевидно, что если на интервале нет неоднородности, то $\theta_1 = \theta_1$. В рассматриваемом нами конкретном случае решения на интервалах I_1 и I_2 мы получаем следующее выражение для определения ω^2 :

$$\xi [\text{tg } \xi x_1 - \text{tg}(\xi x_1 + \theta_1)] = \mu_1, \quad (11)$$

где $\theta_1 = \arctg[\gamma \xi^{-1} \text{th } \eta(l - \bar{x}_1)] - \xi \bar{x}_1$.

Теперь, совместно решая уравнения (7) и (11), определим связанные состояния солитонов и их бифуркации. Приведем выражение для бифуркационной кривой (сно получается при $\xi = \eta = 1$):

$$\mu_1 = \text{tg } x_1 - \text{tg} \{ (x_1 - \bar{x}_1) + \arctg[\text{th}(l - \bar{x}_1)] \}. \quad (12)$$

Мы проводили расчёты как для коротких переходов ($l=4$), так и для длинных ($l=7; 10$), выбирая параметры x_1 и μ_1 равными соответственно 2 и 1; 5 и 1. На рис. 1 приведена кривая зависимости ω^2 от h_0 для рассматриваемого варианта при l , x_1 и μ_1 равном 7, 2 и 1. Отметим, что с ростом l (при фиксированных x_1 и μ_1) расстояние ОА увеличивается, т. е. устойчивое состояние существует в достаточно широком интервале значений h_0 . Для более полного описания свойств этого состояния на рисунках 2 и 3 приведены его другие характеристики. На первом из них построен график зависимости полного потока Φ от h_0 для этого набора параметров, а на втором — зависимость от полной энергии G , задаваемой формулой (3). Отметим, что кривая на рис. 3 качественно совпадает с полученной в работе [5]. С помощью соотношения (12)

мы можем построить поверхности бифуркаций. Для этого, используя решение x_1 уравнения (9) и фиксируя μ_1 , проследим за зависимостью h_0 от x_1 на бифуркационной кривой (рис. 4).

Для получения полной картины состояний, реализующихся в неоднородном ДП конечной длины при вполне определенном наборе пара-

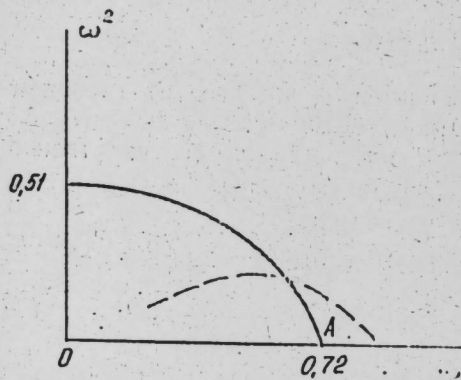


Рис. 1.

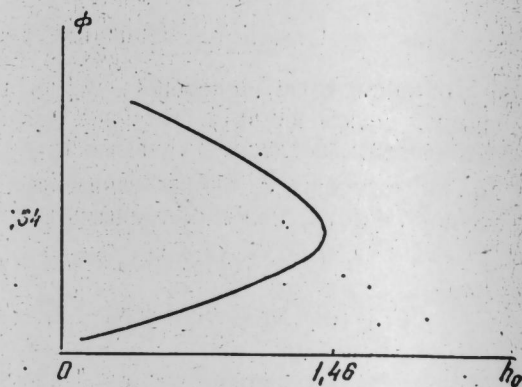


Рис. 2.

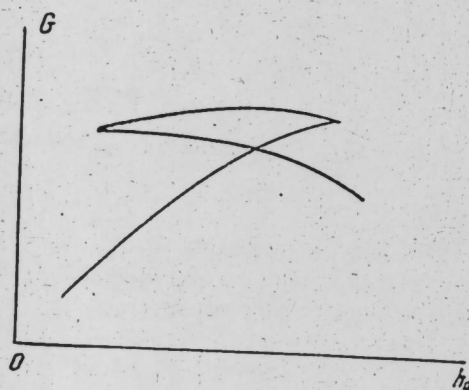


Рис. 3.

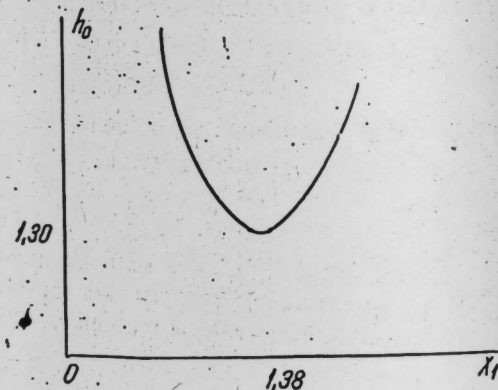


Рис. 4.

метров p , необходимо провести аналогичные рассуждения для всех 14 случаев, так как заранее невозможно выделить какие-либо из них. Для перехода, характеризуемого значениями l , x_1 , μ_1 , равными 7, 2, 1, мы рассмотрели все эти возможности и обнаружили второе устойчивое состояние, характер которого качественно совпадает с состоянием, найденным численным образом в [5] (это состояние отмечено на рис. 1 пунктирной линией).

Таким образом, рассматриваемая модель позволяет аналитически описать устойчивые состояния флюксонов в переходе конечной длины. Получены простые выражения для поверхности бифуркаций семейства состояний. По ним можно определить значения внешнего магнитного поля h_0 , при которых в переходе происходят бифуркации.

Мы благодарны А. Т. Филиппову за постановку задачи и обсуждения и В. Я. Штейншрайберу за помощь при проведении численных расчетов.

Литература

1. Owen C. S., Scalapino D. J. Vortex Structure and Critical Currents in Josephson Junctions. — Phys. Rev., 1967, v. 161, No. 2, 538—544.
2. Reisinger H., Shwable F. Defects in the Sine-Gordon Model: Statics. — Z. Phys. B. Condensed Matter, 1983, v. 52, No. 2, 151—170.
3. Гальперн Ю. С., Филиппов А. Т. — Письма в ЖЭТФ, 1982, 35, вып. 11, 470—472; Связанные состояния солитонов в неоднородных джозефсоновских переходах. Препринт Р17—83—632, Дубна: ОИЯИ, 1983 и ЖЭТФ, 1984, 86, № 4, 1527—1543.
4. Атакишиев Н. М., Померанц М. С. — ТМФ, 1987, т. 70, № 3, 351—357.
5. Бояджиев Т. Л., Гальперн Ю. С., Пузынин Н. В., Филиппов А. Т. Бифуркации связанных состояний флюксонов в неоднородном джозефсоновском переходе конечной длины. Препринт Р11—85—807. Дубна: ОИЯИ, 1985.

Институт физики

Поступило 19. II 1986

Н. Н. Атакишиев, М. С. Померанц

БИР МИКРО-ГЕЈРИ-БИРЧИНСЛИЛИ СОНЛУ УЗУНЛУГЛУ ЧОЗЕФСОН КЕЧИДИНДӘ ФЛУКСУОНЛАР

Мәгаләдә сонлу l узунлуглу вә x_1 нөгтәсиндә бир μ_1 гејри-бирчинслили бирөлчүлү Чозефсон кечидиндә магнит селини статик пәјланмасы мәсәләси тәдгиг едилмишдир. $\Phi'(r)$ сәһәсини кечидли кәнарларындақы кәркинлији $\Phi'(0) = h_0$ вә $\Phi'(l) = 0$ дыр. Гиссә-гиссә гырыг хәтти јахылашманын көмәјилә кечиддә флуксуонларын бағлы хәлләрини вә l , x_1 , μ_1 , h_0 параметрини дәјишмәсилә онларын бифуркасијасыны тәсвир едәи аналитик хәлл гурулмушдур. Алыммыш нәтичәләр дәгиг мәсәләсини бифуркасијасыны әдәди тәдгигилә мүгајисә едилдир.

N. M. Atakishiyev, M. S. Pomerantz

FLUXONS IN THE JOSEPHSON JUNCTION OF FINITE LENGTH WITH ONE INHOMOGENEITY

The problem of static distribution of the magnetic flux in one-dimensional Josephson junction of finite length l with one inhomogeneity μ_1 at the point x_1 and intensity of magnetic field at the ends $\Phi'(0) = h_0$ and $\Phi'(l) = 0$ is investigated. With the help of the piecewise-linear approximation the analytical solutions are obtained which describe the bound states of fluxons in the junction and their bifurcations as the parameters l , x_1 , μ_1 and h_0 change. The obtained results are compared with the numerical investigation of the exact problem.

Ш. А. ГАФАРОВ, В. Ф. ЧУВАЕВ, А. И. ГАСАНОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ
12-ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТ ВОЛЬФРАМА МЕТОДОМ ПМР

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

Известно, что гетерополисоединения (ГПС) образуют гидратно-сольватные комплексы с кислородсодержащими органическими веществами [1]. Изучение механизма образования этих комплексов представляет большой интерес с точки зрения исследования свойств ГПС в растворах.

Нами исследованы спектры ПМР растворов фосфорновольфрамовой ($H_3P W_{12} O_{40} \cdot nH_2O$, ФВК) и кремниевовольфрамовой ($H_4SiW_{12} O_{40} \cdot nH_2O$, КВК) гетерополикислот (ГПК) в метаноле, *n*-бутаноле и *изо*-бутаноле в зависимости от концентрации и водности (*n*) кислот.

Образцы ГПК с переменной гидратностью готовились из высоководных гидратов кислоты путем изотермического обезвоживания на воздухе. Очистку растворителей производили по методике [2]. Спектры ПМР регистрировали на спектрометре «Tesla-BS-487 С» при комнатной температуре на частоте 80 МГц. В качестве стандарта применяли ГМДС как внутренний эталон. Точность измерения химических сдвигов ± 0.02 м. д.

В растворах ГПК $\cdot nH_2O$ —спирт, помимо линий ПМР ряда функциональных групп растворителя в слабом поле относительно других линий имеется синглетная линия. Положение этой линии зависит от концентрации и водности кислоты. Вклад в эту линию дают молекулы воды, ионы H^+ кислоты и ОН группы спирта. Из-за ускорения протонного обмена при подкислении водно-органических сред отдельные линии воды, ион водорода кислоты, протонированного аниона ($A^{n-} \cdot H^+$) и гидроксильных групп спиртов не наблюдаются [3].

На рис. 1 приведены концентрационные зависимости химических сдвигов обменной линии растворов ФВК в метаноле и *n*-бутаноле. В области концентрации кислоты > 0.6 М (метанол) и > 0.4 М (*n*-бутанол) величина химического сдвига достигает предельного значения. Предельные сдвиги ($\delta_{пр}$) в *n*-BuOH больше, чем в метаноле (см. рис. 1). Необходимо отметить, что примерно такое же значение получается при замене *n*-бутанола и его изомера—на *изо*-бутанол. Так, химический сдвиг обменной линии в системе ФВК $\cdot nH_2O$ —*изо*-BuOH сдвигается в сильное поле всего на 0.1 м. д.

Для исследованных растворов ГПК возможны различные формы взаимодействия, особенно в области малых концентраций. Поэтому мы используем сравнение $\delta_{пр}$ в системе ГПК $\cdot nH_2O$ —спирт и химический сдвиг системы ГПК—*nH_2O*, не учитывая вначале влияние аниона. Поскольку

растворы ФВК $\cdot nH_2O$ —спирт характеризуются определенным отношением числа ионов H^+ к числу протонов воды ($3/2n$) независимо от концентрации химической сдвиг обменной линии с ростом степени ассоциации воды будет приближаться к значению $\delta_1 = \rho_{H_3O^+} + \delta_{H_2O} + [4]$, где $\rho_{H_3O^+}$ —доля протонов в ионах H_3O^+ , а $\delta_{H_2O} = -13$ м. д.—химический сдвиг иона H_3O^+ [4].

В органическом растворителе химический сдвиг воды зависит от концентрации только в той области, где возможно существование неас-

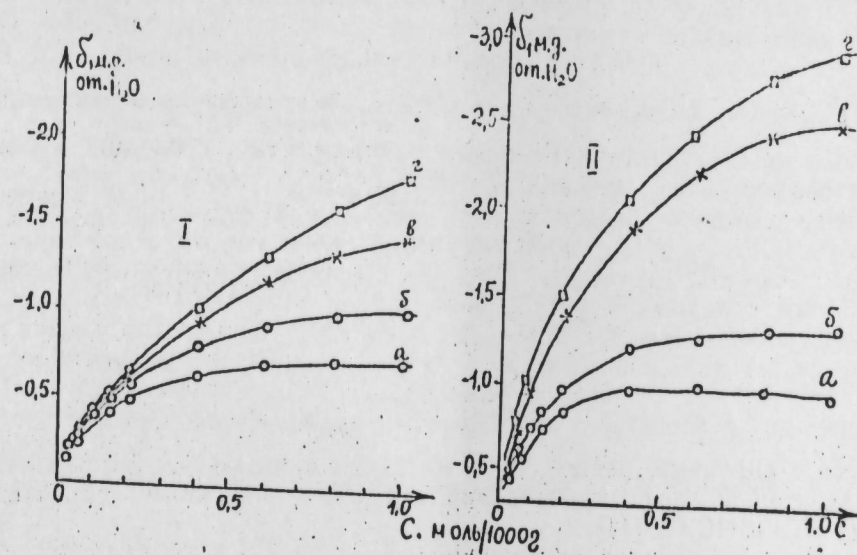


Рис. 1. Зависимость химического сдвига обменной линии от концентрации ФВК в метаноле (I) и *n*-бутаноле (II): а—*n* = 28; б—*n* = 19; в—*n* = 11; г—*n* = 6

социированных молекул. Следовательно, степень ассоциации воды и величина $\delta_{пр}$ должны уменьшаться с ростом основности растворителя. Исследование двухкомпонентных систем вода-растворитель [5] показало, что при концентрации > 0.3 М молекулы воды ассоциированы. Введение в такую систему какого-нибудь катиона приводит к селективной сольватации и степень ассоциации воды при этом возрастает [6—9]. В исследованных нами растворах ассоциирующим центром является ион водорода H^+ или H_3O^+ .

На рис. 2 $\delta_{пр}$ растворов ФВК сравниваются с величиной химического сдвига δ_1 , зависящего от доли протонов в ионе H_3O^+ . Из рис. 2 видно, что $\delta_{пр}$ растворов ФВК в *n*-бутаноле ближе к расчетным (δ_1), чем растворов ФВК в метаноле. Учитывая различия в основности двух растворителей, можно заключить, что в *n*-бутаноле катионный ассоциат $H^+ \cdot aq$ образуется быстрее по мере растворения ФВК и является более стабильным, чем в метаноле. Из рис. 2 видно, что экспериментальные кривые ближе к расчетному химическому сдвигу (δ_1) при больших водностях кислоты. Характерно, что величины δ_1 и $\delta_{пр}$ почти сходятся с химическим сдвигом линии воды, определенным непосредственно в кристаллогидратах ФВК 30 и 25 H_2O [10]. Это можно рассматривать как подтверждение определяющей роли концентрации ионов H^+ в сравнении с другими возможными вкладами в величину δ_1 . Из рис. 2 видно, что

экспериментальные кривые значительно отклоняются от δ_1 в области $n < 15$. Последнее наблюдается и для системы растворов ГПК· $n\text{H}_2\text{O}$ — кетон при примерно таком же значении n [10]. Это можно рассматривать как одинаковый механизм взаимодействия ГПК со спиртами и кетонами. Экстраполяция к $n \rightarrow 0$ дает значение химического сдвига протона, свя-

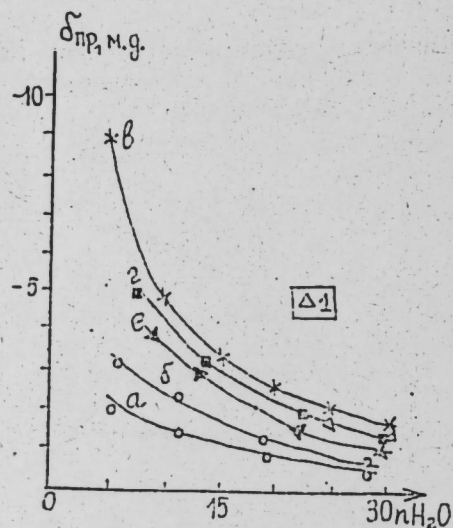


Рис. 2. Зависимости предельных сдвигов в растворах ФВК—спирт от n : а — ФВК в метаноле; б — ФВК в n -бутаноле; в — ФВК в ацетоне; г — ФВК в метилэтилкетоне; д — расчетные химические сдвиги системы ФВК— H_2O (пояснение в тексте); е — химические сдвиги линии воды в кристаллогидратах ФВК·30 и $25\text{H}_2\text{O}$ [10]

занного с анионами, равное 5—6 м. д. от линии воды. Это величина приблизительно сопоставима с аналогичными значениями для кислот HNO_3 , HCl и HClO_4 (11).

Аналогичное исследование проведено в системе $\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ — спирт. Результаты исследований показали, что в пределах экспериментальной точности значение химического сдвига обменной линии, в том числе $\delta_{\text{пр}}$ в случае КВК в 1.30 раза больше, чем ФВК. Приблизительно такое же значение (1.33) получается и расчетным путем, что обусловлено присутствием в системе большого количества ионов водорода.

Нами также рассмотрено изменение ширины обменной линии $\Delta\nu$ (в Гц) в зависимости от концентрации растворов ГПК. Результаты измерений показали, что $\Delta\nu$ незначительно уширяется в интервале концентрации кислоты 0—1 М и составляет 2—4 Гц. В обоих случаях растворитель не вносит существенных изменений в величину $\Delta\nu$. Поскольку ГПА определяет ширину обменной линии, то его участие в процессе обмена очевидно [12]. Процесс протонного обмена определяется стадией протонирования аниона $\text{A}^n \cdot \text{H}^+_{n-x}$, время жизни которого равно $10^{-4} - 10^{-5}$ с [12], что значительно больше времени жизни протона в гидратном окружении, равного $10^{-10} - 10^{-11}$ с [13]. Ввиду того, что ГПА, а не растворитель, определяет ширину обменной линии в системе ГПК· $n\text{H}_2\text{O}$ — спирт, можно предположить существование непосредственного контакта анион — $\text{H}^+ \cdot aq$. Такое взаимодействие в какой-то мере затрудняет перенос протона в растворитель.

Различие протонакцепторной способности анионов $(\text{SiW}_{12}\text{O}_{40})^{4-}$ и $(\text{PW}_{12}\text{O}_{40})^{3-}$ не отражено в ширине обменной линии $\Delta\nu$ в интервале концентрации 0—1 М. По-видимому, это связано с большой подвижностью анионов, молекулы воды и растворителя в системе.

Нами рассмотрено смещение остальных соответствующих групп и

изменение в форме спектра ПМР растворителя. Сольватация ионов водорода в растворе ГПК—спирт резко меняет спектр ПМР растворителя, благодаря ускорению протонного обмена при добавлении кислот [3]. Так, в чистом MeOH сигнал от протонов гидроксильной группы расщеплен в квартет, вследствие спин-спинового взаимодействия с протонами группы CH_3 , а сигнал от протонов CH_3 — группы расщеплен в дублет вследствие взаимодействия с протонами гидроксильной группы (ОН). При добавлении ГПК сигнал протонов ОН и CH_3 — группы превращается в синглет. В чистом метаноле химический сдвиг линии ПМР метильной группы относительно ГМДС равен 3,20. В системе ГПК· $n\text{H}_2\text{O}$ — MeOH линии CH_3 -групп сдвигается в слабое поле на 0,10 м. д. в интервале концентрации кислоты 0—1 М.

Более сложный вид имеют спектры n - и $изо$ - BuOH ($\text{CH}_3\overset{\alpha}{\text{C}}\overset{\beta}{\text{H}}\overset{\gamma}{\text{C}}\text{H}_2$ CH_2OH ; $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$). При добавлении ГПК (ФВК, КВК) наблюдаются изменения в структуре спинового мультиплета, сигналов, соответствующих функциональным группам. Это изменение особенно заметно происходит в структуре спиновых мультиплетов $-\text{CH}_2-(\gamma)$ и ОН-групп. Остальные линии не претерпевают заметных изменений. Сигналы ПМР n - BuOH и $изо$ - BuOH при взаимодействии с гидратированным катионом сдвигаются в слабое поле. При этом в n - BuOH сдвиги линии CH_3 - и CH_2 - (α , β) одинаковы и равны 0,06 м. д. Сдвиг линии $-\text{CH}_2-(\gamma)$ примерно в 3—4 раза больше—(0,18—0,23) м.д.

Сдвиги линий $изо$ -бутанола такие, как для n -бутанола. Так, сдвиг

CH_3 - и CH - одинаков и равен 0,06 м. д. Сдвиг $-\text{CH}_2$ -примерно в 3—4 раза больше—(0,18—0,23) м. д.

Таким образом, результаты анализов химических сдвигов спиртовых растворов ГПК показывают, что концентрации ионов H^+ играют определяющую роль по сравнению с другими возможными вкладками в величину δ обменной линии, и позволяют заключить, что взаимодействие происходит преимущественно по гидратно-сольватным механизмам. Следует отметить, что изучение поведения ионов H^+ ГПК в растворах проливает свет для выяснения механизма реакции кислотно-основного катализа, происходящей в гомо-и гетерогенных системах.

Литература

1. Никитина Е. А. Гетерополисоєдинєния. М.: Госхимиздат, 1962.
2. Юрьев Ю. К. и др. Практические работы по органической химии.—М.: МГУ, 1969.
3. Arnold I. T. Phys. Rev., 1956, v. 102, p. 136.
4. Попа Дж., Шнайдер В., Берштейн Г. Спектры ядерного магнитного резонанса высокого разрешения.—ИЛ., 1962, с. 525.
5. Simonyi M., Kavdos J., Naszmelyi A.—Acta Chem. Acad. Sci. Hungar., 1973, v. 76, 69.
6. Карякин А. В., Кривенцова Г. А. Состояние воды в органических и неорганических соединениях.—М.: Наука, 1973.
7. Luz Z., Meiboom S.—J. Chem. Phys., 1964, 40, 1058.
8. Diehl P., Liepert T.—Helv. Chim. acta, 1964, v. 47, 545.
9. Symons M. R.—Spectrochim. acta, 1975, 31A, 1105.
10. Гасанов А. И., Чуваев В. Ф., Спичин В. И.—Докл. АН СССР, т. 218, № 2, 379, 1974.
11. Hood G. C., Redlich O., Reilly C. A.—J. Chem. Phys., 1954, v. 22, 2067.
12. Чуваев В. Ф. Докт. дисс.—М., ИФХ АН СССР, 1975.
13. Meiboom S.—J. Chem. Phys., 1961, v. 34, 375.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт нефтехимических процессов
и м. акад. Ю. Г. Мамедалиева

Поступило 4. IV 1968

Ш. А. Гафаров, В. Ф. Чуваев, А. И. Гасанов
ВОЛФРАМ-12-ГЕТЕРОПОЛИТУРШУЛАРЫН СПИРТЛИ
МЭНЛУЛЛАРЫНЫН PMR МЕТОДУ ИЛЭ ТЭДГИГИ

Мэгалэдэ протон магнит резонансы методу илэ $H_2PW_{12}O_{40}$ п H_2O нэ $H_4SiW_{12}O_{40}$ п H_2O гетерополитуршуларын спиртли мэнлуллары тэдгиг едилмишидир. Концентра-
сијадан асылы олараг сујун вэ ујгун функционал группларын кимјэви сүрүшмэлэри
арашдырылмышдыр.

Sh. A. Gafarov, V. F. Chuvayev, A. I. Gasanov

STUDY OF ALCOHOL SOLUTIONS OF 12-HETEROPOLYACIDS
OF TUNGSTEN BY PMR

The chemical behaviour of heteropolyacids ($H_2PW_{12}O_{40} \cdot n H_2O$, $H_4SiW_{12}O_{40} \cdot n H_2O$)
in alcohol solvents is studied by proton magnetic resonance (PMR).

The PMR chemical shifts of water protons and functional groups of alcohols are
studied as a function of acids concentration.

АЗЭРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МЭ'РУЗЭЛЭРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLIII ЧИЛД

№ 7

1987

УДК 552.08:54:551.781 (479.22)

ПЕТРОГРАФИЯ

А. Э. БАГИРОВ, В. Г. ЗАСЕЕВ

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ
В ПАЛЕОГЕНОВЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЯХ
НАХИЧЕВАНИ

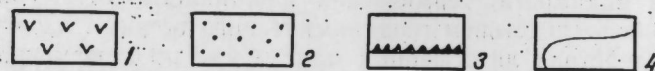
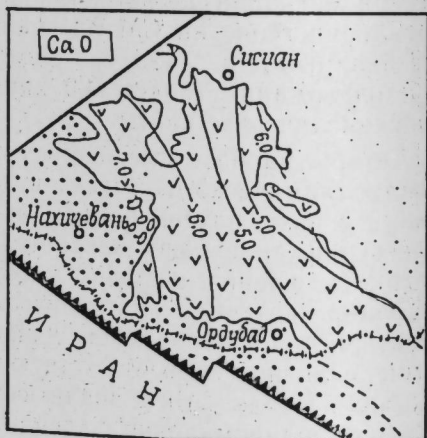
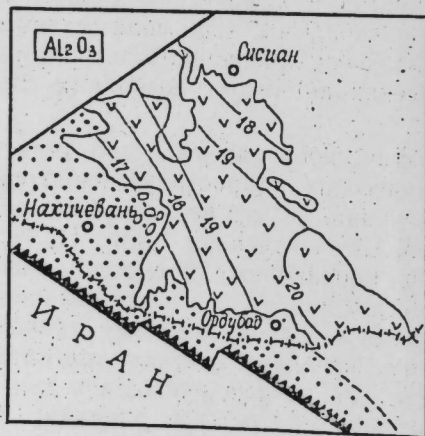
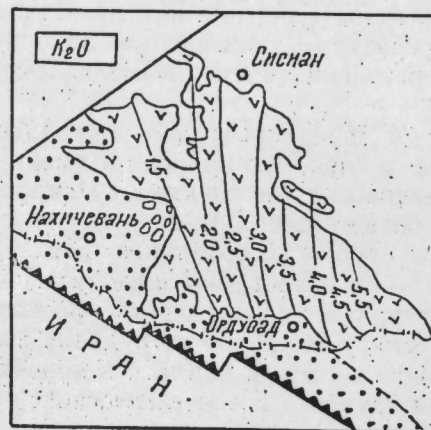
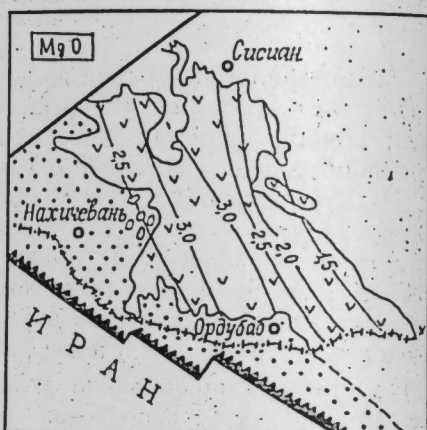
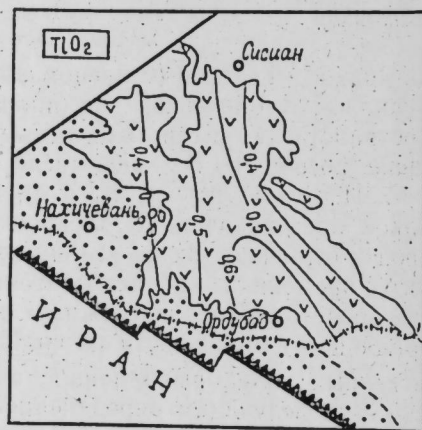
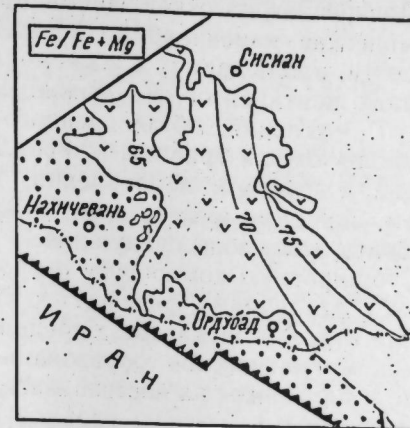
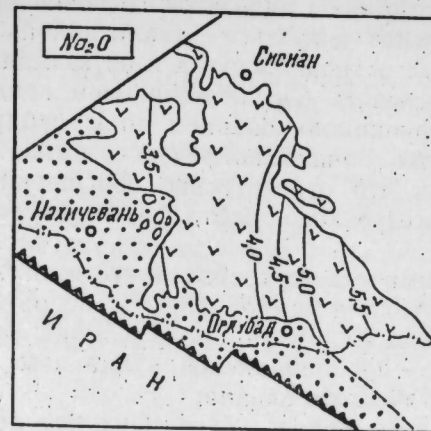
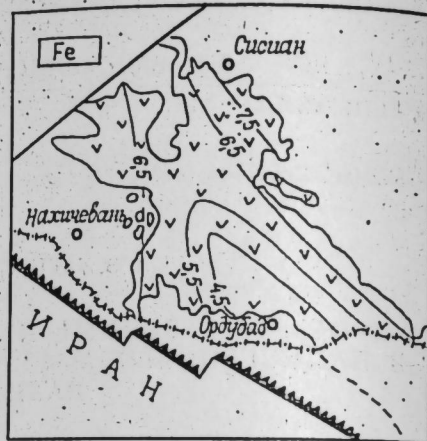
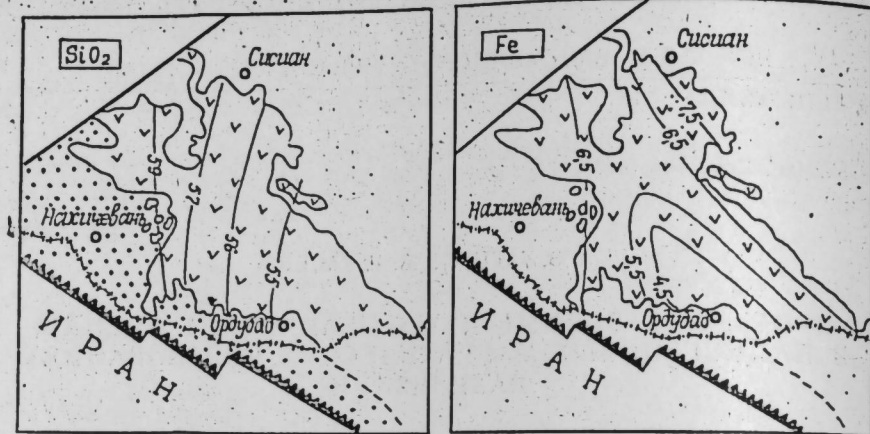
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР
Э. Ш. Шихалибејли)

Рассматриваемый район является крайним восточным звеном анде-
зитового пояса Малого Кавказа. Вулкано-плутонической ассоциации
палеогенового возраста, с которой пространственно и генетически связа-
но разнообразное эндогенное оруденение, посвящено большое число ра-
бот. Публикации Ш. А. Азизбекова, М. И. Рустамова [1, 2] и других
исследователей дают достаточно полное представление о распростра-
ненности петрографических типов пород и особенностях их химического
состава. Тем не менее, до последнего времени из-за недостаточной
петрохимической изученности пород не представлялось возможным про-
вести систематическое изучение латеральной изменчивости их состава.

Площадное опробование вулканогенных толщ, выполненное авто-
рами данной статьи в последние годы, с последующим определением в
них концентрации петрогенных элементов в химической лаборатории
Управления геологии СМ Азербайджанской ССР (250 полных химиче-
ских анализов), а также систематизация опубликованной петрохимиче-
ской информации (более 500 химических анализов) позволили соста-
вить схематические карты.

Авторы на базе имеющегося фактического материала убедились в
сходстве химического состава вулканических и пространственно сбли-
женных с ними плутонических образований, на что неоднократно обра-
щалось внимание ранее в работах М. А. Азизбекова и др. [1, 2]. С
целью исключения влияния локально проявленных процессов диффе-
ренциации исходных магматических расплавов все петрохимические
характеристики пород были приведены к фиксированному значению
кремнекислотности, соответствующему среднему составу андезита —
58% SiO_2 . После этого аналитические данные использовались для вы-
числения полиномиальных тренд-поверхностей третьего порядка. Вся
математическая обработка проводилась в Вычислительном центре
ВСЕГЕИ.

Результаты вычисления тренд-поверхностей представлены на ри-
сунке. Как видим, в латеральной вариации петрохимических характе-
ристик можно усмотреть суперпозицию двух тенденций, изменчивости
вкрест простирания андезитового пояса и тренда, обусловленного пере-
ходом от существенно вулканической фации в юго-западной части тер-
ритории к плутонической восточной, т. е. к Мегри-Ордубадскому бато-



Тренд-поверхности концентрации петрогенных элементов в магматических породах Нахчевани (а-к):
1 — магматические образования; 2 — осадочные отложения; 3 — зона субдукции; 4 — изолинии

литу. Общая кремнекислотность ассоциации и содержание в породах железа резко убывает в сторону Мегри-Ордубадского батолита, концентрация титана и натрия, напротив, отчетливо возрастает в этом направлении. Для калия, алюминия и окисленности железа наблюдается одновременная реализация этих двух тенденций: значения этих параметров растут, по мере удаления от южной границы вулканического ареала в северном и северо-восточном направлениях. Магний заметно обогащает

породы центральной части вулканического ареала — верховья рек Алнджачай и Гилянчай.

Установленные закономерности допускают петрогенетическую интерпретацию с учетом современных геодинамических моделей тектоники литосферных плит. В соответствии с этими моделями андезитовый пояс Малого Кавказа транслирует зону сложного взаимодействия микролит, подчиняющихся в своем движении перемещениям плит-гигантов: —Аравийской и Евразийской. В пределах рассматриваемого звена андезитового пояса с достаточным основанием можно выделить вполне обособленную микроплиту, которую резонно назвать Нахчеванской. На северо-западе микроплита ограничена трансформным разломом, проходящим по линии Хок-Базарчай, на северо-востоке ее граница совпадает с юго-западным краем Сомхето-Кафанской зоны, а южная прослеживается вдоль Араксинской депрессии. Положение юго-восточной границы не вполне ясно.

Поперечная по отношению к простиранию андезитового пояса петрохимическая изменчивость пород может считаться аналогичной зональности, наблюдаемой в современных островных дугах и на активных окраинах континентов. Ее можно связывать с существованием градиента pT — условий, обусловленного функционированием зоны субдукции вдоль южной границы микроплиты. Зона Бенъефа здесь была наклонена в северном направлении, так что относительно обогащенные калием, окислами железа породы Закавказского хребта формировались в глубоком тылу зоны субдукции.

Субширотную компоненту петрохимического тренда допустимо связывать с различиями физического состояния земной коры и, вероятно, верхних горизонтов мантии, определившими резкую смену фациального состава магматических образований — преобладающие вулканы на западе и плутоны на востоке магматического ареала.

Особенности состава главной массы пород Мегри-Ордубадского батолита (повышенное содержание щелочей, глинозема и железистости) указывают на явно более низкую температуру и повышенную обводненность магматического расплава в восточной части магматического ареала.

Более низкое положение геозотерм предопределило ослабление магнезиализации на уровне гранитового слоя, что привело к уменьшению общей кремнекислотности магматических продуктов. Напротив, наиболее высокий разогрев глубин соответствовал центру вулканической активности, в пределах которого породы оказывались обогащенными тугоплавным компонентом — магнием и обеднены щелочами, особенно натрием. Пониженная температура и обводненность расплава обусловили его повышенную вязкость, что существенно затрудняло перемещение расплава к дневной поверхности. Это и явилось в конечном итоге главной причиной формирования крупного комагматического гранитоидного батолита.

По всей видимости, термическая неоднородность глубин, в свою очередь, явилась следствием геодинамического режима на этом участке зоны взаимодействия литосферных плит. Судя по конфигурации Араксинской депрессии, есть основание предполагать, что в пределах восточной части этой зоны литосферная плита сближалась под острым углом (скользящая субдукция), так что нормальная компонента скорости здесь была сравнительно невелика. Следствием этого явилось умеренное выделение тепла в процессе поглощения литосферного материала и более низкое давление на глубинах магнезиализации. Относительно более холодные области земной коры, не испытывающие к тому же значительного избыточного давления, явились местами аккумуляции флюидной фазы. Последнее и определило особенности состава и условия становления субвулканических и гипабиссальных тел Мегри-Ордубадского батолита.

Проведенное исследование показывает, что систематическое петрохимическое картирование полей развития вулканогенных толщ позволяет выявить такие особенности изменчивости состава пород, которые ранее ускользали от внимания петрологов.

Литература

1. Азизбеков Ш. А. Геология Нахичеванской АССР — М.: Госгеолтехиздат, 1961.
2. Азизбеков Ш. А., Гаджиев Т. Г., Емельянова Е. Н., Рустамов М. И. Петрология интрузивов Араксинской зоны Малого Кавказа. — Баку: Изд-во АН АзССР, 1964.

Институт геологии

Поступило 20.V. 1985

А. Э. Багыров, В. Г. Засеjev

НАХЧЫВАНЫН ПАЛЕОКЕН МАГМАТИК СУХУРЛАРЫНДА СЛЪӘ ПЕТРОКИМЈЭВИ ТРЕНДЛЭРИ

Мәгаләдә Нахчыванын палеокен јашлы магматик сүхурларынын системләшдирилмәси вә петрохимјәви анализ онларын тәркибләринин латерал дәјишмәсинин истигамәтләринин ашкар етмәјиндән бәһс едилир.

Белә ки, андезит золагынын узанмаја әкс истигамәтдә дәјишмәси вә әсәси әразинин чәнуби-гәрбииндән шимали-шәргә доғру вулканик фасијадаи плутоник фасијаја кечидлә әлагәләндирилир.

Бу исә Араз чөкәклијиндә PT шәраитини дәјишдиран субдуксија зонасынын олмасы вә јер гаты—јухары мантија горизонтларынын физики вәзјјәтләринин фәргләймәси илә әлагәдар магматик сүхурларын фаснал дәјишмәсинә сәбәб олуру.

A. E. Bagirov, V. G. Zasejev

SPATIAL PETROCHEMICAL TRENDS IN PALEOGENE MAGMATIC FORMATIONS OF NAKHICHEVAN

The questions of lateral petrochemical variability in Paleogene volcano-plutonic association of the Lesser Caucasus andesite belt eastern link edge are considered on the basis of systematization and treatment of more than 500 complete chemical analyses. All petrochemical characteristics were reduced to the fixed value of the siliceous acidity (i. e. 58% SiO_2), and the obtained transformed analytical data were used in the construction of the third order trend-surface. The recognized superposition in the two trends of the petrochemical characteristics lateral variation is related to variability in cross strike of andesite belt and to trend caused by passing from essentially volcanic facies of the territory east-west part to plutonic eastern facies.

Ю. Б. ГАЛАНТ

**К СООТНОШЕНИЮ МАСШТАБОВ ГЕНЕРАЦИИ
МАГМАТИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНО-МЕТАМОРФОГЕННЫХ
ГАЗОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА**

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

Каждый тектоноблок земной коры состоит из разнородных его составляющих. Так, в блоке земной коры Большого Кавказа можно выделить следующие составляющие (гетероэлементы), отличающиеся или по своему геологическому характеру или по структуре, химическому составу: кристаллическое основание, осадочно-метаморфогенные породы, магматические породы, разломы.

Отличаются эти гетероэлементы не только по вышеперечисленным параметрам, но и по газогеохимическому составу.

Поставлена задача: оценить роль различных гетероэлементов как поставщика газов в общую газонасыщенность отложений. Основой для такой оценки послужили теоретические расчеты по газообразованию за счет органического вещества и привносу газов в периоды магматической деятельности. Исследования проводились по направлению выяснения роли как источника газов осадочно-метаморфогенных пород и магматических пород тектоноблока Большого Кавказа.

Как известно, источниками природных газов осадочно-метаморфогенных пород является преобразование заключенного в них органического вещества, а магматогенных пород — различные химические реакции.

Методика расчета генерации газов за счет преобразования органического вещества отложений Южного склона Большого Кавказа (на конкретном расчетном блоке Белокано-Шекинской металлогенической зоны) осуществлена исходя из геологических особенностей исследуемого блока на базе работ Н. Б. Вассоевича, Д. И. Дробота, А. Э. Конторовича, Н. К. Курбанова, В. Ф. Линецкого, Н. В. Лопатина, Ш. Ф. Мехтиева, Ю. В. Мухина, С. Г. Неручева, Е. А. Рогозиной, А. Б. Ронова, В. Ф. Симоненко, В. А. Соколова, А. А. Трофимука, В. А. Успенского, Э. Ш. Шихалибейли и др. В геосинклинальный период первоначально расчеты количества генерированного газа производились для толщи мощностью 500 м. при последовательном её погружении на подэтапы литогенеза: ПК, МК₁, МК₂, МК₃, МК₄, МК₅, АК₁. Затем полученное количество генерируемого газа переводилось на весь исследуемый блок.

Количество летучих магматической деятельности находилось из данных [2]. Принималось, что доля летучих компонентов по отношению к веществу горных пород составляет приблизительно 1 вес. %, и для упрощения расчетов, что все летучие — это углекислый газ.

Объем всех пород и вулканогенных пород Большого Кавказа брал-

ся по данным А. Б. Ронова [3]. Объем всех пород Большого Кавказа им оценивается величиной $1300 \cdot 10^3 \text{ км}^3$ — из них на долю вулканогенных пород приходится $46 \cdot 10^3 \text{ км}^3$. Необходимо отметить, что в данной статье речь идет об углекислом газе.

Проведенные расчеты по генерации газа органическим веществом осадочно-метаморфогенных пород показали, что в исследуемом блоке Белокано-Шекинской металлогенической зоны количество CO_2 составило $95,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^3$, т. е. удельная газонасыщенность осадочно-метаморфогенного газа (отношение количества генерируемого газа к объему всех пород) оценивается величиной $2,8 \text{ см}^3 \text{ CO}_2 / 1 \text{ см}^3$ породы.

Расчеты по образованию магматогенного газа за счет привноса при образовании интрузивных тел показывают, что ими было принесено в осадочно-метаморфогенные отложения $5 \cdot 10^{20} \text{ см}^3 \text{ CO}_2$. Удельная газонасыщенность магматогенного газа составляет $0,0004 \text{ см}^3 \text{ CO}_2 / 1 \text{ см}^3$ породы.

Интересные данные получают при составлении газонасыщенности отложений при насыщении осадочно-метаморфогенным и магматогенным газами.

Вообще зададимся вопросом — какая возможна газонасыщенность отложений при насыщении их осадочно-метаморфогенным газом при условии, что миграция газов (дегазация) весьма сильно затруднена или даже вообще отсутствует? Расчеты показывают, что на Южном склоне Большого Кавказа при заданных условиях могла бы образоваться газонасыщенность отложений, равная $25000 \text{ см}^3 / \text{л}$. Однако такой газонасыщенности отложений в настоящее время не наблюдается, возможно, она существовала в отдаленные эпохи или существует в других тектоно-газогеохимических провинциях.

Итак, теоретическая газонасыщенность, если бы не существовала миграция газов, составила бы более $25000 \text{ см}^3 / \text{л}$, при метано-углекислом составе природного газа.

Что касается магматогенного газа, то А. И. Тугаринов и В. Б. Наумов [4] отмечают, что содержание CO_2 в гидротермальных растворах составляет $81600—816000 \text{ см}^3 / \text{л}$. Мы видим, что величина $25000 \text{ см}^3 / \text{л}$ (величина газонасыщенности, полученная при насыщении отложений осадочно-метаморфогенным газом) того же порядка, что и величина ($81600 \text{ см}^3 / \text{л}$) газонасыщения раствора магматогенным газом, т. е. в принципе интенсивность процессов газообразования при преобразовании органического вещества и при образовании магматогенных газов в различных (конкретных) условиях могут быть сопоставимы.

Рассмотрим соотношения удельной газонасыщенности и газонасыщенности осадочно-метаморфогенного газа и магматогенного газа.

Соотношение удельной газонасыщенности:

$$\frac{\text{осадочно-метаморфогенный CO}_2}{\text{магматогенный CO}_2} = \frac{2,8 \text{ см}^3 / \text{см}^3}{0,0004 \text{ см}^3 / \text{см}^3} = 7000,$$

т. е. в данных конкретных геологических условиях на Большом Кавказе интенсивность (масштаб) генерации углекислого газа органическим веществом в 7000 раз выше, чем доля магматогенного газа.

Соотношение газонасыщенности:

$$\frac{\text{осадочно-метаморфогенный CO}_2}{\text{магматогенный CO}_2} = \frac{25000 \text{ см}^3 / \text{л}}{81600—816000 \text{ см}^3 / \text{л}} = 0,31—0,031,$$

т. е. газонасыщенность отложений углекислым газом, которые насыщаются газом за счет преобразования органического вещества в 0,31—0,031 раз меньше, чем газонасыщенность магматогенного раствора.

Таким образом, каждый конкретный гетероэлемент (осадочно-метаморфогенные породы, магматогенные породы) тектоноблока Большого Кавказа является специфическим поставщиком природного газа с сущими только ему особенностями. Роль различных источников (осадочно-метаморфогенные породы, магматогенные породы) для конкретной газогеохимической провинции различна и соотношение их как источников газа может меняться в зависимости от изменения геологической обстановки — в сторону увеличения роли магматогенных газов и уменьшения роли осадочно-метаморфогенных газов, или же в сторону увеличения роли осадочно-метаморфогенных газов, т. е. каждый геологический объект имеет свое особое дыхание — интенсивность, насыщенность, химический состав и можно говорить о дифференцированности дыхания геологических объектов.

Роль различных источников необходимо рассматривать конкретно для каждой геологической обстановки в конкретной геолого-газовой провинции. Эта необходимость вытекает из требований диалектической логики: «...вся человеческая практика должна войти в полное «определение» предмета... В-4-х, диалектическая логика учит, что «абстрактной истины нет, истина всегда конкретна» ...» [1].

Приведенные цифры могут послужить также для расчета баланса и роли различных источников в газовом дыхании; для оценки вклада различных генетических типов (осадочного, магматогенного) газа в состав атмосферы и др.

Литература

1. Ленин В. И. ПСС, т. 42, с. 290. 2. Мархинин Е. К. Вулканы и жизнь. — М.: Мысль, 1980. 3. Ронов А. Б. и др. — Геохимия, 1972, № 12. 4. Тугаринов А. И., Наумов В. Б. — Геохимия, 1972, № 3.

Институт геологии им. акад. И. М. Губкина

Ю. В. Галант

Поступило 19. IV 1985

БӨЈҮК ГАФГАЗЫН МАГМАТИК ВЭ ЧӨКМЭ МЕТАМОРФИК ГАЗЛАРЫНЫН КЕНИШ ЭЪАТЭДЭ ЭМЭЛЭ КЭЛМЭСИНЭ ДАИР

Мәгаләдә чөкмә вә магматик сүхурларын (газын мәнбәји кими) ролу ашкар едилмишдир. Гәмчинини кестәрилмишдир ки, мұхтәлиф мәнбәләрин ролу конкрет газ-кео-кимјәви әјаләтләр үчүн дәјишилә биләр. Елә она кәрә дә кеоложи объектләрин газлылыгынын фәргли олмасы тәсдиг олунмушдур.

Yu. V. Galant

ON RATIO OF VALUES OF MAGMATIC AND SEDIMENTARY AND METAMORPHOGENETIC GASES GENERATION OF THE GREAT CAUCASUS

The role of sedimentary and magmatic rocks (as the source of gases) is revealed. The role of different sources for concrete gaseous and geochemical province may change. The differentiation of geologic objects breathing is ascertained.

УДК 23/25

ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ, БОНИТИРОВКА ЛАНДШАФТОВ

Чл.-корр. АН АзССР Б. А. БУДАГОВ, Г. Ш. МАМЕДОВ

БОНИТИРОВКА ТИПОВ ЛАНДШАФТОВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

Как известно, ландшафты Азербайджанской ССР формировались при сложном взаимодействии таких природных факторов, как климат, рельеф, почвенно-растительный покров, животный мир, гидрологические условия, литология горных пород и т. д.

В пределах территории республики помимо высотной поясности ландшафтов, присущей горным странам, наблюдается также горизонтальная зональность, характеризующая структуру ландшафтов отдельных регионов. Ландшафтные комплексы Азербайджана формировались в различных термических условиях при различной обеспеченности влагой. Например, полупустынные, сухостепные и степные ландшафты, развитые в пределах низинных, равнинных, предгорных, низкогорных, местами среднегорных территорий (Нах. АССР, Юго-Восточный Кавказ, Ленкоранские горы), имеют избыточную теплообеспеченность при низкой влагообеспеченности [3, 4]. Соответственно формировались генетические типы, подтипы, разновидности почвенного покрова и растительных ассоциаций. По одному из компонентов ландшафта — почвенному покрову — можно определить бонитет ландшафтов в целом, так как в почвах отражена совокупность всех ландшафтообразующих факторов.

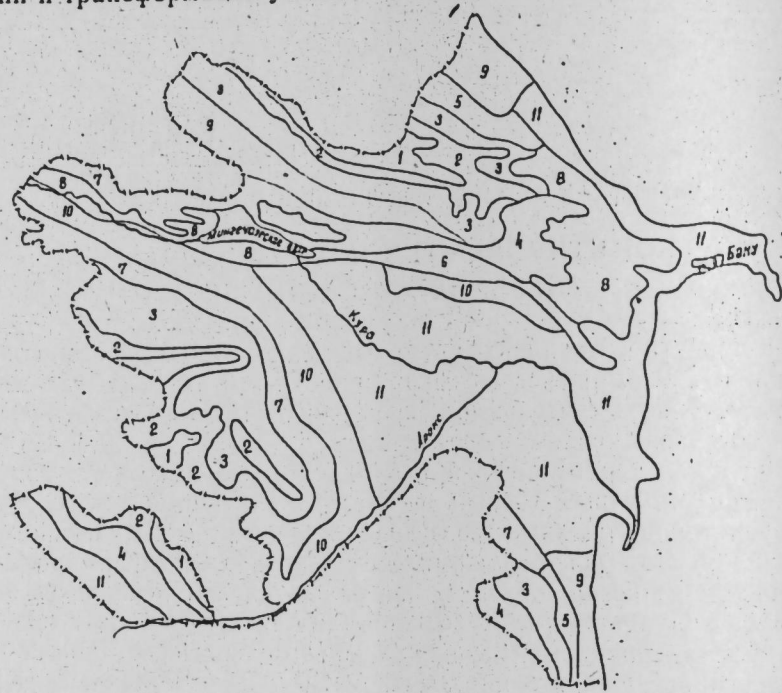
Для практических целей важно на основе различий ландшафтных комплексов оценить их количественно, т. е. определить числом и мерой относительные возможности каждого ландшафтного комплекса и тем самым установить их полезность для сельского хозяйства. Значимость подобных исследований особенно возрастает в связи с развертыванием в нашей стране работ по созданию кадастра природных ресурсов.

Метод качественных и количественных характеристик в почвоведении и географии применяется все шире [2, 5, 6—9]. Однако вопросы оценки ландшафтных комплексов остаются малозученными. Для территории Азербайджанской ССР бонитировка ландшафтных комплексов в мелком масштабе нами составляется впервые (см. рисунок).

В качестве основного критерия качественной оценки ландшафтных комплексов используются структура почвенного покрова (СПП) и биологическая продуктивность самого комплекса, ибо почва наиболее полно отражает основные свойства и признаки ландшафта и является главным средством сельскохозяйственного производства, для целей которого производится оценка.

Бонитировка типов ландшафтов — это второй (после бонитировки почв) этап оценки земель, в результате которого получают сведения о бонитете определенных территорий. Проведение подобных исследований необходимо для оценки в баллах бонитета качества СПП и ланд-

шафтных комплексов; разработки рекомендаций по их рациональному использованию; правильного выбора участков для строительства, мелиорации и трансформации угодий и т. д.



Картограмма типов ландшафтов Азербайджанской ССР (расшифровку 1—11 см. в таблице)

Для Азербайджанской ССР имеется бонитировочная шкала почв, построенная на основе их природных свойств с учетом климата (в виде биоклиматического потенциала). Выявленные баллы бонитета почв приемлемы для оценки СПП и ландшафтных комплексов.

Исходными материалами для оценки плодородия почв СПП и ландшафтных комплексов явились почвенно-эрозионная карта К. А. Алекперова [1]; карта типов ландшафтов и физико-географического районирования Б. А. Будагова и А. Д. Эюбова [4]; картограммы бонитета почв [9].

По этим материалам для каждого ландшафтного комплекса определяется СПП, подсчитывается площадь отдельных почвенных разностей, устанавливается их бонитировочный балл. Средневзвешенный балл ландшафтного комплекса определяется по формуле:

$$B = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n}{a}$$

где $a_1 a_2 \dots a_n$ — площади отдельных почв, га;
 $b_1 b_2 \dots b_n$ — бонитировочные баллы почвенных разностей.

В результате этих исследований выявлены количество ландшафтных комплексов в объекте исследования, их площадь, средневзвешенные баллы ландшафта и коэффициенты их сравнительного достоинства. При оценке плодородия почв ландшафтных комплексов непригодные почвы и суходолы (7949 км²) не учитывались (таблица).

На основе материалов оценки плодородия почв ландшафтных комплексов с учетом климата определен коэффициент сравнительного достоинства каждого ландшафта в отдельности. При этом средневзвешенный

Средневзвешенный бонитет ландшафтного комплекса Азербайджанской ССР

Ландшафтные комплексы	Площадь, км ²	Средневзвешенный балл бонитета ландшафта	Коэффициент сравнительного достоинства ландшафта
1. Нивальные, частично нивально-ледниковые ландшафты интенсивно расчлененных высоких гор	1647	52	1,27
2. Ландшафты альпийских, субальпийских лугов и лугостепей интенсивно расчлененных высоких гор	4806	58	1,41
3. Широколиственные лесные и послелесные лугово-кустарниковые ландшафты сильно расчлененных высоких гор	12330	66	1,61
4. Нагорно-ксерофитные ландшафты сильно расчлененных средних гор	1602	30	0,73
5. Широколиственные лесные ландшафты среднерасчлененных предгорий	1107	50	1,22
6. Ариднолесокустарниковые ландшафты интенсивно расчлененных предгорий	2628	34	0,83
7. Степные (частично лесостепные) и сухостепные ландшафты сильно расчлененных предгорий	11304	41	1,00
8. Полупустынные ландшафты сильно и средне расчлененных предгорий	6750	22	0,54
9. Лугово-лесные ландшафты среднерасчлененных межгорных равнин и низменностей	5499	56	1,36
10. Сухостепные ландшафты средне расчлененных равнин	8721	48	1,17
11. Полупустынные ландшафты средне и слабо расчлененных межгорных равнин и низменностей	22230	22	0,54
Условно непригодная территория, суходолы и др.	7449	10	0,24
Всего	86573	41	1,00

балл бонитета ландшафтных комплексов республики (41) принят за единицу ($K=1,00$).

Если коэффициент сравнительного достоинства ландшафтного комплекса равен или больше единицы ($K>1$), нет необходимости в искусственном повышении почвенного плодородия. При $K<1$ необходимы определенные затраты для доведения балла ландшафтного комплекса до единицы, т. е. до среднего балла территории.

Таким образом, оценивая ландшафтный комплекс, можно избежать ненужных расходов в хозяйствах, имеющих плодородные почвы. Это имеет большое значение для их экономики.

Литература

1. Алекперов К. А. Почвенно-эрозионная карта и охрана земель Азербайджанской ССР масштаба 1:600000 — М., 1980.
2. Ахтырцева Н. И. Автореф. дис... канд. наук. —

Воронеж, 1970. — 22 с. 3. Будагов Б. А. Изв. АН АзССР. Сер. наук о Земле, 1970, № 6, с. 75—83. 4. Будагов Б. А., Эюбов А. Д. Типы ландшафтов и физико-географическое районирование (для сельского хозяйства). — М., 1978. 5. Гаврилюк Ф. Я. Бонитировка почв. — Ростов н/Д., 1984. — 228 с. 6. Мамедов Г. Ш. Автореф. дис... канд. с.-х. наук. — Баку, 1978. — 28 с. 7. Мамедов Г. Ш. Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук, 1980, № 5, с. 51—55. 8. Мамедов Г. Ш. Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук, 1983, № 3, с. 44—48. 9. Мамедов Г. Ш. Картограмма бонитета почв Азербайджанской ССР. — Фонд Ин-та почвовед. и агрохим. АН АзССР, 1984. 10. Мамедов Г. Ш. — Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук, 1985, № 3, с. 29—36.

Институт географии

Поступило 3. I 1986

Б. Э. Будагов, Г. Ш. Мамедов

АЗЭРБАЈЧАН ССР ЛАНДШАФТ ТИПЛЭРИНИИ БОНИТИРОВКАСИ

Мәгаләдә тәсәррүфат мәгсәдилә Азәрбајчан ССР әразисиндә мөвчуд олан 11 ландшафт типн үзрә орта чәкили бонитет баллары чыхарылмыш, онларын сәһәләрн вә мүгајисәли дәјәрлилик әмсаллары мүәјјән едилмишдир. Бу көстәричиләр ландшафт зоналарындан сәмәрәли истифадә етмәјә, онлары дүзкүн гүјмәтләндирмәјә вә горујуб мүнафизә етмәјә имкан јарадыр.

B. A. Budagov, G. Sh. Mamedov

SOILS RATING OF LANDSCAPES TYPES OF THE AZERBAIJAN SSR

For the practical purposes, the index of soils rating of the main landscapes types is revealed within the Azerbaijan SSR, their area, the average weighted index of the landscape and coefficients of their comparative value are established, which can serve as a rather objective landmark in regulation, utilization and protection of natural resources of the republic.

АЗЭРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗЭЛЭРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLIII ЧИЛД

№ 7

1987

Т. К. ТЕЙМУРОВ

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

ОТСТОЙНИК С СЕКЦИОННОЙ ПРОМЫВКОЙ КОНСТРУКЦИИ АЗНИИГИМ

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

Развитие орошения имеет важное значение для подъема сельского хозяйства Азербайджанской ССР. Около 700 тыс. га земель, пригодных к орошению, расположено в горных (180 тыс. га) и предгорных (520 тыс. га) зонах. Источниками орошения этих земель являются многочисленные горные реки с суммарным поверхностным стоком 12 млрд. м³ (для рек, имеющих ирригационное значение). Водные ресурсы этих рек — ценнейшее природное богатство, однако проносимые этими реками наносы являются одним из основных препятствий для более полного использования Азербайджанской ССР.

Мутность рек Азербайджанской ССР изменяется от 20 до 10 тыс. г/м³ и более с некоторой тенденцией увеличения ее с запада на восток. Высокая мутность большинства рек и широкие пределы ее изменения определяются большими уклонами местности, бурным течением рек и интенсивностью денудационных процессов, вызывающих обрушение и размыв склонов Большого Кавказа и Малого Кавказа, в которые глубоко врезаны реки. Средний диаметр взвешенных наносов в горной части территории составляет 0,07 — 0,11 мм, а на предгорно-равнинных участках 0,03 — 0,05 мм. Выявлено преобладание более мелких фракций (<0,05 мм) на реках Большого Кавказа по сравнению с реками Малого Кавказа, что обусловлено литологическим составом пород, представленных на Большом Кавказе преимущественно глинистыми сланцами, песчаниками, а на Малом Кавказе — вулканогенными, менее податливыми к размыву породами [1].

Попадание наносов в ирригационные системы и каналы ГЭС при водозаборе из речных потоков вызывает большие затруднения при эксплуатации гидротехнических сооружений. На очистку каналов от осевших наносов тратится огромное количество материальных ресурсов. Учитывая вышесказанное, а также то, что в составе мелких взвешенных наносов содержится значительное количество органических веществ (до 21% от общего веса [2]), которые являются весьма ценными удобрениями, создалась насущная необходимость в разработке и внедрении конструкций сооружений, обеспечивающих транспорт мелких наносов на орошаемые земли и аккумуляцию крупных наносов в водохранилищах.

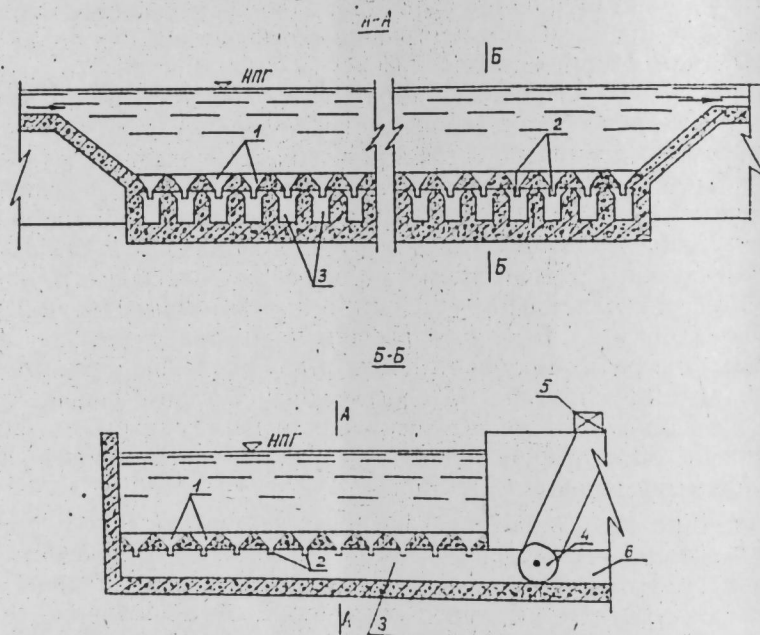
Как показывает практика эксплуатации, при водозаборе из горных и предгорных рек производится отвод от водоприемника лишь донных наносов, а взвешенные обычно проходят в канал. Для борьбы со взве-

шенными наносами на каналах устраиваются отстойники с гидравлическим промывом или с механической очисткой.

Исследования, проведенные в течение ряда последних лет во ВНИИГИМе, САНИИРИ, КазНИИЭ, АзНИИГИМе, показали, что отстойники с гидравлической промывкой являются одним из наиболее надежных средств по борьбе с заилением оросительной сети и выгодными по технико-экономическим показателям.

Для нормальной работы отстойника необходимо довести до минимума вероятность попадания вредных фракций наносов в канал, что можно достичь лишь при регулярном удалении отложившихся наносов с наименьшей затратой расхода воды. Конструкция сооружения в целом должна быть такова, чтобы помимо своего прямого назначения — осаждения наносов из потока — обеспечивать оптимальные условия для работы промывных устройств. Этим условиям отвечает разработанная в АзНИИГИМе конструкция отстойника непрерывного действия с гидравлической промывкой по секциям, предназначенного для осаждения и удаления наносов фракциями $d \geq 0,05$ мм [3].

Отстойник представляет собой прямоугольный в плане бассейн, на дне которого устроены конусообразные воронки, заканчивающиеся цилиндрическими патрубками (рисунок). Под воронками, поперек про-



Отстойник с секционной промывкой: 1 — металлические конусы; 2 — цилиндрические насадки; 3 — промывные галереи; 4 — вальцовый затвор; 5 — подъемник; 6 — пульповод

дольной оси отстойника, расположены промывные галереи прямоугольного сечения, выходящие своими концами в устроенный вдоль отстойника общий сбросной канал. На выходе из промывных галерей установлены вальцовые затворы, каждый из которых перекрывает секцию из 4—5 галерей.

Работа отстойника по непрерывному осаждению и удалению напо-

сов происходит следующим образом: забираемый из реки водоприемным сооружением поток воды, содержащий наносы, поступает в камеру отстойника, где приобретает скорости, необходимые для осаждения наносов. В камере наносы выпадают на дно и, скатываясь по откосам воронок, через патрубки попадают в промывные галереи, где откладываются на дно. Манипулируя вальцовыми затворами, поочередно промывается каждая секция, пока остальные будут работать на отстой. Промывка галерей происходит с помощью патрубков воронок, поступающая из которых с большой скоростью истечения вода размывает отложения наносов на дне галерей и транспортирует их в сбросной канал. Основное значение промывных галерей, расположенных в отстойнике, состоит в том, что они сокращают длину промываемых участков, создавая благоприятные условия для гидравлического удаления наносов. Как известно из теории и практики применения отстойников, гидравлические промывки затруднены тем, что для осаждения желаемых фракций взвешенных наносов требуются отстойники большой протяженности, в то время как эффективная промывка может быть осуществлена лишь на коротком расстоянии. Применение подобной конструкции промывных устройств позволяет, во-первых, устраивать отстойники любой длины, необходимой для наилучшего осаждения наносов, и, во-вторых, вести промывку по коротким, наиболее выгодным для смыва наносов участкам. Промывной расход составляет 10% от общего расхода отстойника, что почти вдвое меньше, чем у существующих конструкций, а это позволит получить большую экономию воды.

Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой конструкции отстойника для расхода $Q = 10$ м³/с составит 185 тыс. руб.

Литература

1. Ахундов С. А. Сток наносов горных рек Азербайджанской ССР. — Изд-во АН АзССР, 1978.
2. Лопатин Г. В. Наносы рек СССР. — Географгиз, 1952.
3. Гасанов Г. М., Теймуров Т. К. Проведение натурных и модельных исследований схем и конструкций сооружений для регулирования твердого стока путем аккумуляции крупных наносов в водохранилищах и транспорта мелких наносов на орошаемые земли/Отчет по научно-технической работе за 1981—1982 гг. № гос. регистрации 81102276, инвентари. № 0048396. Баку, 1982.

АзНИИгидротехники и мелиорации

Поступило 10. XII 1984

Т. К. Тејмуров

СЕКЦИЈАЛАРЛА ЈУЈУЛАН ДУРУЛДУЧУНУН ГУРУЛУШУ

Магаләдә Азербайжан елми-тәдқиғат һидротехника вә мелиорасија институтунун һидротехники гургулар лабораторијасында дағ вә дағәтәји чајлары үчүн һазырланмыш јени дурулдуҷунун гурулушу вә иш хусусијјәти верилр.

Тәклиф олуан дурулдуҷу сују чөкүнтүдәи тәмизләмәклә бәрәбәр ејни заманда ју-јучу гургуларын оптимал ишләмәсини дә тә’мин едир, чөкүнтүңү дурулдуҷунун бојун-ча һиссә-һиссә јумаға имкан верир.

Бу заман јумаја сәрф олуан су мөвчуд дурулдуҷуларә һисбәтән ики дэфә азалир, дурулдуҷунун јујулмасы үчүн сәрф олуан үмуми сујун 10%-нә бәрәбәр олур.

Дурулдуҷунун ири мигјасда сынағдан чыхарылмыш моделинин нәтичәләри онун јүксәк еффектлијини тәсдиғ едир.

Т. К. Теумуров

THE SETTLE-BASIN WITH THE SECTIONAL WASH-WATER
(THE CONSTRUCTION OF AzNIIGIM)

The construction and conditions of work of the new settle-basin with sectional hydro-wash-water, which is worked out in hydrotechnical laboratory of AzNIIGIM and recommended for mountain and foot-hill zones, are considered in this article.

Besides the settling of sediments from the stream, the new settle-basin provides the optimal conditions for work of the wash-water devices which allows to carry on leaching in a short and more advantageous parts for washing away sediments. The leaching rate of the settle-basin is nearly half than that in existing constructions and it makes up 10% of common rate of the settle-basin.

The results of the researches on large-scale model show the efficiency of this settle-basin construction.

АЗЭРБАЙҶАН ССР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЯСЫНЫН МЭРУЗЭЛЭРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XLIII ЧИЛД

№ 7

1987

УДК 82/89 (5)

ШЭРГШҮНАСЛЫГ

Т. ЭЛЭСКЭРОВА, Ч. САДЫГОВА

ҺҮБЕЈШ ТИФЛИСИНИН «КАМИЛ ЭТ-ТӘ'БИР» ЭСЭРИНИН
ССРИ-дә JEKANƏ КАМИЛ НҮСХӘСИ

(Азәрбајчан ССР ЕА академики М. Ч. Чәфәров тәгдим етмишир)

Дөврүнүн исте'дадлы астроному, астрологу, тәбиби, әдиби, лексикографы, ријазинјатчысы, кимјачысы, мүнәндиси олан Һүбейш Тифлиси өзүндән сонра эәнкин елми ирс—30-дан артыг эсәр гојуб кетмиш, лакин онларын һамысы бизә чатмамыш, мә'лум оланлары исә тәәссүф ки, индијә гәдәр ајрыча тәдгигат объекти олмамышдыр.

Оун эсәрләринин әлјазма нүсхәләринин дүнјанын мұхтәлиф китабханаларында кениш јайылмасы һәлә орта эсрләрдә Һүбейш Тифлисинин јарадычылығына чох бөјүк мараг ојандығыны сүбут едир.

Республика әлјазмалар фондуна Һүбейш Тифлисијә мәхсус олуб, лакин хәттатын сәһви үзүндән мұәллифинин ады дүзкүн көчүрүлмәјән диқәр әлјазмасы «Камил әт-тә'бир» эсәридир*. Һүбейш Тифлисинин бу эсәринин Бақы нүсхәси өзүнүн бир о гәдәр дә хошнәвис, көзәл хәттат олмадығындан шикајәтләнән намә'лум бир хәттат тәрәфиндән Агабәк хәләфә Мирзә Садыг Шәмахи әл-әсл Дәрбәндиинин хаһиши илә шәввал ајынын 12-дә көчүрүлмәјә башланмыш (или көстәрилмир), сәфәр ајынын 29-да шәнбә күнү һ.1235-чи илдә (1809) Дәрбәнддә тамамланмышдыр [1]. «Камил әт-тә' бир»ин Бақы нүсхәсинин мұгәддимәси дә мұәллифин демәк олар ки, бүтүн эсәрләриндә ишләтдији ән'әнәви «сәпас (вә шүкр) ходајира ке...» чүмләси илә башланыр [2]. Һүбейш Тифлиси бүтүн эсәрләринин мұгәддимәсиндә өзүнү «ченин гујәд» чүмләсиндән сонра тәгдим едир. Бу нүсхәнин мұгәддимәсиндә мұәллифин ады сәһвән «Һүсәји» кетмишидир: «...ченин гујәд һәким Әбүл Фәзл Һүсәји бин Ибраһим бин Мәһәммәд әт-Тифлиси». Мараглыдыр ки, Һүбейшин ады тәкчә бизим һаггында мә'лумат вердијимиз нүсхәдә дејил, бу эсәрин бә'зи әлјазма нүсхәләриндә, мәсәлән, Сепәһсалар, Топгапы вә Дашкәнд нүсхәләриндә «Һүсәји» јазылмышдыр. Һачы Хәлифә Һүбейшин «Камил әт-тә' бир» эсәри һаггында мә'лумат верәркән биринчи олараг оун адынын дүзәлишинә тәшәббүс көстәрмишидир: «...Камил әт-тә' бир» эсәринин Шейх Шәрәфәддин Әбүл Фәзл Һүсәји—«Һүбейш» бин Ибраһим бин Мәһәммәд әт-Тифлиси «Синһәт әл-әбдан» эсәриндән сонра јазмышдыр...» [3]. Ф. Е. Каратај исә бу эсәрин Топгапы сарајы китабханасына мәхсус нүсхәсини тәсвир едәркән «оун мұәллифи Һүсәји вә ја Һүбейшидир» [4]. демәклә әслиндә Һачы Хәлифәјә әсәсланмышдыр. «Камил әт-тә' бир»ин Гаһирә нүсхәсиндә исә мұәллифин ады «Һүбейш» кетмишидир [5]. Көрүнүр, эсәрин гәдим әлјазма нүсхәсинин үзүнү көчүрән хәттат оун кимә андлији

* Оун «Лүгәти гәвафи» эсәринин Бақы нүсхәси дә бизим тәрәфиндән мұәјјәнләширилмишидир.

илә марагланмамыш, ја аз мә'луматлы олмуш «Һүбејш» сөзүнү тәһриф едәрәк «Һүсејн» көчүрмүш вә сонрақы әсрләрдә бу сәһв тәкрат едилмиш вә дикәр нүсхәләрдә дә јајылмышдыр.

Һүбејш Тифлиси «Камил әт-тә'бир» әсәрини дә II Ғылыч Арслан үчүн јазмышдыр: «Беләликлә дә јад едилдији кими, бу елмә даир камил вә фајдалы бир китаб көрмәмишдим, бөјүк султана хидмәт көстәрмәк үчүн чалышдым вә өзүмә зәһмәт вердим, белә бир китаб јаратдым» [6]. Бу әсәрин мараглы јаранма тарихи вардыр: мүнәччимләр II Ғылыч Арслана хәбәр верирләр ки, һ.582 [1186]-чи илдә шә'бан ајында улдузларын Мизан бүрчүндә топланмасындан Нуһун туфанына бәнзәр бир туфан олачаг, шәһәрләр дағылачаг, инсанлар һәлак олачаг. Султан бу хәбәрә инаныб чохла пул сәрф едәрәк јер алтында евләр тикдирир, инсанлар су вә јемәк көтүрүб мағаралара сығыныр. Тә'јин едилән вахт һава сакит кечир. II Ғылыч Арслан мүнәччимбашыны чағырыб јаланын сәбәбини сорушмуш, о да мә'налы бир сөз демәклә чаныны гуртарса да вәзифәсиндән азад едилмишдир. Мәһз бу һадисә илә әлагәдар, Һүбејш Тифлиси мәшһур «Камил әт-тә'бир» әсәрини јазмышдыр. Беләликлә дә «Камил әт-тә'бир»ни јазылмаға башландығы тарих тәхминән һ.582-чи илдән сонраја анд едилә биләр. Һүбејш Тифлиси мүгәддимәдә она гәдәр һеч кимни јуху јозма, тә'бир һаггында мүкәммәл бир әсәр јазмадығыны гејд едир. О, бу әсәри јазаркән X—XI әсрләрдә Јахын Шәргдә астролокијаја анд јазылмыш 21 китабдан, ән чох һәким Данијал, Ибн Сирин, Чә'фәр Садыг, Ибраһим Қирмани вә башгаларынын әсәрләриндән истифадә етмишдир. Мүәллиф тә'бир лүгәтиндәки сөzlәри 29 бабда вермиш, һәр бир фарс сөзүнүн гаршысында онун лексик дејил, тә'бир бахымындан мәнасыны изаһ етмиш, п, ж, ч, к һәрфләри илә башланан сөzlәри исә онларын мәхрәчинә јахын олан бабларда јерләшдирмишдир. Әсәри әрәб әлифбасына ујгун олараг 28, лам вә әлиф һәрфләрини бирләшмәсиндән әмәлә кәлән «ла»ны да ајрыча, мүстәгил бир һәрф гәбул етмәклә (бу баба чәми алты сөз дахил етмишдир) 29 баба бөлмүшдүр. Әсәрдә һәрфләрин адландырылмасы да чох мараглыдыр: «һәрфи би әз кетабе «Камил әт-тә'бир», һәрфи «ти», һәрфи «си», һәрфи «хи» вә с.

Һүбејш Тифлиси фарс лексикографијасы тарихиндә илк дәфә оларә сөzlәри әлифба сырасы илә—әввәлдән биринчи вә икинчи һәрфә көрә јерләшдирмиш, астролокијаја даир бөјүк бир лүгәт јаратмышдыр. Бу XII әсрдә тә'бир лүгәти олса да фарсчадан фарсчаја тәртиб едилмиш һәләлик јеканә әсәрдир. XII әср фарс дилинин инкишаф јолларынын, лексик-грамматик вә үслуб хүсусијәтләрини аראшдырылмасы бахымындан бу әсәр олдуғча зәнкин вә ән е'тибарлы мәнбәдир. Бу китабын бир әлјазма нүсхәси дә («Тә'бире камил») Өзбәкистан ССР ЕА Шәргшүнаслыг Институтинда (Дашкәнддә) сахланылыр. «Камил әт-тә'бир»ни Бақы нүсхәси илә мүгајисәдә Дашкәнд нүсхәси нөгсанлы олуб, әввәлдән вә ахырдан мүәјјән һиссәләр дүшмүшдүр [7, 9]. Буна көрә дә фикримизчә, әсәрин Бақы нүсхәси ССРИ-дә јеканә камил нүсхә һесаб едилмәлидир.

Һүбејшин башга әсәрләринә һисбәтән «Камил әт-тә'бир»ни әлјазма нүсхәләрини чох јајылмасынын сәбәбини онун јарадычылығында бу әсәрин һәм чох мүһүм јер тутмасы илә, һәм дә «бүтүн дөврләрдә вә бүтүн халғларда мүасир дөврүмүзә гәдәр јуху јозма китабларына олан бөјүк еһтијачла изаһ етмәк олар» [8]. Бу әсәрдән вахтилә Јахын Шәргдә чох истифадә едилмиш вә һәтта түрк дилинә дә тәрчүмә олунмушдүр. «Камил әт-тә'бир»ни һ.955-чи илдә Султан Сүлејманын дөврүндә Хызр ибн Әбдүл Һади әл-Бәвазичи тәрәфиндән түркчәјә тәрчүмәсини авто-

графы да Республика әлјазмалар фондуна сахланылыр. Вахтилә бу тәрчүмә һаггында елми әдәбијјатда Ч. В. Гәһрәманов вә Р. М. Әлијев мәгалә илә чыхыш етмиш вә онун дилчилик бахымындан ролуну јүксәк гијмәтләндирмишләр [9—5, 17]. Лакин мәгалә мүәллифләри Бәвазичи вә һачы Хәлифәјә әсаслансалар да Һүбејш Тифлисини әсәрини сәһвән «Кәвамил әт-тә'бир» адландырымышлар. Һалбуки Һүбејшин әсәри һәм Бәвазичини тәрчүмәјә јаздығы мүгәддимәдә, һәм дә һачы Хәлифәдә мүәллифин өзүнүн адландырыдығы кими «Камил әт-тә'бир» гејдум, чүнки фарс дилинә буна да камил бир китаб һеч кәс јаратмамышдыр». «Кәвамил әт-тә'бир» исә Бәвазичини өзүнүн тәрчүмәјә вердији аддыр. Бәвазичи мүгәддимәдә бу һагда белә јазмышдыр: «...әмма бә'д һичрини тоғуз јүк сәккиз јилини тарихиндә «Камил әт-тә'бир» китабы ки, Шејх Әбүл Фәзл Һүсејн бин Ибраһим бин Мәһәммәд әт-Тәғләби... тәсниф етмишдир, дәр әјјаме ...Султан Сүлејман... бу бәндеји һәгир Хызр ибн Әбдүл Һади әл-Бәвазичи... фарси лүгәтдән... түркијә мүбәддәл ејләјүб адыны «Кәвамил әт-тә'бир» году (гејду), зира ки әсл үзәринә бә'зи јерләринә әрәби вә фарси китабларындан мајәлигу биһи изафә етди... [10].

Һәмни мәгаләдә мүәллифләр Бәвазичини әсәри һичри 908 (1501)-чи илдә битирдијини, һ.955 (1547)-чи илдә исә ону өз әлијлә Султан Сүлејман үчүн көчүрдүјүнү көстәрирләр [1, 8—9]. Доғрудан да Бәвазичини өзүнүн әсәрә јаздығы мүгәддимәдән ајдын көрүнүр ки, о, бу әсәри Султан Сүлејманын дөврүндә фарс дилинән түрк дилинә тәрчүмә етмишдир. Султан Сүлејман исә һ.908-чи илдә дејил (һ.886—918-чи илләрдә (1481—1912) II Бәјазид) һ.926—974-чү илләр (1520—1566) арасында һакимијјәт башында олмушдүр [11, 185]. Демәли, Бәвазичини әсәри һ.908-чи илдә тамамламасы фикри инандырычы дејилдир. Бәвазичини китабын сонундакы «бу китабын фарс вә әрәб дилләриндән түркчәјә тәрчүмәсини онун (китабын) катиби әл-фәгир, әл-һәгир... Хызр бин Әбдүл Һади әл-Бәвазичи... һичри 955-чи илдә шә'бан ајынын 27-дә һәфтәнин икинчи күнү Мосул шәһәриндә јазиб гуртарды чүмләси дә «Камил әт-тә'бир» әсәрини Бәвазичи тәрәфиндән тәрчүмәсини һ.908-чи илдә дејил, мәһз һ.955-чи илдә тамамланыб баша чатдығыны тәсдигләјир. Автограф олан бу әсәри көчүрүлмә тарихи илә тамамланма тарихини ејни илдә баш вердијини күман етмәк олар.*

Тәрчүмәчини мүгәддимәдә вердији «...һичрунун тоғуз јүз сәккиз јилини тарихиндә...» чүмләсиндәки һ.908 тарихинә кәлдикдә исә фикримизчә мүтәрчим бу тарихлә Һүбејшин «Камил әт-тә'бир» әсәрини јазылдығы илә ишарә етмишдир. Бу, чүмләдән дә ајдын көрүнүр. Чох күман ки, Бәвазичи әсәри мүәллифини јахшы танымадығындан (буна көрә дә Һүбејш Тифлиси әвәзинә «Һүсејн Тәғләби» јазмышдыр) вә онун дөврүнү билмәдијиндән «Камил әт-тә'бир» мүәллифи вә јазылма тарихи һаггында сәһв фикрә кәлмишдир.

Мәгаләдәки «...јазиычы ону азәрбајҗанчаја чевирмәк гәрарына кәлмишдир вә Тифлисини китабынын жанр формасынын бир чох хүсусијәтләри буна имкан вермәдијинә көрә о, һәмни мөвзуда јени китаб јазмаға башламыш» [9,8] фикри дә бизи гане етмир. Чүнки Бәвазичи өзү «Кәвамил әт-тә'бир»ни һәм мүгәддимәсиндә, һәм дә сонунда Һүбејшин әсә-

* Не'мәтулла ибн Әһмәд-әр-Румини «Лүгәт Не'мәтулла» әсәрини Бақы нүсхәси илә мүгајисә ет. Мүәллиф әсәри һ.947 (1540—41)-чи илдә тамамламыш вә һәмни илдә дә өзү көчүрмүшдүр.

рини тәрчүмә етдијини сөйләјир. Орта әсрләрдә мütәрчим вә хәттатлара хас олан бир хусусијјәт—тәрчүмә етдији вә көчүрдүјү әсәрә әлавәләр етмәкдән, һашијәләр јазмагдан о да кәнарда галмамыш, беләликлә, «Камил әт-тә'бир»ә әлавәләр етмәклә онун адыны да дәјишдирмишдир (бәзи һекајәләр артырмыш, түркчә сөзләрини фарсча вә әрәбчә гаршылыгыны вермиш, сөзләри һәрәкәләмишдир).

Һүбейшини әсәриндә сөзләр јалныз фарсчадан фарсчаја тә'бир бахымындан изаһ едилир. Буна көрә дә мәгаләдәки «фарсча-әрәбчә јуху јозмаг сөзлүјүндән...» [9, 9] «...фарсча-әрәбчә тә'бир лүғәтиндән ибарәт олан бу әсәр... [9] вә јахуд «Тифлиснини фарсча-әрәбчә сөзлүк шәклиндә тәртиб етдији «Кәвамил әт-тә'бир» әсәри [9, 10] фикри һүбейшини әсәринә анд едилә билмәз. Бәвазичинини әсас хидмәти бурасындадыр ки, о, һүбейшини јалныз фарсча тә'бир етдији сөзү тәрчүмәдә үч дилдә (түрк, әрәб, фарс) вермишдир. Баблара кәлдикдә һүбейшлә мугајисәдә Бәвазичидә ики баб (һәрфә «сә» вә һәрфә «ла») верилмәдијиндән онларын мигдары 27-дир. Бәвазичинини «Кәвамил әт-тә'бир» әсәри һүбейшини «Камил әт-тә'бир» илә принцип, үслуб, гурулуш, сөзләрини әлифба сырасы илә јерләшдирилмәси, һәчми, фәсилләрини мигдары, ајры-ајры сөзләрини мугајисәси вә с. бахымындан тамамилә ејиндир.

Беләликлә дә «Камил әт-тә'бир» әсәринини ССРИ-дә икинчи, јә'ни Бакы нүсхәсинини олмасы бир тәрәфдән Республика әлјазмалар фонду-ну гијмәтли, надир әсәрләрини әлјазма нүсхәләри илә зәнкинләшдирир, диқәр тәрәфдән исә XII әср бөјүк Азәрбајчан алминини јарадычылығынын кәләчәкдә республикамызда һәртәрәfli тәдгиги үчүн кениш имканлар ачыр.

Әдәбијјат

1. *Һүбейш Тифлиси*. «Камил-әт-тә'бир», Бакы нүсхәси, вәр. 3026; 2. *Һәмни нүсхә*, вәр. 16; 3. *Һачы Хәлифә*. Кәшф әз-зунун, 2-чи чилд, 1943-чү ил, сәһ. 1379; 4. *Едһем Каратај*. Топгапы сарајы музеји китабханасы, фарсча јазмалар каталогу, Истанбул, 1961, сәһ. 109; 5. Фарс әлјазмаларынын Гаһирә каталогу (әрәб дилиндә), 2-чи чилд, сәһ. 56; 6. «Камил әт-тә' бир»ини Бакы нүсхәси, вәр. 16; 7. *Семенов А. А.* Собрание восточных рукописей. — Ташкент: АН Узб. ССР, 1967, т. VIII, с. 9; 8. *Абул-Фазл Хубайш Тифлиси*. Описание ремесел (Баһан ас-санайат) /Пер. с персидского, введение и комментарий Г. П. Михалевич, М., 1976, с. 47; 9. *Гаһрәманов Ч. В., Әлијев Р. М.* «Кәвамил әт-тә' бир» вә онун мүүллифи һаггында («Әлјазмалар хәзинәсиндә», 5-чи чилд, Бакы, 1979, сәһ. 5—17; 8—9; 8; 9; 10; 10. *Бәвазичи*. «Кәвамил әт-тә' бир», Бакы, нүсхәси, вәр. 16; 11. *К. Босворт*. Мусульманские династии. Справочник по хронологии и генеалогии /Пер. с англ. и прим. П. А. Грязневича. — М., 1971, с. 185.

Шәргшүнаслыг Институту

Алынмышдыр 28. VII 1986

Т. Алескерова, Дж. Садыгова

ЕДИНСТВЕННАЯ И ПОЛНАЯ РУКОПИСЬ ХУБЕЙША ТИФЛИСИ «КАМИЛ АТ-ТА'БИР» В СССР

В Институте рукописей АН Азербайджанской ССР находится один из экземпляров рукописи «Камил ат-та'бир», принадлежащих Хубейш Тифлиси, имя которого в связи с ошибкой черепищика искажено. Данная рукопись переписана в начале XIX в. Будучи словарем по астрологии, «Камил а-та'бир» был широко известен на Ближнем Востоке. В Ташкенте имеется еще один неполный экземпляр рукописи. По нашему мнению, бакинская рукопись остается пока единственным и полным экземпляром рукописи в СССР.

T. Aleskerova, Dj. Sadygova

THE ONLY AND COMPLETE MANUSCRIPT OF HUBEISHI TIFLISI'S „KAMIL AT-TA'BIR“ IN THE USSR

In the republic Manuscripts Institute we have one of the copies of „Kamil at-ta'bir“, belonging to Hubeishi Tiflisi, whose name was misrepresented because of copyist's mistake. This copy was recopied at the beginning of the XIXth century. Formerly „Kamil at-ta'bir“ was widely known as a dictionary on astrology. In Tashkent we have one more, but not full copy of this manuscript. We consider that the Baku copy remains the only and complete manuscript in the USSR.

Г. М. МАМЕДОВ

СВЕДЕНИЯ ОБ АЗЕРБАЙДЖАНЕ В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ
СОЧИНЕНИИ МЕХМЕДА АШИКА
«МАНАЗИР АЛ-АВАЛИМ»

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

«Маназир ал-авалим» Мехмеда Ашика, автора конца XVI—начала XVII в., является одним из малозученных географических сочинений османского средневековья [4, с. 597—601].

Вводимый в научный оборот список «Маназир ал-авалим» М. Ашика находится в Стамбуле в библиотеке Нур Османийе № 3032 [1].

«Маназир ал-авалим» написано с привлечением материала сочинений персидского автора Хамдаллаха Казвини («Нузхат ал-кулуб») [3, с. 35—65] и арабских географов Иакута ал-Хамави «Му'джем ал-булдан», Ибн Хордадбега «Китаб ал-масалик ва-л-мамалик», Абу Халида ал-Андалуси ал-Гарнати «Тухфат ал-албаб ва нухбат ал-аджаб», Ибн Хаукаля «Китаб ал-масалик ва-л-мамалик» [см.: 2, с. 14—33, 102—126, 158—171] и ряда других сочинений IX—XII вв.

Немало места в своем сочинении М. Ашик отводит описанию городов Азербайджана [1, с. 26а—276б], а также представляет сведения о 25 населенных пунктах страны.

Сообщая о тех или иных населенных пунктах, М. Ашик начинает с орфографии их названий, характеристики климата области, куда входил описываемый пункт. Далее он говорит о самом населенном пункте, его локализации, постройках, культовых сооружениях, растительности. Нередко эти данные сочетаются со сведениями о религиозной принадлежности, нравах населения этих мест.

Судя по «Маназир ал-авалим» М. Ашику не пришлось побывать во всех описываемых им городах. В этом случае он прибегает к методу сбора материала путем опроса населения района пребывания. Таким путем собраны сведения об Ареше [с. 276б], Баку [с. 276а], Гяндже [с. 270а], Зейеме [с. 276б], Кубе [с. 276а] и Шамкуре [с. 270б]. Большинство сведений об этих населенных пунктах совпадает с данными Хамдаллаха Казвини, хотя ссылки на него при описании названных населенных пунктов М. Ашик делает редко.

Не лишена интереса информация о состоянии городов Азербайджана конца XVI в. Так, по сообщениям М. Ашика, в рассматриваемый период в разрушенном состоянии были Барда [с. 269а-б], Байлакан [с. 270а-б], Куба [с. 276а], Шеки [с. 276а], Шамкур [с. 270б]. Автор такое состояние городов связывает с монгольским и турецким нашествиями. Например, Шеки был разрушен османскими войсками [с. 276а].

Внимание М. Ашика привлекли ремонтно-восстановительные работы османских властей в ряде азербайджанских городов: в Тебризе была построена крепость [с. 269а], восстановлена крепость в Байлакане

[с. 270б], построена крепость и возведены стены в Шемахе [с. 275б] и Ареше [с. 277б].

По сведениям М. Ашика, в Азербайджане ежегодно получали обильный урожай риса, хлопка, пшеницы, а в Шеки и Зейеме [с. 276б] было развито шелководство.

Несмотря на заимствование большинства сведений о городах Азербайджана у арабских географов IX—XII вв. и Хамдаллаха Казвини, в «Маназир ал-авалим» М. Ашик приводит ряд факторов, которые могут быть интересны как историкам, так и филологам. Например, М. Ашик указывает, что у населения Дербента была еще жива традиция называть стены города «стенами Иаджудж и Маджудж» (Гога и Магога) [с. 273а].

Язык основного населения Азербайджана М. Ашик называет «тюрки», тогда как язык анатолийских турок он именует «тюрки-зебан-и руминя» [с. 269б].

Как путешественнику М. Ашику часто приходилось пользоваться услугами проводников. По его сообщению, за однодневную услугу проводнику требовалось платить 1 куруш [с. 273б].

Что же касается религиозной принадлежности населения Азербайджана, то согласно сведениям М. Ашика, население Салмаса, Хоя, Урмийи, Мараги, а также большинство жителей Тебриза были суннитами [с. 262б—263б; 268б; ср.: 4, с. 40, 47].

«Маназир ал-авалим» М. Ашика является первым географическим сочинением на турецком языке, где упоминаются города Азербайджана. Несмотря на то, что большинство сведений в «Маназир ал-авалим» были далеки от оригинала, сочинение М. Ашика оказало большое влияние на ученых Османской империи конца XVI—начала XVII в. и послужило первоосновой для создания новых трудов по географии Османской империи и сопредельных стран.

Литература

1. Mehmed Asik. Manasir al-avallim.—Istanbul: Nuruosmaniye (3032). 2. Велиханлы Н. М. IX—XII эср эрэб чографичашунас-сэјјаһлары Азербайжан хаггында.—Баку: Елм, 1974.
3. Иакут Хамави. Му'джем ал-булдан (Сведения об Азербайджане) /Пер. с араб. З. М. Буниятов и П. К. Жузе; Хамдаллах Казвини. Нузхат ал-кулуб (Материалы по Азербайджану) /Пер. с англ. З. М. Буниятова; пер. с перс. И. П. Петрушевского.—Баку: Елм, 1983; 4. Крачковский И. Ю. Турецкая географическая литература XV—XIX вв. /Избр. соч.—М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1957, т. IV.

Институт востоковедения

Н. М. Мамедов

Поступило 12. X 1984

МЭ'МЭД АШИГИН «МЭНАЗИР ЭЛ-ЭВАЛИМ» АДЛЫ ЧОГРАФИ
ЭСЭРИНДЭ АЗЭРБАЙЖАНА ДАИР МЭ'ЛУМАТЛАР

Мэгалэдэ мүэллиф Мэ'мэд Ашигин «Мэназир эл-эвалим» адлы чографи эсэриндэки Азербайжана даир мэ'луматлары тэдгигата чэлб едир. Элжазманын нүсхэси Истамбулда Нурносманийе китабханасында сахланьыр (№ 3032). XVI эсрин сонунда јазьылмыш бу эсэрдэ гэдим заманлардан башлајараг эсэрин тамамландьгы дөврэ гэдэр Азербайжан шәһэрләри хаггында мэ'луматлар верилмишидир.

Н. М. Мамедов

INFORMATION ON AZERBAIJAN IN „MANAZIR AL-AVALIM“—
GEOGRAPHICAL WORK OF MEHMET ASHIK

In the article the author uses information on Azerbaijan from „Manazir al-avallim“ of Mehmed Ashik. The list of that manuscript is at Nuruosmaniye library of Istanbul (3032). In his composition Mehmed Ashik gives information about the cities of Azerbaijan from ancient times till the end of the 16th century, when he had completed his work.

А. Г. РЗАЈЕВ

МИРЗƏ ҚАЗЫМБƏЈИН БИР ƏЛЈАЗМАСЫ ҺАГГЫНДА

(Азәрбајчан ССР ЕА академики З. М. Бунјадов тәғдим етмишидир)

Мирзə Қазымбəјин чап олунамаш, Республика əлјазмалары фондунда, М. Ф. Ахундовун архивиндə сахланан бир əлјазмасы хусуси мараг доғурур. Бу əлјазма «Мирзə Қазымбəјин «Намеји-Хосрован» китабынын мўаллифи Чəлал Пур Фəтəли шаһа јаздығы мəkтуб» ады алтында сахланылыр [1].

Чəлалəддин Мирзə өзүнүн «Намеји-Хосрован» китабы һаггында јазырды: «...Мən белə бир фикрə дүшдүм ки, башга билик саһəлəримиз кимни, бабаларымызын дили дə эрəблэр тэрəфиндэн гарəт едилмиш вə инди онун анчаг ады галмышдыр. Истəдим ки, о дил илə бир шеј дејим вə һазырда јер үзүнүн эн биликли адамлары олан авропалыларын јазы үсулу илə бир эсэр јазым ки, бəлкə, доғма јурдумун халгы үчүн фəјдалы олсун. Бунун үчүн дə бүтүн зəһмəтлəрини бахмајараг адлары эрəблəрин тəчавүзү нəтичəсиндə арадан кедиб унутулмуш фарс падшаһларынын дастанындан даһа лəјигли мөвзу тапмадым. Бу эсэрн јазмаға башладым вə адыны «Намеји-Хосрован» гојдум. Ону дөрд һиссəјə бөлдүм.

Биринчи һиссə — Мəһбадилəрдэн сасанилəрин сонуна гэдəрдир ки, инди чапдан чыхмыш вə бир нүсхəсини чəнабынызын хидмəтини кəндəрирəm. Хаһиш едирəm ки, охуругдан сонра сизин кəзəl фикриниз нə кəлəрсə, јазыныз ки, һələ чап олунамаш кəлəчək үч һиссəдə ондан истифадə едим.

Икинчи һиссə—бу өлкəнин һөкмдары олмаг фикриндə олан Таһирилəрдэн Харəзиллэр дөврүнүн сонуна гэдəрдир.

Үчүнчү һиссə—Чинкиз хандан Сəфəвилərə гэдэр олачагдыр.

Дөрдүнчү һиссə—мүасир дөврдэн, өз əсил-нəсəбимдэн олачагдыр... [2].

«Намеји-Хосрован» чапдан чыхандан сонра Чəлалəддин Мирзə өз китабыны ашағыдакы мəkтубла Теһрандан Тифлисə, Иранын орадакы баш консулу Мирзə Јусиф хана кəндəрмишди: «Сиз Теһранда олдуғуруз вахтлар мəним тарих јазмаг ишинин башланғычы иди. Экэр јадынызда варса, бир күн ондан бир азыны сизин евиниз кəтириб охудум. Инди онун Мəһбадилəрин башланғычындан Сасанилəрин сонуна гэдэр дөврү эһатə едэн биринчи чилди чапдан чыхмышдыр. Һәр бир өлкəдə олан ағыллы адамлар һəмин китабдан өзүм кəндəрирəm. Ајдындыр ки, экэр Иранда беш нəфэр ағыллы адам оларса, онлардан бири сизсиниз вə экэр ики нəфэр олса, јенə дə бири сизсиниз. Она кəрə дə, чəнабыныз мəним бу китаб үзəриндə чəkдијим зəһмəтлəрдэн кəрək хəбəрдар оласыныз. Одур ки, һəмин китабдан бирини чəнабынызын хидмəтинə кəндəрдим. Охуругдан сонра сизин фикриниз нə кəлəрсə, јазын ки, башга чилдлəрдə истифадə олунсун!

Ешитдим ки, Русијада ики нəфэр дə башга алим вардыр ки, мən он-

ларын эсəрлəрини кəрмүшəm вə бөјүклүклəри барəдə ешитмишəm. Онлардан бири Мирзə Қазымбəјидир ки, Петербургдадыр. Дикəри нсə Мирзə Фəтəлидир ки, Тифлисдəдир. Онлар үчүн дə «Намеји-Хосрован»дан икисинин үстүнү јазыб кəндəрдим. Хаһиш едирəm ки, Мирзə Қазымбəјин китабыны Петербурга кəндəрин ки, она чатсын вə ондан, һабелə Мирзə Фəтəлидэн дə чаваб истəјин вə бизə чатдырын! Чəлал» [3].

Өз нөвбəсиндə, Мирзə Јусиф хан «Намеји-Хосрован» эсəрини һəm Мирзə Фəтəли Ахундова, һəm дə Мирзə Қазымбəјə кəндəрмишди.

М. Ф. Ахундов китабла таныш олуб Чəлалəддин Мирзəјə ашағыдакы рəји кəндəрмишди: «Бу китаб хусусилə она кəрə тəғдирə вə тəрифəлəјигдир ки, һəзрət Эшрəфиниз (бу эсəри јазаркən), эрəб сөзлəрини бүтүнлүклə фарс дилиндэн атмышсыныз. Қаш, башгалары да сизин кимни едəјдилэр... һəзрət Эшрəфиниз, фарс дилини эрəб дилинин истиласындан азад едирсиниз. Мən дə халгымызы эрəб əлифбасынын эсəрəтиндэн азад етмəјə чалышырам» [4].

Ашағыда илк дəфə чап етдирдијимиз мəkтуб нсə М. Қазымбəјин «Намеји-Хосрован» һаггында Чəлалəддин Мирзəјə кəндəрдији рəј иди:

«Мирзə Қазымбəјин «Намеји-Хосрован» китабынын мўаллифи Чəлал Пур Фəтəли шаһа јаздығы мəkтуб

Гијмəтли мəkтубунузу алдым вə чох шад олдум. Лакин тəссүф едирəm ки, чох кеч алдым. Зира хəстəлијими мўаличə етмək үчүн пајтахтдан узаглара кетмəјə мəkбур олмушдум. Бу сəбəбə кəрə, 2—3 ај кечəндэн сонра керн гајытдыгда чəнабынызын мəkтубуну чап едилмиш «Намеји-Хосрован» китабынын илк нүсхəси илə бирликдə алдым вə чох мəмнун олдум. Сиз мənə чох һөрмət вə етирам етмишиниз. Доғрудан да бу башладығыныз вə үзəриндə зəһмət чəkдијиниз иш чох бөјүк эһəмијјэтə маликдир. «Шаһнамə» мўаллифи белə бир иши башламышдыса да, лакин ону лəјигинчə јеринə јетирə билмəмишди, она кəрə ки, о бөјүк адамын эсəриндə 900-дэн артыг эрəб сөзү ишлənмишдир. Мин дəфəлэрлə тəссүф олсун ки, 0,900 ил бундан габаг олмуш вə иранлылар лəјигинчə о устадын сənəткарлыг хусусијјəтини мəнимсəмəмишлэр. Аллаһа шүкүрлэр олсун ки, сиз чəнабыныз бу ишдə габаға дүшэрək вə ајаг ирəли гојуб өзүнүзə мəхсүс бир мəһарəтлə бу ишə энчам вермəјə башламышсыныз вə үмидварам ки, ону үрəјиниз истəдији кимни баша вурачагыныз.

Бу јаздығыныз һиссə чох јахшы, хошакəлэн вə үрəјəјатандыр. Мən дə эввəлчə истəдим бу мəkтубу һамаи шивədə јазым, мүмкүн олмады. Јахшы дејиблэр: «Јахшы иш кəрмək ону чох кəрмəkдэн асылыдыр». Аллаһ сənə гүдрət версин ки, сəнин бу тэрз ифадэн кет-кедə чох гəбула кечə вə ата-бабаларын дилини сизин кəстəрдијиниз кимни, јаделлилəрин диллəринин пасындан тəмизлəјэлэр.

Чəнабыныз белə бир ишини бүнөврəсини јахшы гојмушсуз. Сиз онун инкишафына ирадə илə киришиниз. Лакин зəни етмирəm, сизин дəрдиниз тез анлајарлар вə сизə кəмək əлини узадалар. Нə чүр олур-олсун бүкүнкү ишлəрин нəтичəси əлли вə ја јүз ил бундан сонра үрək истəјэн кимни олар. Сиз дə бу ишлə бир јахшы ад гоја билəрсиниз.

«Намеји-Хосрован»ын бу биринчи нүсхəси үрəјəјатан вə хошакəлэндир. Онун јазылышы франсыз дилиндə јазылы эсəрлэрə јахындыр, бу эсэр өз услубу етибарилə Иранда илк эсəрдир.

Буна кəрə дə франсыз алимлəри гардашларымызын сизин бу зəһ-

мәтнинздән хәбәр тутмаглары вә сизин бу ишиниздән чох шад олмалары үчүн мән онун һаггында адлы гәзетәләрдән бирисиндә јазачағам.

Чәнабынызын гуллуғунда һазыр олан

Мәһәмәдәли Қазымбәј

Әдәбијат

1. РӘФ. М. Ф. Ахундовун фонду. Инв. № 88—II—III, Г.—4/88. 2. РӘФ. Архив № 2, Г—3/37. Чох еһтимал ки, бу мәктуб Мирзә Қазымбәјә јазылыб. 3. РӘФ. Архив № 2, Г—4/88. 4. Ахундов М. Ф. Чәләләддин Мирзәјә мәктуб. 15 ијун 1870-чи ил. Тифлис. М. Ф. Ахундов. Әсәрләри, үч чилдә, III ч., Бақы, 1962, с. 211. 5. РӘФ. Архив № 2, Г—3/37.

Азәрб. ССР ЕА Ичтимаи елмәр үзрә
елми мә'лумат мәркәзи

Алынмышдыр 3. III 1986

А. К. Рзаев

ОБ ОДНОЙ РУКОПИСИ МИРЗЫ КАЗЕМ-БЕКА

Джелаледдин Мирза свою книгу «Nameyi-Khosrovan» из Тегерана направил иранскому консулу в Тифлисе Мирзе Юсуф хану для передачи М. Ф. Ахундову и М. Казем-Беку. Здесь дается отзыв М. Ф. Ахундова на данную книгу и впервые публикуется письмо М. Казем-Бека Джелаледдину Мирзе, содержащее отзыв на его книгу.

А. К. Rzaev

ON A MANUSCRIPT BY MIRZA KAZEM-BEK

Jalaladdin Mirza sent his book „Nameyi-Khosrovan“ from Teheran to the Iranian consul in Tiflis Mirza Yusuf-khan to deliver it to M. F. Akhundov and M. Kazem-Bek. A reference is given here to the book by M. F. Akhundov and for the first time being published the letter of M. Kazem-Bek to Jalaladdin Mirza containing the reference to his book.

МҮНДӘРИЧАТ

Ријазиијат

А. А. Қаримова, Сонсуз радиуслу потенциаллы Изинг моделиндә транслясион-инвариант олмајан әсас конфигурацијалар
Ф. А. Әлијев, Бир квазихәтти гиперболик тип тәнлик үчүн гојулмуш гарышыг мәсәлә һаггында 3
. 6

Механика

Һ. Һ. Гулијев, Е. А. Әлијев, Бирчине башланғыч кичик еластики-пластики деформасијада асылы олараг нефт гујуларынын дајанылғығы һаггында 10

Јарымкечиричиләр физикасы

М. И. Әлијев, Д. Һ. Араслы, Р. Н. Рәһимов, Ag_2GeTe_6 , Ag_6GeSe_6 , Ag_3SnSe_6 бирләшмәләринин температур кечирмәси
Н. А. Агајев, Һ. Х. Әждәрров, М. Ә. Әкбәрров, Керманийум-силениум бәрк мәһлуллариында Ni-ни ашағы аксептор сәвијәсинин чырлашма фактору вә ионлашма енержиси 14
В. Г. Мәмәдәдов, Н. З. Сүләјманов, Е. К. Һүсәјнов, Е. Ј. Салајев, Ә. Ш. Абдинов, Sp-п-SiInSe₂ структурунун електрик вә фотоелектрик хәссәләринә гамма шүаланманын тә'сирини 17
Н. М. Әскәрров, Ч. О. Гаҷар, Н. А. Мәмәдбәјли, GaAs(Cr) кристалынын електроник хәссәләринә оптик шүанын тә'сирини 22
С. А. Семилетов, Н. А. Сүләјманов, С. М. Қаравајев, Һ. Р. Нуријев, LiNbO₃ үзәриндә алынмыш РbTe тәбәгәләринин кечиричилијиндән Дебај экранланмасы узунлуғунун тә'јини 26
А. Һ. Абдуллајев, А. А. Лебедев, Е. С. Тапдыгов, Е. Ә. Чәфәррова, Никеллә ашгарланмыш силениумда әмәлә кәлән дәрши сәвијәләр 30
В. И. Таһиров, Н. Ф. Гәһрәманов, В. М. Қаримов, Ә. А. Мәмәдәдов, Si₃Ga₅Se₉ назик тәбәгәсинин әмәлә кәлмәсинин электронографияк тәдгиги 34
. 39

Бәрк чисимләр физикасы

М. И. Шаһтахтински, Ә. И. Мәмәдәдов, Ә. А. Гарагашов, М. Ә. Гурбанов, Ј. И. Газарјан, Полимер-јарымкечиричи типли композицијаларда пјезорезистив еффејтти 44

Нәзәри физика

Н. Н. Атакишијев, М. С. Померанс, Бир микро-гејри-бирчислили сонлу узунлуғлу Чозефсон кечидиндә флүксуонлар 49

Физики кимја

Ш. А. Гафаров, В. Ф. Чувајев, А. И. Һәсәнов, Волфрам-12-гетерополитуршулларын спиртли мәһлулларынын ПМР методу илә тәдгиги 54

Петрография

А. Ә. Бағыров, В. Г. Зәсәјев, Нахчыванын палеокен магматик сүхурларында саһә петрокимјави трендләри 59

Кеокимја

Ј. Б. Галант, Бөјүк Гафгазын магматик вә чөкмә метаморфик газларынын кешини әһатәдә әмәлә кәлмәсинә даир 64

Ландшафтшүнаслыг, ландшафтларын бонитировкасы

Б. Э. Будагов, Г. Ш. Маммадов. Азербайжан ССР ландшафт типлэринин бонитировкасы 67

Торпаг мелнорасијасы

Т. К. Тејмуров. Сексијаларла јујулан дурулдучунун гурулушу 71

Шэргшүнаслыг

Т. Элэскэрова, Ч. Садыгова. Гүбејш Тифлиснин «Камил эт-тэ'бир» эсэринин ССРИ-дэ јеканэ камил пүсхэси 75

Һ. М. Маммадов. Мәһмәд Ашигин «Мәназир әл-әвалим» адлы чографи эсэриндэ Азербайжана даир мә'луматлар 80

Әдәбијатшүнаслыг

А. Г. Рзајев. Мирзә Қазымбәјин бир әлјазмасы һаггында 82

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

А. А. Керимов. Основные состояния модели Изинга с бесконечным радиусом взаимодействия 3
Ф. А. Алиев. О смешанной задаче для одного квазилинейного гиперболического уравнения 6

Механика

Г. Г. Гулиев, Э. А. Алиев. Об устойчивости скважины при однородных начальных малых упруго-пластических деформациях 10

Физика полупроводников

М. И. Алиев, Д. Г. Араслы, Р. Н. Рагимов. Температуропроводность Ag_8GeTe_6 , Ag_8GeSe_6 , Ag_8SnSe_6 14
Н. А. Агаев, Г. Х. Аждаров, М. А. Акперов. Энергия ионизации и фактор вырождения нижнего акцепторного уровня никеля в твердых растворах германий-кремний 17
В. К. Мамедов, Н. Э. Сулейманов, Э. К. Гусейнов, Эль. Ю. Салаев, А. Ш. Абдинов. Влияние γ -облучения на электрические и фотоэлектрические свойства $Sp-n-CuInSe_2$ барьерных структур 22
И. М. Аскеров, Ч. О. Каджар, И. А. Мамедбейли. Воздействие оптического излучения на ЭОП свойства $GaAs(Cr)$ 26
С. А. Семилетов, Н. А. Сулейманов, С. М. Караваев, И. Р. Нуриев. Определение длины экранирования Дебая из проводимости пленок $PbTe$, выращенных на подложках $ZiNbO_3$ 30
А. Г. Абдуллаев, А. А. Лебедев, Э. С. Таптыгов, Э. А. Джафарова. Глубокие уровни в кремнии, легированном никелем 34
В. И. Тагиров, Н. Ф. Гахраманов, В. М. Керимов, А. А. Мамедов. Электрографические исследования формирования тонких пленок $Cu_3Ga_5Se_9$ 39

Физика твердого тела

М. Г. Шахтахтинский, А. И. Мамедов, А. А. Гарагашов, М. А. Курбанов, Ю. Н. Газарян. Пьезорезистивный эффект в композициях типа полимер—полупроводник 44

Теоретическая физика

Н. М. Атакишиев, М. С. Померанц. Флюксоны в джозефсоновском переходе конечной длины с одной микро неоднородностью 49

Физическая химия

Ш. А. Гафаров, В. Ф. Чуваев, А. И. Гасанов. Исследование спиртовых растворов 12-гетерополикислот вольфрама методом ПМР 54

Петрография

А. Э. Багиров, В. Г. Засеев. Пространственные петрохимические тренды в палеогеновых магматических образованиях Нахичевани 59

Геохимия

Ю. Б. Галант. К соотношению масштабов генерации магматических и осадочно-метаморфогенных газов Большого Кавказа 64

Ландшафтоведение, бонитировка ландшафтов

Б. А. Будагов, Г. Ш. Мамедов. Бонитировка типов ландшафтов Азербайджанской ССР 67

Мелиорация почв

Т. К. Теймуров. Отстойник с секционной промывкой конструкции АзНИИГИМ 71

Востоковедение

Т. Алескерова, Дж. Садыгова. Единственная и полная рукопись Хубейша Тифлиси «Камил ат-Та'бир» в СССР 75

Г. М. Мамедов. Сведения об Азербайджане в географическом сочинении Мхмеда Ашника «Маназир ал-Авалим» 80

Литературоведение

А. К. Раев. Об одной рукописи Мирзы Казем-Бека 82

Сдано в набор 3.08.87. Подписано к печати 25.12.87. ФГ 30678. Формат бумаги 70×100^{1/16}. Бумага типографская № 1. Гарнитура шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. лист 7,15. Усл. кр.отт. 7,15. Уч.-изд лист 6,50. Тираж 600. Заказ 848. Цена 70 коп.

Издательство «Элм»
370143 Баку-143, проспект Нариманова, 31, Академгородок, Главное здание Государственного комитета Азербайджанской ССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
Производственное промышленное объединение по печати.
Типография «Красный Восток» 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:

$$K^n, r_n$$

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 (Ca; 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 ~ (волна), ⊙, ⊕, ⊗; □, √, ∠, ∇, ∆

(крышки) над и под буквами, а также знаков:

$$h, \times, \epsilon, \psi, \phi, \Phi, \varnothing$$

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 элементарном 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 том и 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 гәп.
коп.

Индекс
76355