

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

LIV, № 2

1972

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Է. Գ. ԱՏՐԻԿՅԱՆ, կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, Ա. Բ. ԲԱՐԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ՔԱՆԱՆՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ. ՔԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ս. Հ. ՄԻՐՉՈՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Օ. Մ. ՍԱԳՈՆՉՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻԿԱՅԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г. АФРИКЯН, доктор биологических наук, А. Т. БАБАЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, чл.-корр. АН АрмССР (зам. отв. редактора), С. А. МИРЗОЯН, чл.-корр. АН АрмССР, С. С. МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г. НАЗАРОВ, академик АН АрмССР (отв. редактор), О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корр. АН АрмССР, А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, В. М. ТАРАЯН, чл.-корр. АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКЕЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Ք Ց Ո Ւ Ն

ՄԱՔԵՄԱՏԻԿԱ

- Բ. Մ. Եղիգարյան — Վերջավոր յանոգեն կիսախմբի ներկայացման հանրահաշիվը 65
- Ա. Գ. Մարկոսյան — Մի թանի թեորեմներ գրաֆների դեկարդյան արտադրյալի մասին 70

ՄԵՆԱՆԻԿԱ

- Ե. Վ. Բելուրեկյան — Եզրագծով ամրակցված համաչափ ճաքով ուղղանկյուն սալի ծուծը 77

ՅԻՋԻԿԱ

- Է. Ա. Մարկոսյան, Ա. Ա. Սամուելյան, Է. Գ. Շառոյան — Մուկեկուլյար լողի դիֆուզիան ցիկլի ֆտալոցիտեի միարյուրեղներում 84

ԱՍՏՐՈՆՈՑԻԿԱ

- Ն. Բ. Լեյբրաուրյան, Ա. Գ. Լիկոզոսյան — Ճառագայթման դիֆուզ անդրադարձումը ուղղանկյուն գծում կիսաանվերջ միջավայրից 91

ԳԵՈՄԵՏԻԿԱ

- Բ. Գ. Դավրյան — Հիսկտրոնային հաշվիչ մեթոդների միջոցով սեյսմիկ թվային սրահցումների անալիզի մեթոդը 96

ԱՆԱՎԻՏԻԿ ՓԻՄԻԱ

- Վ. Մ. Թառայան, Ե. Ն. Հովսեփյան, Ա. Ն. Պողոսյան — Հիմնային ներկայությունների հետ թյուրգալատի էքստրակցիայի վրա թթվության ազդեցության հարցի շուրջը 104

ԽՐԿՐԱԲԱՆՈՒՔՑՈՒՆ

- Ո. Բ. Արովյան — Հայկական ՍՍՀ ուլտրահիմքային և հիմքային ինտրուզիվ առյուրների օֆիոլիտային գոտիների ֆորմացիաները 109

ՕՒՏԱԿԱՐ ՀԱՆԱԾՈՆԵՐ

- Շ. Հ. Ամիրյան — Նորը Արմանիսի ոսկի-սուլֆիդային հանքավայրի միներալոգիայում և գեոթիմիայում 116

ԻՒՈՓԻՄԻԱ

- Ա. Ա. Դալոյան, Թ. Ե. Մարուսյան — Հիպոթալամուսի միտոքոնդրիաններում սրտի պսակաձև անոթները լայնացնող էրկու նյութերի առկայության մասին 121

ԱՎԻՈՓԻՄԻԱ

- Ռ. Ն. Աստվածատրյան — Հայաստանի գորշ հողերի ֆոսֆատային պոտենցիալը 125

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Б. М. Едигарян.* Алгебра представлений конечной моногенной полугруппы 65
А. Г. Маркосян. Некоторые теоремы о декартовом произведении графов 70

МЕХАНИКА

- Э. В. Белубекян.* Изгиб заземленной по контуру прямоугольной пластинки с внутренним симметричным отверстием 77

ФИЗИКА

- Э. А. Маркосян, А. А. Самуэлян, Э. Г. Шароян.* Диффузия молекулярного мода в монокристаллы фталоцианина 84

АСТРОФИЗИКА

- Н. Б. Енгибарян, А. Г. Никогосян.* Диффузное отражение резонансного излучения от полубесконечной среды 91

ГЕОФИЗИКА

- Х. Г. Давтян.* Метод анализа цифровых сейсмических записей на ЭЦВМ 96

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- В. М. Тараян, Е. Н. Овсепян, А. Н. Погосян.* К вопросу о влиянии кислотности на экстракцию хлоргаллата основными красителями 104

ГЕОЛОГИЯ

- С. Б. Абовян.* Интрузивные формации ультраосновных и основных пород офиолитовых поясов Армянской ССР 109

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

- Ш. О. Амирян.* Новое в минералогии и геохимии руд Арманисского золото-сульфидного месторождения 116

БИОХИМИЯ

- А. А. Галоян, Т. Х. Марукян.* О наличии двух коронарорасширяющих веществ в митохондриях гипоталамуса 121

АГРОХИМИЯ

- Б. Н. Аствацатрян.* Фосфатный потенциал бурых почв полупустынной зоны Армении 125

УДК 512.8

МАТЕМАТИКА

Б. М. Едигарян

Алгебра представлений конечной моногенной полугруппы

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Р. А. Александряном 2/IX 1971)

Пусть P —конечная моногенная полугруппа, порожденная элементом a определяющим соотношением

$$a^{h+g} = a^h \quad (h > 1, g \geq 1). \quad (1)$$

Степени $a^h, a^{h+1}, \dots, a^{h+g-1}$, образуют циклическую группу G порядка g . Группа G —это максимальная подгруппа полугруппы P .

Пусть, далее, K —поле, характеристика которого не делит порядок g подгруппы G .

В настоящей заметке перечисляются все неразложимые представления полугруппы P над полем K (их конечное число ⁽¹⁾) и доказывается, что алгебра представлений полугруппы P над K полупроста.

Алгебра представлений определяется следующим образом. Пусть E_1, \dots, E_m —все попарно неизоморфные неразложимые модули представления. Для тензорного произведения $E_i \times E_j$ (над полем K) мы имеем однозначное разложение в прямую сумму неразложимых модулей

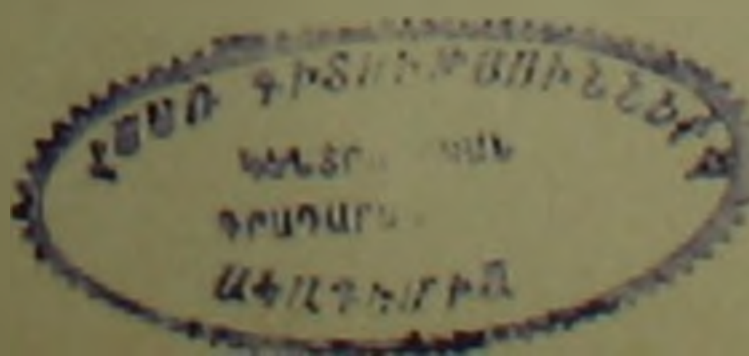
$$E_i \times E_j = \sum_{k=1}^m \oplus c_{ijk} E_k \quad (1 \leq i, j \leq m), \quad (2)$$

где c_{ijk} —неотрицательные целые рациональные числа, обозначающие число прямых слагаемых в разложении, изоморфных модулю E_k . Наличие равенств (2) позволяет ввести в рассмотрение алгебру над полем рациональных чисел с базисом $E_i (1 \leq i \leq m)$ и с таблицей умножения

$$E_i \cdot E_j = \sum_{k=1}^m c_{ijk} E_k$$

Так полученная коммутативная алгебра и называется алгеброй представлений полугруппы P над полем K .

Пусть E —произвольный модуль представления. Если в E выбран какой-нибудь базис над полем K , то образующему элементу $a \in P$ в



этом базисе будет соответствовать некоторая матрица A (с элементами из K). В силу равенства (1) матрица A удовлетворяет аналогичному соотношению

$$A^{h+k} = A^k. \quad (3)$$

Другими словами, минимальный многочлен матрицы A является делителем многочлена

$$f(x) = x^h (x^k - 1). \quad (4)$$

Обратно, всякая матрица A , удовлетворяющая условию (3), определяет некоторый модуль представления.

При этом два модуля представления изоморфны тогда и только тогда, когда соответствующие им матрицы подобны.

Всякая матрица, минимальный многочлен которой является делителем многочлена (4), подобна клеточно-диагональной матрице с диагональными клетками двух типов:

1) клетки Жордана $J_i(0)$ с нулем на главной диагонали порядка $1 \leq i \leq h$;

2) неприводимые над K матрицы A_j , характеристические многочлены которых совпадают с неприводимыми над K делителями многочлена $x^k - 1$.

Пусть над полем K многочлен $x^k - 1$ имеет следующее разложение на неприводимые множители:

$$x^k - 1 = \varphi_1(x) \cdots \varphi_r(x). \quad (5)$$

При введенных обозначениях мы можем сформулировать следующее утверждение:

Теорема 1. Для полугруппы P над полем K имеется ровно $h + r$ неразложимых представлений. Матрицами этих представлений являются клетки Жордана $J_i(0)$ ($1 \leq i \leq h$) и матрицы A_j ($1 \leq j \leq r$) с характеристическими многочленами φ_j из разложения (5).

Введем для неразложимых модулей представления, полугруппы P новые обозначения. Пусть E_1, \dots, E_r — модули представления, соответствующие неприводимым многочленам $\varphi_1, \dots, \varphi_r$ из разложения (5) и F_1, \dots, F_h — модули представления, соответствующие клеткам Жордана $J_i(0)$ ($1 \leq i \leq h$).

Лемма 1. Для тензорного произведения $E_i \times E_j$ ($1 \leq i < j \leq h$) имеет место следующее разложение на неразложимые слагаемые

$$E_i \times F_j = 2F_1 \oplus \cdots \oplus 2F_{i-1} \oplus (j - i + 1)F_i.$$

Доказательство. Мы применим метод построения канонической формы Жордана для нульстепенного оператора в конечномерном линейном пространстве.

Модулю представления $F_i \times F_j$ соответствует матрица, являющаяся кронекеровским произведением клеток Жордана $J_i(0)$ и $J_j(0)$.

Обозначим ее через B . Легко видеть, что ранг r_k матрицы B^k равен $(l-k)(j-k)$ при $0 \leq k \leq l$ (напомним, что $l < j$).

Если теперь

$$F_l \times F_l = c_1 F_1 \oplus \dots \oplus c_l F_l,$$

то (*)

$$c_1 + c_2 + \dots + c_l = r_0 - r_1$$

$$c_2 + \dots + c_l = r_1 - r_2$$

$$\dots \dots \dots$$

$$c_l = r_{l-1} - r_l.$$

Откуда при $1 \leq k \leq l-1$ получаем

$$c_k = r_{k-1} - 2r_k + r_{k+1} = (l-k+1)(j-k+1) - \\ - 2(l-k)(j-k) + (l-k+1)(j-k+1) = 2$$

и далее (поскольку $r_l = 0$),

$$c_l = r_{l-1} = 1(j-l+1),$$

и лемма 1 доказана.

Лемма 2. Если n_j есть степень многочлена φ_j , ($1 \leq j \leq r$), то

$$E_l \times F_l \cong n_j F_l.$$

Доказательство. Рассуждаем так же, как и при доказательстве леммы 1. Пусть B — кронекеровское произведение матриц A_j и $J_l(0)$ и пусть r_k — ранг матрицы B^k . Тогда

$$r_k = (l-k)n_j \quad (0 \leq k \leq l)$$

и аналогичные выкладки приводят нас к утверждению леммы 2.

Леммы 1 и 2 означают, что линейное подпространство, натянутое на элементы F_1, \dots, F_n , является идеалом в алгебре представлений.

Лемма 3. Подалгебра в алгебре представлений, порожденная элементами F_1, \dots, F_n , полупроста.

Доказательство. Рассмотрим в нашей подалгебре новый базис

$$e_1 = F_1$$

$$e_2 = F_2 - 2F_1$$

$$e_3 = F_3 - 2F_2 + F_1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$e_n = F_n - 2F_{n-1} + F_{n-2}.$$

Пусть $1 \leq i < j \leq n$. Легко проверяется, что

$$(F_i - F_{i-1}) \cdot (F_j - F_{j-1}) = F_i - F_{i-1}$$

(мы считаем, что $F_0 = 0$). Пользуясь этим равенством, устанавливаем теперь, что элементы e_1, \dots, e_n (также образующие базис подалгебры) составляют попарно ортогональные идемпотенты. Это и доказывает лемму 3.

Лемма 4. *Линейное подпространство в алгебре представлений натянутое на элементы E_1, \dots, E_r , является подалгеброй, и эта подалгебра полупроста.*

Доказательство. Первое утверждение леммы следует из того факта, что кронекеровское произведение двух неособенных матриц есть неособенная матрица. Для доказательства второго утверждения достаточно заметить, что E_1, \dots, E_r являются неприводимыми модулями представления циклической подгруппы G (порядка g), и следовательно, порожденная ими подалгебра изоморфна алгебре представлений группы G .

Из лемм 3 и 4 вытекает следующий результат:

Теорема 2. *Алгебра представлений конечной моногенной полугруппы P над полем, характеристика которого не делит порядок максимальной подгруппы $G \subset P$, полупроста.*

Замечание 1. Размерность над K модуля E_i равна степени n_i многочлена φ_i . Вместо элементов E_i в алгебре представлений рассмотрим элементы $\bar{E}_i = E_i - n_i e$, где $e = e_1 + \dots + e_n$. Соответствие $E_i \rightarrow \bar{E}_i$ порождает изоморфизм подалгебры $\{E_1, \dots, E_r\}$ на подалгебру $\{\bar{E}_1, \dots, \bar{E}_r\}$. При этом вся алгебра представлений взаимно аннулируется прямой суммой подалгебр $\{e_1, \dots, e_n\} \oplus \{\bar{E}_1, \dots, \bar{E}_r\}$.

Замечание 2. В полугрупповом кольце $K[P]$ рассмотрим элемент

$$c = a - a^u,$$

где u — число из ряда $h, h+1, \dots, h+g-1$, которое $\equiv 1 \pmod{g}$. Легко видеть, что

$$c^i = a^i - a^{u+i-1} \quad (1 \leq i \leq h),$$

в частности, $c^h = 0$. Кольцо $K[P]$ распадается, следовательно в прямую сумму

$$K[P] = \{c, c^2, \dots, c^{h-1}\} \oplus K[G].$$

Мы видим, таким образом, что в полугрупповом кольце $K[P]$ реализуются все неразложимые модули представления, кроме модуля, соответствующего клетке Жордана $J_h(0)$ максимального порядка h .

Ереванский государственный
университет

Բ. Մ. ԵՂԻԳԱՐՅԱՆ

Վերջավոր մոնոգեն կիսախումբի ներկայացման ճանրանաշիվը

Դիցուք P -ն վերջավոր մոնոգեն կիսախումբ է, ծնված էլեմենտով h

$$a^{h+g} = a^h \quad (h > 1, g > 1)$$

որոշիչ առնչություններ

Հետևյալ $a^h, a^{h+1}, \dots, a^{h+g-1}$ էլեմենտները կազմում են g կարգի ցիկլիկ G խումբի Այդ խումբը P կիսախումբի մաքսիմալ ենթախումբն է:

Դիցուք K -ն դաշտն է, որի բնութագրիչը չի բաժանում G ենթախմբի R կարգը:

Ներկա աշխատանքում թվարկվում է P կիսախմբի բոլոր շվերլուծվող ներկայացումները K դաշտի նկատմամբ (նրանց բանակը վերջավոր է ⁽¹⁾) և ապացուցվում է, որ K դաշտի նկատմամբ P կիսախմբի ներկայացման հանրահաշիվը կիսապարզ է:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 Н. С. Полизовский, Сибирский математический журнал, т. XI, № 5 (1970), 2 Д. К. Фаддеев, В. Н. Фаддеева, Вычислительные методы линейной алгебры, М.—Л., 1963.

УДК 519.1

МАТЕМАТИКА

А. Г. Маркосян

Некоторые теоремы о декартовом произведении графов

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. Н. Мергеляном 28/IX 1971)

В настоящей статье доказаны теоремы о внутренне устойчивых множествах и числе внутренней устойчивости, о полном сжато-сохранном отображении; получены верхние оценки числа внутренней устойчивости. В дальнейшем мы будем придерживаться терминологии и обозначений работ (1,2).

Пусть дан граф $G = (X, U)$ и S_0 некоторое внутренне устойчивое множество, содержащее наибольшее число элементов: $|S_0| = z(G)$. Однозначное отображение ε , переводящее множество $X_0 \subseteq X$ в себя, называется сохранным, если

$$y \neq x, y \in \overline{\Gamma}x \rightarrow \varepsilon(y) \neq \varepsilon(x), \quad \varepsilon(y) \in \overline{\Gamma} \varepsilon(x)$$

Ясно, что это отображение сохраняет несмежность вершин. Сохранное отображение называется сжато-сохранным относительно S_0 , если $S = \varepsilon(X_0) = \{\varepsilon(x) / x \in X_0\}$ — внутренне устойчивое множество. Сжато-сохранное отображение называется полным, если $X_0 = X$. Сжато-сохранное отображение σ' будем называть максимальным, если $|X_0| = \max |X_0|$. Скажем, вершина x графа G не сжимается при сжато-

сохранном отображении ε , если $x \in X_0$. Число таких вершин при отображении ε обозначим через $v(\varepsilon)$, а через $v(G) = \min v(\varepsilon)$. Будем

говорить, что граф G имеет $v(G)$ несжимаемых точек.

Можно доказать следующие теоремы.

Теорема 1. *Если граф G имеет полное сжато-сохранное отображение ε_0 относительно некоторого внутренне устойчивого множества S_0 , то он имеет полное сжато-сохранное отображение ε_0 относительно любого внутренне устойчивого множества S_0 .*

Из этой теоремы следует, что если нас интересует только существование полного сжато-сохранного отображения в данном графе, то можно не указывать относительно какого множества оно взято.

В связи с равенством

$$\alpha(G \times H) = \alpha(G) \cdot \alpha(H) \quad (1)$$

важно знать, имеет ли данный граф полное сжато-сохранное отображение или нет. Следующая теорема устанавливает связь между существованием полного сжато-сохранного отображения в графах G и H с одной стороны, и в декартовом произведении графов G и H , с другой стороны.

Теорема 2. Если графы $G = (X, U)$ и $H = (Y, V)$ обладают полным сжато-сохранным отображением, то их декартово произведение также обладает полным сжато-сохранным отображением.

Представляет интерес следующий вопрос: имеет ли полное сжато-сохранное отображение граф, обладающий единственным внутренне устойчивым множеством. Ответ на данный вопрос отрицателен. На рис. 1 приведен пример графа, имеющего единственное внутренне устойчивое множество $S_0 = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$ и не имеющего сжато-сохранного отображения: $\epsilon(G) = 1$. Легко убедиться, что S_0 — единственное внутренне устойчивое множество. А полного сжато-сохранного отображения граф не имеет, так как к каждой вершине g_i ($i = 1, 2, 3, 4$) можно сжать только одну вершину, вследствие отсутствия треугольников.

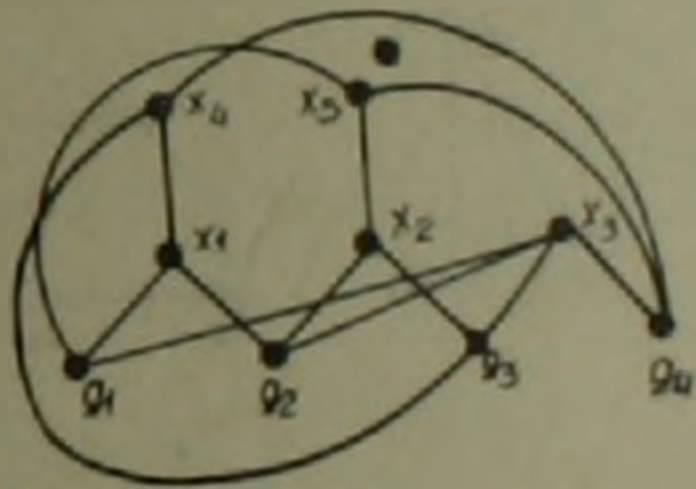


Рис. 1

В дальнейшем нам понадобится вышеприведенный пример.

Верхние оценки числа внутренней устойчивости декартова произведения. Известно, что нижняя оценка числа внутренней устойчивости в декартовом произведении двух графов G и H является $\alpha(G) \cdot \alpha(H)$ и улучшить эту оценку в терминах $\alpha(G)$ и $\alpha(H)$ в общем случае невозможно. К сожалению, верхней оценки, имеющей простой вид, еще не найдено. Здесь мы получим верхнюю оценку, которая имеет довольно простой вид, и улучшить эту оценку в общем случае нельзя.

Теорема 3. $\alpha(G \times H) \leq \min \{[\alpha(G) + \epsilon(G)] \cdot \alpha(H), [\alpha(H) + \epsilon(H)] \cdot \alpha(G)\}$.

Доказательство. Если заметить, что $\alpha(G \times H) = \alpha(H \times G)$, то достаточно доказать справедливость одного из неравенств.

$$\alpha(G \times H) \leq (\alpha(G) + \varepsilon(G)) \cdot \alpha(H); \quad (2)$$

$$\alpha(G \times H) \leq (\alpha(H) + \varepsilon(H)) \cdot \alpha(G);$$

Докажем неравенство (2).

Для этого возьмем некоторое максимальное сжато-сохранное отображение α_0 в графе G и все ребра, которые инцидентны несжимающимся вершинам, уничтожим. Полученный граф обозначим через G^- . Из построения графа G очевидно, что

$$\alpha(G \times H) \leq \alpha(G^- \times H) \quad (2^*)$$

Но $\alpha(G^-) = \alpha(G) + \varepsilon(G)$, и граф G^- уже имеет полное сжато-сохранное отображение, из теоремы Шеннона (2.3) следует $\alpha(G^- \times H) = \alpha(G^-) \cdot \alpha(H)$. Подставив в последнее равенство значение $\alpha(G^-)$, получим

$$\alpha(G^- \times H) = (\alpha(G) + \varepsilon(G)) \cdot \alpha(H)$$

Из последнего равенства и из неравенства (2*) получается (2). Теорема доказана.

На рис. 2. приведен пример двух графов $G = (X, U)$ и $H = (Y, V)$, который показывает, что оценку (2) в общем случае улучшить невозможно.

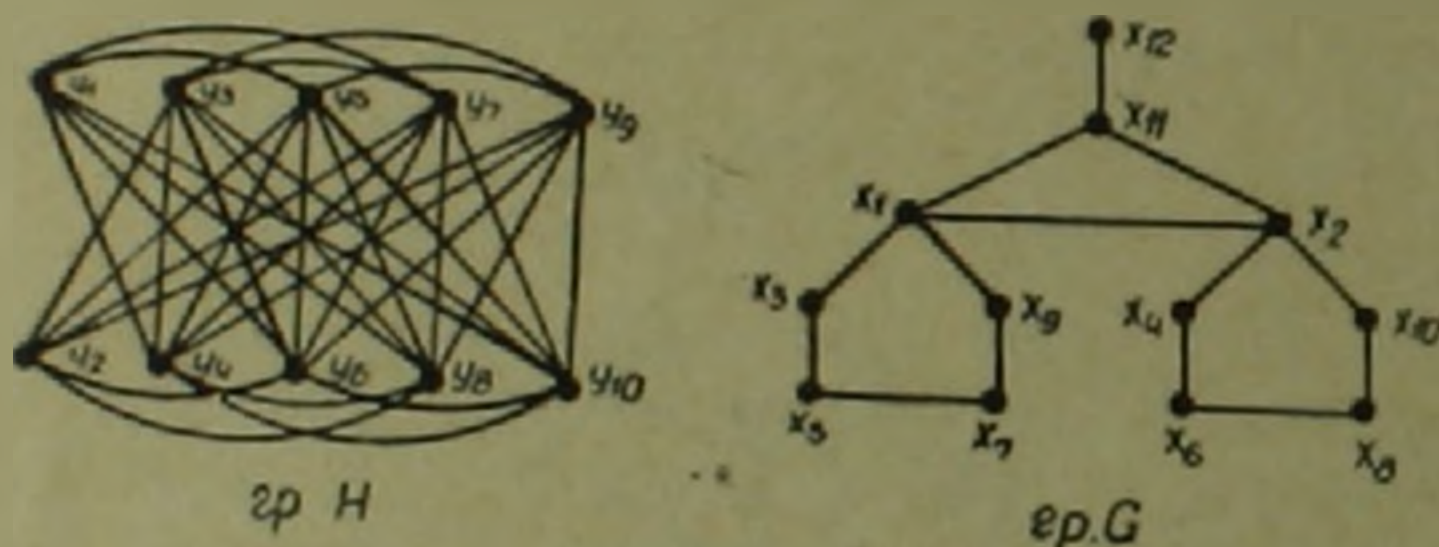


Рис. 2

Для этих графов $\alpha(G \times H) = (\alpha(G) + \varepsilon(G)) \cdot \alpha(H)$. Действительно, легко убедиться, что $\alpha(G) = 5$, $\varepsilon(G) = 1$, $\alpha(H) = 2$. А для графа $G \times H$ множество $S_{G \times H} = \{x_{11}y_1, x_{11}y_2, x_1y_1, x_1y_2, x_3y_1, x_3y_2, x_4y_1, x_4y_2, x_5y_1, x_5y_2, x_7y_1, x_7y_2, x_9y_1, x_9y_2, x_{10}y_1, x_{10}y_2\}$ внутренне устойчиво и содержит $(\alpha(G) + \varepsilon(G)) \cdot \alpha(H) = (5 + 1)2 = 12$ элементов. Значит,

$$\alpha(G \times H) \geq |S_{G \times H}| = (\alpha(G) + \varepsilon(G)) \cdot \alpha(H)$$

Из оценки (2) получается

$$\alpha(G \times H) = (\alpha(G) + \varepsilon(G)) \cdot \alpha(H)$$

Так как оценку (2) нельзя улучшить с помощью параметров $\alpha(G)$, $\alpha(H)$, $\varepsilon(G)$, $\varepsilon(H)$, мы получим более точную оценку, если введем параметр $\alpha_1(G)$, $\alpha_1(H)$, где $\alpha_1(G)$ — наименьшее число таких полных подграфов $G_1, G_2, \dots, G_{\alpha_1(G)}$ графа G , что $G = \bigcup_{i=1}^{\alpha_1(G)} G_i$.

Аналогичным образом определяется $\alpha_1(H)$ для графа H .

Тогда легко показать, что

$$\alpha(G \times H) \leq \min \{ \alpha(G) \cdot \alpha(H), \alpha(G) + \alpha_1(H) \} \quad (3)$$

Очевидно, что $\alpha_1(G) \leq \alpha(G) + \varepsilon(G)$ и $\alpha_1(H) \leq \alpha(H) + \varepsilon(H)$. А это означает, что оценки (3) точнее, чем (2). В частности, если $G=H$, то из (3) получим $\alpha(G^2) \leq \alpha_1(G) \cdot \alpha(G)$, $\alpha(G^n) \leq \alpha_1^{n-1}(G) \cdot \alpha(G)$. Емкостью графа называется $\theta = \sup (\alpha(G^n))^{1/n}$, а пропускной способностью канала смежностным графом ⁽³⁾ (граф сигналов ⁽⁴⁾) которого служит граф G , $C_0 = \log_2 \theta$. Для θ и C_0 получим

$$\theta \leq \alpha_1(G), \quad C_0 \leq \log_2 \alpha_1(G) \quad (*)$$

Сейчас мы сформулируем теорему для простых циклов нечетной длины и для произвольного графа, которая дает более точную оценку.

Теорема 4. Если граф G простой цикл длины $2k+1$, а H — произвольный граф, то

$$\alpha(G \times H) \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H) + \frac{1}{2} [\alpha(H)] \quad (4)$$

Доказательство этой теоремы опускаем, так как она доказывается точно так же, как и теорема 1 в работе ⁽⁵⁾.

Ясно, что из (4) следует, что

$$\alpha(G \times H) \leq \alpha(H) \frac{2\alpha(G) + 1}{2}$$

При $G=H$

$$\alpha(G^2) \leq \alpha(G) \cdot \frac{2\alpha(G) + 1}{2}$$

и

$$\alpha(G^n) \leq \alpha(G) \cdot \left(\frac{2\alpha(G) + 1}{2} \right)^{n-1}$$

Отсюда

$$\theta(G) \leq \frac{2\alpha(G) + 1}{2}, \quad C_0 \leq \log_2 \frac{2\alpha(G) + 1}{2} \quad (**)$$

Для G — простого цикла нечетной длины ^(*) дает $\theta(G) \leq \alpha(G) + 1$, $C_0 \leq \log_2 (\alpha(G) + 1)$. Для пятиугольника $\alpha(G) = 2$, $\alpha_1(G) = 3$.

Из ^(*) получаем $\theta(G) \leq 3$, $C_0 \leq \log_2 3$, а из ^(**) — $\theta(G) \leq \frac{5}{2}$, $C_0 \leq \log_2 \frac{5}{2}$.

Последняя оценка для C_0 совпадает с оценкой Шеннона.

О теореме, обратной теореме Шеннона. Обозначим через L^- класс пар графов (G, H) , для которых $\alpha(G \times H) = \alpha(G) \cdot \alpha(H)$, а через L_0 — класс пар (G, H) , для которых хотя бы один обладает полным сжатом-сохраняющим отображением. Из теоремы Шеннона следует, что $L_0 \subseteq L^-$.

Теорема 5. Если графы $G=(X, U)$ и $H=(Y, V)$ имеют единственные внутренне-устойчивые множества S_G и S_H соответственно и по одной несжимающейся вершине: $\varepsilon(G) = \varepsilon(H) = 1$, то $\alpha(G \times H) = \alpha(G) \cdot \alpha(H)$.

Доказательство. Пусть $S_G = \{g_1, g_2, \dots, g_{\alpha(G)}\}$ и $S_H = \{h_1, h_2, \dots, h_{\alpha(H)}\}$. Возьмем максимальные сжато-сохраненные отображения σ_G и σ_H в графах G и H , и пусть g_0 и h_0 несжимающиеся вершины при этих отображениях; $X_0 = X \setminus \{g_0\}$, $Y_0 = Y \setminus \{h_0\}$. Обозначим через

$$X_i = \{x/x \in X, \sigma_G(x) = g_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, \alpha(G)$$

$$Y_j = \{y/y \in Y, \sigma_H(y) = h_j\}, \quad j = 1, 2, \dots, \alpha(H)$$

Ясно, что $X_0 = \bigcup_{i=1}^{\alpha(G)} X_i$, $Y_0 = \bigcup_{j=1}^{\alpha(H)} Y_j$. Пусть $S_{G \times H}$ — внутренне устойчивое множество в графе $G \times H$ и $\alpha(G \times H) = |S_{G \times H}|$. Если $A \subseteq B$, $B \subseteq Y$, то обозначим

$$(A \times B)_S = A \times B \cap S_{G \times H}$$

Покажем, что $|(X_0 \times Y)_S| \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H)$.

Из того, что граф G_i , порожденный множеством вершин X_i — полный, следует,

$$|(X_i \times Y)_S| \leq \alpha(H), \quad i = 1, 2, \dots, \alpha(G),$$

откуда

$$|(X_0 \times Y)_S| = \left| \left(\bigcup_{i=1}^{\alpha(G)} X_i \times Y \right)_S \right| \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H).$$

Значит, если $\alpha(G \times H) > \alpha(G) \cdot \alpha(H)$, то

$$(g_0 \times Y)_S \neq \emptyset$$

Рассмотрим два случая.

1. $g_0, h_0 \in S_{G \times H}$.

Пусть $(g_0 \times Y)_S = \{g_0 y_1, g_0 y_2, \dots, g_0 y_k\}$, где $y_j \in Y_j$, $j = 1, 2, \dots, k$. Покажем, что для любого y_j , $j = 1, 2, \dots, k$

$$|(X_0 \times Y_j)_S| \leq \alpha(G) - 2$$

Пусть $X_{i_1}, X_{i_2}, \dots, X_{i_p}$ те множества из $\{X_i/i = 1, 2, \dots, \alpha(G)\}$, что $(X_{i_l} \times Y_j)_S \neq \emptyset$. Докажем, что $p \leq \alpha(G) - 2$.

Обозначим через $x_l y_j^l = (X_{i_l} \times Y_j)_S$ для $l = 1, 2, \dots, p$. Рассмотрим множество $\{x_1 y_j^1, x_2 y_j^2, \dots, x_p y_j^p, g_0 y_j\}$. Так как оно является подмножеством $S_{G \times H}$ и вершины $y_j^1, y_j^2, \dots, y_j^p, y_j$ принадлежат множеству Y_j , то множество вершин $\{x_1, x_2, \dots, x_p, g_0\}$ должно быть внутренне устойчивым в графе G . В силу единственности внутреннего устойчивого множества S_G ; $p + 1 < \alpha(G)$, откуда $p \leq \alpha(G) - 2$, значит $|(X_0 \times Y_j)_S| \leq \alpha(G) - 2$ для $j = 1, 2, \dots, k$. Так как для различных y_j и $y_{j'}$, $Y_{j'} \neq Y_j$, то получим

$$|(X_0 \times Y)_S| \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H) - 2k \quad (a)$$

С другой стороны,

$$|(X_0 \times h_0)_s| \leq k - 1 \quad (b)$$

в силу того, что количество таких множеств X_i , $i = 1, 2, \dots, \alpha(G)$, для которых $|(X_i \times Y)_s| \leq \alpha(H) - 1$ меньше, чем $k - 1$. Если бы таких X_i было бы больше, чем $k - 1$, то получили бы, что $|(X_0 \times Y)_s| \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H) - k$. При этом, учитывая равенство

$$|(g_0 \times Y)_s| = k \quad (c)$$

получили бы $\alpha(G \times H) = \alpha(G) \cdot \alpha(H)$, вопреки предположению. Из того, что $g_0, h_0 \in S_{G \times H}$, можно написать:

$$S_{G \times H} = (X_0 \times Y_0)_s \cup (X_0 \times h_0)_s \cup (g_0 \times Y_0)_s$$

откуда

$$|S_{G \times H}| = |(X_0 \times Y_0)_s| + |(X_0 \times h_0)_s| + |(g_0 \times Y_0)_s|$$

и на основании (a), (b), (c):

$$\alpha(G \times H) \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H) - 2k + k - 1 + k < \alpha(G) \cdot \alpha(H)$$

вопреки предположению $\alpha(G \times H) > \alpha(G) \cdot \alpha(H)$.

2. Пусть в $(g_0 \times Y)_s$ $y_k = h_0$.

В этом случае вместо (a)

$$|(X_0 \times Y)_s| \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H) - 2k + 2 \quad (a')$$

(рассуждения аналогичны случаю 1 для $k - 1$ элементов y_1, y_2, \dots, y_{k-1}).

Покажем, что

$$|(X_0 \times h_0)_s| \leq k - 3 \quad (b')$$

Без ограничения общности можно предположить, что X_1, X_2, \dots, X_q именно те множества, для которых $(X_i \times h_0)_s \neq \emptyset$, $i = 1, 2, \dots, q$. Надо показать, что $q \leq k - 3$. Пусть $x_i, h_0 = (X_i \times h_0)_s$, $i = 1, 2, \dots, q$ и $x_i, h_{S(i)} = (X_i \times h_{S(i)})_s$, $i = k, k + 1, \dots, \alpha(G)$, где $h_{S(i)} \in S_H$ и смежна с вершиной h_0 . Множество вершин $\{x_1, x_2, \dots, x_q, x_{k+1}, x_{k+2}, \dots, x_{\alpha(G)}, g_0\}$ внутренне устойчиво в графе G , т. к. h_0 и $h_{S(i)}$ смежны в графе H . Следовательно, в силу единственности S_G

$$q + 1 + \alpha(G) - k + 1 < \alpha(G), \text{ откуда } q \leq k - 3$$

Из (a'), (b'), (c') получим

$$|S_{G \times H}| \leq \alpha(G) \cdot \alpha(H),$$

что противоречит предположению

$$\alpha(G \times H) > \alpha(G) \cdot \alpha(H).$$

Теорема доказана.

Из этой теоремы и из примера, который показывает, что класс графов, для которых условие теоремы выполнено, не пуст, вытекает $L_2 \subset L_1^-$. Последнее означает, что теорема, обратная теореме Шеннона, неверна, что иным путем было доказано в работе (*).

Ереванский политехнический институт

Մի էանի բնորեններ գրաֆների դեկարդյան արտադրյալի մասին

Հոդվածում դիտարկվում են ներքին կայունության բազմությունները և ներքին կայունության թիվը՝ տրված երկու գրաֆների դեկարդյան արտադրյալի մեջ: Հայտնի է Շենոնի թեորեմը, որ եթե G և H գրաֆներից որևէ մեկը ունի պահպանող արտապատկերում, ապա $a(G \times H) = a(G) \cdot a(H)$ ⁽¹⁾ հոդվածում գտնվում է գրաֆների այնպիսի դաս, որը չունի պահպանող արտապատկերում, բայց այդ դասին պատկանող գրաֆների համար տեղի ունի (1) հավասարումը: Դրանից հետևում է, որ Շենոնի թեորեմի հակառակը ճիշտ չէ: Գտնված են մի քանի գնահատականներ վերևից $a(G \times H)$ -ի համար: Լկացուցված են պահպանող արտապատկերումների մի քանի հատկություններ: Խասնավորապես ապացուցված է, որ եթե G և H գրաֆներն ունեն լրիվ սեզմող արտապատկերումներ, ապա նրանց դեկարդյան արտադրյալը նույնպես ունի լրիվ սեզմող արտապատկերում: Բերված է գրաֆի օրինակ, որը չնայած նրան, որ ունի միակ ներքին բազմություն, բայց չունի լրիվ սեզմող արտապատկերում:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ К. Берж, Теория графов и ее применения, ИЛ, М., 1962. ² А. Г. Маркосян, ДАН Арм. ССР, т. LII, № 1 (1971). ³ С. Е. Shannon, TRE. Trans. № 3, 8 (1956). ⁴ О. Ор, Теория графов, Изд. „Наука“, М., 1968. ⁵ А. Г. Маркосян, „Известия АН Арм. ССР“, сер. Математика, т. VI, № 5 (1971). ⁶ М. Rosenfeld, Proc. Amer. Math. Soc., 8, № 2 (1967).

УДК 539.3

МЕХАНИКА

Э. В. Белубекян

Изгиб защемленной по контуру прямоугольной пластинки с внутренним симметричным разрезом

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. М. Саповджяном 26/XI 1971)

В настоящей работе решается задача об изгибе жестко заделанной по наружному контуру прямоугольной пластинки, ослабленной внутренним симметричным разрезом, под действием сплошной поперечной нагрузки.

Аналогичная задача, когда наружный контур пластинки свободно оперт, исследовалась в работе (1).

Решение задачи, с использованием метода „парных“ рядов-уравнений, сводится к совокупности трех бесконечных систем линейных алгебраических уравнений. Доказывается, что полученные бесконечные системы квазивполне регулярны, а их свободные члены стремятся к нулю с возрастанием индекса.

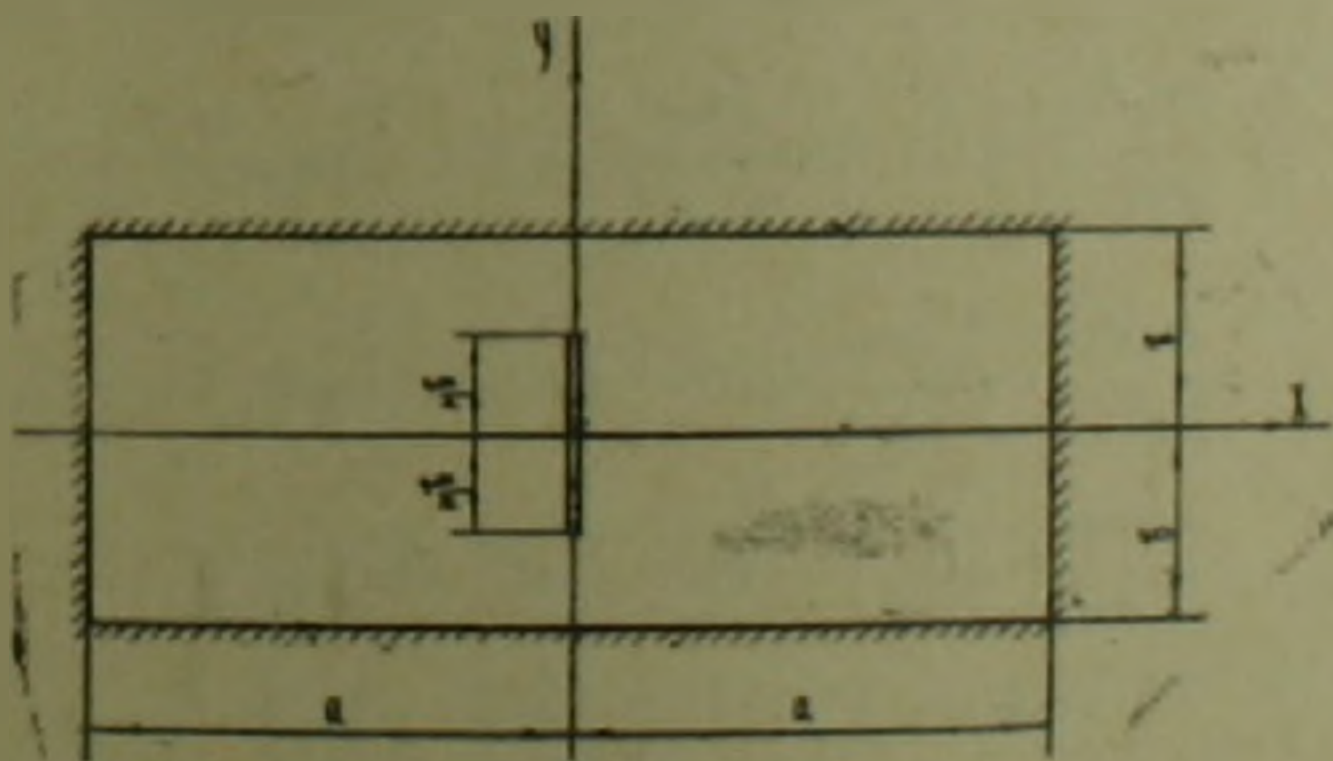


Рис. 1

1. Рассматривается защемленная по контуру прямоугольная пластинка размерами $2a \times 2b$, ослабленная симметричным (относительно осей симметрии x и y прямоугольника) разрезом длины $2c$ ($0 < c < a$), под действием симметрично относительно осей x и y непрерывно распределенной нагрузки p (рис. 1).

Ввиду симметрии задачи относительно осей x и y , решение ее, удовлетворяющее дифференциальному уравнению упругой поверхности пластинки

$$\Delta \Delta w = \frac{p}{D} \quad (1.1)$$

будем искать для области, занимающей четверть пластинки. При этом заделку на контуре заменим свободным опиранием с приложением распределенных по контуру изгибающих моментов M_1 и M_2 , значения которых подберем так, чтобы удовлетворялись условия

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 0 \quad \text{при } x=a; \quad \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \quad \text{при } y=b \quad (1.2)$$

Представив функции, выражающие распределение изгибающих моментов M_1 и M_2 , в виде рядов

$$M_1 = \sum_0^{\infty} H_k \cos \beta_k x, \quad M_2 = \sum_0^{\infty} M_k \cos \alpha_k y \quad (1.3)$$

где

$$\alpha_k = \frac{\pi(2k+1)}{2b}, \quad \beta_k = \frac{\pi(2k+1)}{2a}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1.4)$$

граничные условия задачи можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} w = 0, \quad M_y = \sum_0^{\infty} H_k \cos \beta_k x \quad \text{при } y = b \\ w = 0, \quad M_x = \sum_0^{\infty} M_k \cos \alpha_k y \quad \text{при } x = a \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y^2} = 0 \quad \text{при } x = 0 \end{aligned} \quad (1.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 \quad \text{при } x=0, 0 < y < \mu b \\ \frac{\partial w}{\partial x} = 0 \quad \text{при } x=0, \mu b < y < b \end{aligned}$$

$$\frac{\partial w}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial x^2} = 0 \quad \text{при } y = 0 \quad (1.6)$$

Функция прогибов w , удовлетворяющая уравнению (1.1) и условиям (1.6), принимается в виде

$$w = f(y) + \frac{1}{D} \sum_0^{\infty} [A_k \operatorname{ch} \alpha_k x + B_k \operatorname{sh} \alpha_k x + C_k x \operatorname{ch} \alpha_k x +$$

$$+ D_k x \operatorname{sh} \alpha_k x | \cos \alpha_k y + \frac{1}{D} \sum_0^{\infty} | E_k \operatorname{ch} \beta_k y + G_k y \operatorname{sh} \beta_k y | \cos \beta_k x. \quad (1.7)$$

где $f(y)$ — частное решение уравнения (1.1)

$$f(y) = \frac{1}{D} \sum_0^{\infty} \frac{a_k}{a_k^4} \cos \alpha_k y \quad (1.8)$$

a_k — коэффициенты разложения функции нагрузки p в ряд Фурье

$$p = \sum_0^{\infty} a_k \cos \alpha_k y, \quad a_k = \frac{2}{b} \int_0^b p \cos \alpha_k y dy. \quad (1.9)$$

Здесь, для простоты, принято, что нагрузка p изменяется только в направлении оси y .

Удовлетворение граничных условий (1.5) приводит к следующим «парным» рядам-уравнениям для определения коэффициентов C_k

$$\sum_0^{\infty} C_k \left(k + \frac{1}{2} \right) (1 - N_k) \cos \left(k + \frac{1}{2} \right) \varphi = g(\varphi) \quad (0 < \varphi < \beta) \quad (1.10)$$

$$\sum_0^{\infty} C_k \cos \left(k + \frac{1}{2} \right) \varphi = 0 \quad (\beta < \varphi < \pi),$$

где приняты обозначения

$$N_k = \frac{1 + e^{-2\alpha_k a} - 2\gamma \alpha_k a}{2 \operatorname{ch}^2 \alpha_k a}, \quad \gamma = \frac{1 - \nu}{3 + \nu} \quad (1.11)$$

$$g(\varphi) = \frac{b}{\pi(3 + \nu)} \left[\sum_0^{\infty} \frac{M_k}{\operatorname{ch} \alpha_k a} \left[(1 - \nu) \frac{\alpha_k a}{2} \operatorname{th} \alpha_k a - 1 \right] \cos \left(k + \frac{1}{2} \right) \varphi - \right. \\ \left. - \sum_0^{\infty} \frac{H_k}{\operatorname{ch} \beta_k b} \left[\left(\nu + \frac{1 - \nu}{2} \beta_k b \operatorname{th} \beta_k b \right) \operatorname{ch} p_k \varphi - \frac{b}{\pi} \frac{\beta_k (1 - \nu)}{2} \varphi \operatorname{sh} p_k \varphi \right] - \right. \\ \left. - \sum_0^{\infty} \frac{a_k}{a_k^2} \left[\nu + \frac{1}{\operatorname{ch} \alpha_k a} \left(\frac{1 - \nu}{2} \alpha_k a \operatorname{th} \alpha_k a - \nu \right) \right] \cos \left(k + \frac{1}{2} \right) \varphi \right] \quad (1.12)$$

$$\varphi = \frac{\pi y}{b}, \quad \beta = \mu \pi, \quad p_k = \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{b}{a}. \quad (1.13)$$

Пользуясь методом, разработанным в работе (2), и принимая обозначения

$$X_k = \frac{2\pi \alpha_k}{1 - \nu} C_k, \quad Y_k = M_k + X_k \frac{(1 - \nu) \alpha_k a}{\pi \operatorname{ch} \alpha_k a} \frac{n_k}{m_k}, \quad Z_k = \frac{a}{b} H_k \quad (1.14)$$

где

$$n_k = \operatorname{th} \alpha_k a - \frac{2}{\alpha_k a (1 - \nu)}, \quad m_k = \operatorname{th} \alpha_k a + \frac{\alpha_k a}{\operatorname{ch}^2 \alpha_k a} \quad (1.15)$$

„парные“ ряды (1.10) можно привести к следующей бесконечной системе линейных алгебраических уравнений:

$$X_n = \sum_0^{\infty} X_k a_{kn}^{(1)} + \sum_0^{\infty} Y_k b_{kn}^{(1)} + \sum_0^{\infty} Z_k d_{kn}^{(1)} + c_n^{(1)}, \quad (1.16)$$

где

$$a_{kn}^{(1)} = \left(n + \frac{1}{2} \right) N_k^* J_{kn}; \quad (1.17)$$

$$b_{kn}^{(1)} = \left(n + \frac{1}{2} \right) Q_k J_{kn}; \quad (1.18)$$

$$d_{kn}^{(1)} = - \frac{\pi (2n+1) b}{a (1-\nu)(3+\nu) \operatorname{ch} \beta_k b} \left[\left(\nu + \frac{1-\nu}{2} \beta_k b \operatorname{th} \beta_k b \right) I_{kn}^{(1)} - \frac{1-\nu}{2\pi} \beta_k b I_{kn}^{(2)} \right]; \quad (1.19)$$

$$c_n^{(1)} = - \frac{\pi (2n+1)}{(1-\nu)(3+\nu)} \sum_0^{\infty} \frac{a_k}{a_k^2} \left[\nu + \frac{1}{\operatorname{ch} a_k a} \left(\frac{1-\nu}{2} a_k a \operatorname{th} a_k a - \nu \right) \right] J_{kn};$$

$$N_k^* = N_k - \frac{2}{3+\nu} \cdot \frac{a_k a}{\operatorname{ch}^2 a_k a} \cdot \frac{n_k}{m_k}; \quad (1.21)$$

$$Q_k = \frac{2\pi}{(1-\nu)(3+\nu) \operatorname{ch} a_k a} \left(\frac{1-\nu}{2} a_k a \operatorname{th} a_k a - 1 \right); \quad (1.22)$$

$$J_{kn} = \int_0^{\pi} P_k(\cos \theta) P_n(\cos \theta) \sin \theta d\theta; \quad (1.23)$$

$$I_{kn}^{(1)} = \int_0^{\pi} P_{-1/2+ip_k}(\cos \theta) P_n(\cos \theta) \sin \theta d\theta; \quad (1.24)$$

$$I_{kn}^{(2)} = \int_0^{\pi} W_k(\cos \theta) P_n(\cos \theta) \sin \theta d\theta; \quad (1.25)$$

$P_n(\cos \theta)$ — полиномы Лежандра.

Здесь использована формула интегрального представления функций Лежандра с комплексным индексом ⁽²⁾

$$P_{-1/2+ip_k}(\cos \theta) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{\operatorname{ch} p_k \varphi}{\sqrt{\cos \varphi - \cos \theta}} d\varphi \quad (1.26)$$

и принято обозначение

$$W_k(\cos \theta) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{\varphi \operatorname{sh} p_k \varphi}{\sqrt{\cos \varphi - \cos \theta}} d\varphi. \quad (1.27)$$

Удовлетворяя условиям (1.2), с использованием обозначений (1.14) и разложений функций $\operatorname{ch} \alpha_k x$, $\operatorname{sh} \alpha_k x$, $x \operatorname{ch} \alpha_k x$, $x \operatorname{sh} \alpha_k x$ в ряды Фурье по $\cos \beta_n x$ и функций $\operatorname{ch} \beta_k y$, $y \operatorname{sh} \beta_k y$ — по $\cos \alpha_n y$, получаем следующие бесконечные системы линейных алгебраических уравнений:

$$Y_n = \sum_0^{\infty} Z_k a_{kn}^{(2)} + c_n^{(2)}; \quad (1.28)$$

$$Z_n = \sum_0^{\infty} X_k a_{kn}^{(3)} + \sum_0^{\infty} Y_k b_{kn}^{(3)} + c_n^{(3)}, \quad (1.29)$$

где

$$a_{kn}^{(2)} = - \frac{4(-1)^{k+n} \alpha_n^2 \beta_k}{am_n (\alpha_n^2 + \beta_k^2)}; \quad (1.30)$$

$$c_n^{(2)} = - \frac{a_n}{m_n \alpha_n^2} \left(\operatorname{th} \alpha_n a - \frac{a_n a}{\operatorname{ch}^2 \alpha_n a} \right); \quad (1.31)$$

$$a_{kn}^{(3)} = \frac{2 \beta_n (-1)^k}{\pi b q_n (\alpha_k^2 + \beta_n^2)^2} [(\beta_n^2 + \nu \alpha_k^2) + \frac{2(1-\nu)(-1)^n \alpha_k^2 \beta_n a}{\operatorname{ch} \alpha_k a} \frac{n_k}{m_k}]; \quad (1.32)$$

$$b_{kn}^{(3)} = - \frac{4}{b q_n} (-1)^{n+k} \frac{\alpha_k \beta_n^2}{(\alpha_k^2 + \beta_n^2)^2}; \quad (1.33)$$

$$c_n^{(3)} = - \frac{2}{b q_n} (-1)^n \sum_0^{\infty} \frac{(-1)^k a_k \alpha_k}{(\alpha_k^2 + \beta_n^2)^2}; \quad (1.34)$$

$$q_n = \operatorname{th} \beta_n b + \frac{\beta_n b}{\operatorname{ch}^2 \beta_n b}. \quad (1.35)$$

Таким образом решение задачи сводится к определению коэффициентов X_k , Y_k , Z_k из совокупности трех бесконечных систем линейных алгебраических уравнений (1.16), (1.28) и (1.29).

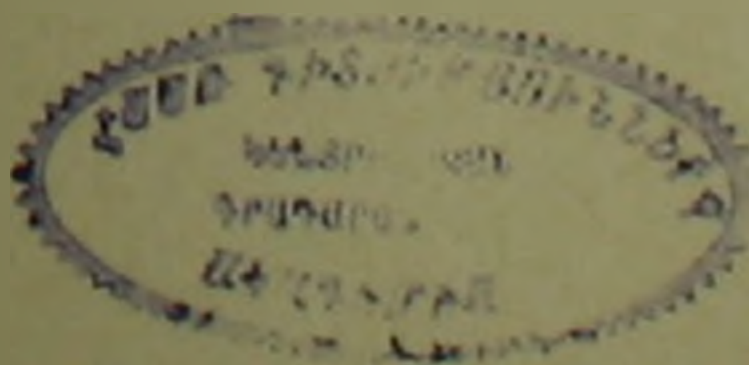
Для сумм $S_n^{(i)}$ ($i=1, 2, 3$) модулей коэффициентов при неизвестных каждой из бесконечных систем (1.16), (1.28) и (1.29) получают оценки

$$S_n^{(i)} \leq 1 - \epsilon, \quad \epsilon > 0 \quad \text{при} \quad n > n_0. \quad (1.36)$$

Для свободных членов этих систем из выражения (1.20), (1.31), (1.34) нетрудно получить оценки

$$c_n^{(1)} = O(n^{-1/2}), \quad c_n^{(2)} = O(n^{-2}), \quad c_n^{(3)} = O(n^{-2}). \quad (1.37)$$

Таким образом, согласно оценкам (1.36) и (1.37), бесконечные системы (1.16), (1.28) и (1.29) квазивполне регулярны, а их свободные члены ограничены сверху и стремятся к нулю с возрастанием индекса.



Отметим также, что аналогично работе (1), выделяя главную часть ряда $\sum_0^{\infty} c_k \left(k + \frac{1}{2}\right) \cos\left(k + \frac{1}{2}\right) \varphi$ на участке (β, π) , можно получить выражения изгибающих моментов M_x и M_y на линии разреза ($x=0$) с выделенными особенностями у концов разреза. При этом, также как и в (1), они будут иметь у концов разреза $\varphi = \beta + 0$ ($y = \mu\beta + 0$) особенность порядка $(\cos \beta - \cos \varphi)^{-1/2}$.

2. В качестве числового примера рассматривается защемленная по внешнему контуру квадратная пластинка ($a=b$), с симметричным разрезом, длина которой равна половине ширины пластинки ($\mu = \frac{1}{2}$), под действием равномерно распределенной поперечной нагрузки $p = \text{const}$, при $\nu = 0,25$.

Вычислены значения w и изгибающих моментов M_x и M_y на линии разреза ($x=0$), которые приведены в виде эпюр на рис. 2. В точке $x=a$, $y=0$ вычислен опорный изгибающий момент $M_x = -0,281 pb^2$.

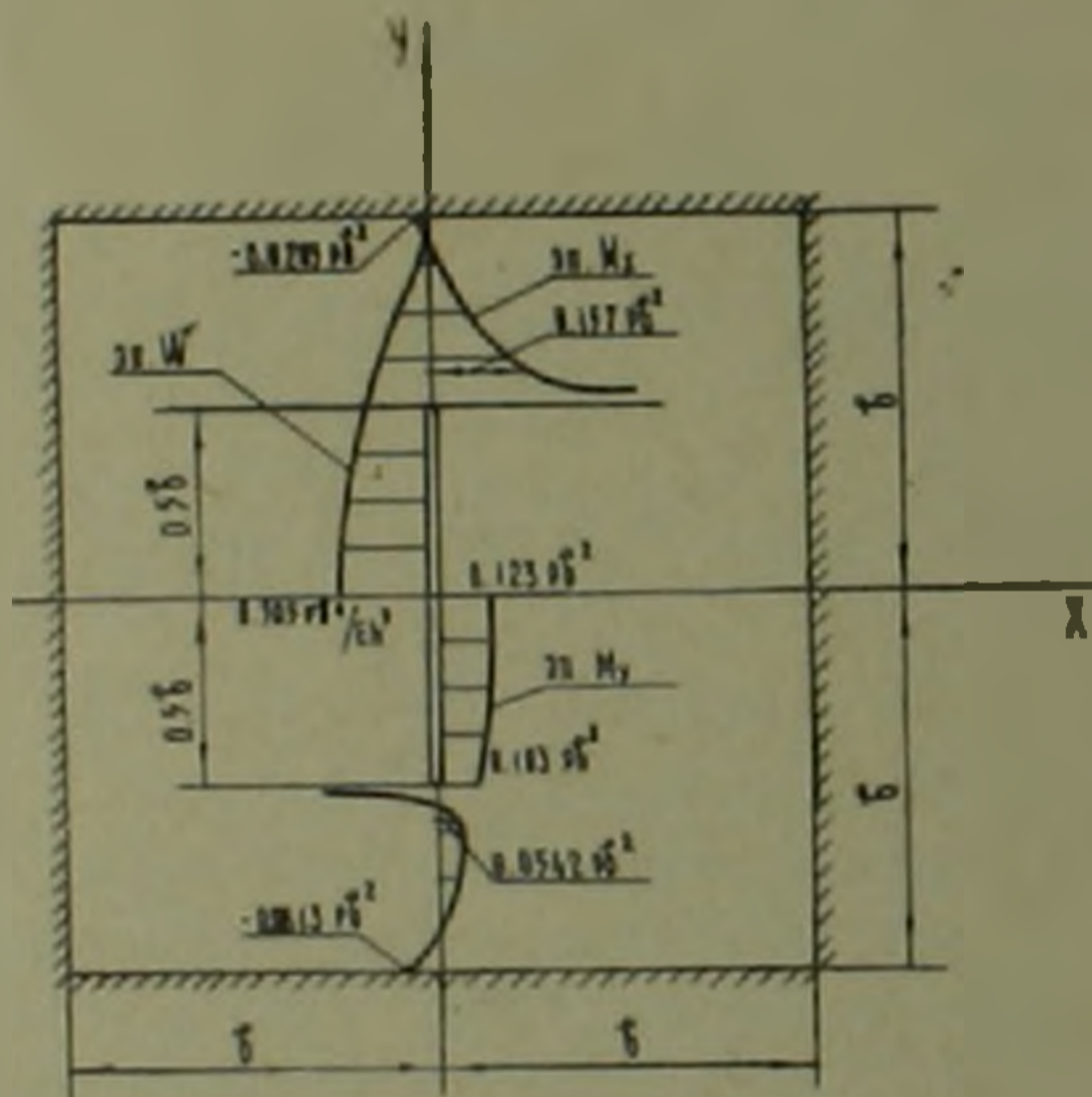


Рис. 2

Для выяснения влияния заделки и наличия разреза на напряженно-деформированное состояние пластинки, полученные здесь результаты сравним с результатами, полученными для свободно опертой квадратной пластинки с симметричным разрезом той же длины (1) и защемленной по контуру квадратной пластинки без разреза (4) при $p = \text{const}$ и $\nu = 0,25$.

Эти сравнения показывают, что наличие разреза в защемленной пластинке увеличивает наибольший прогиб на 120%, а опорные моменты: M_x — в середине стороны пластинки, параллельной разрезу ($x=a$, $y=0$), увеличивается на 35%, M_y — в середине другой стороны пласт-

тинки ($x=0, y=b$), уменьшается на 67%. В центре пластинки изгибающий момент M_y увеличивается на 40%.

Благодаря наличию заделки в квадратной пластинке с разрезом, наибольшие прогибы уменьшаются на 50%, величина изгибающего момента M_y в центре пластинки уменьшается на 50%, а величина M_x в точке $x=0, y=0,6b$ уменьшается на 33%.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Է. Վ. ԲԵԼՈՒԲԵԿՅԱՆ

Ազդեցությունը ամրակցված համաչափ ճառագայթային ուղղանկյուն սալի ձողումը

Աշխատանքում դիտարկվում է եզրագծով կոշտ ամրակցված ուղղանկյուն սալի ձողումը համաչափ բաշխված բևեռի ազդեցության տակ, երբ սալն ունի ներքին համաչափ ճեղք:

Խնդրի լուծումը, օգտագործելով «զույգ շարքեր» հավասարումների եղանակը, բերվում է երեք հանրահաշվական գծային հավասարումների անվերջ սխտեմների: Ապացուցվում է, որ ստացված անվերջ սխտեմները կվազիլիտովին ռեզոնանսը են, իսկ նրանց ազատ անդամները ձգտում են զրոյի ինդեքսի մեծացմանը դուրսնալ:

Բերված է թվային օրինակ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ե Կ Ե Ն Ա Ր Գ Յ Ա Ր Ե Ն

- ¹ Э. В. Белубекян, «Известия АН Арм. ССР», Механика, т. XXI, № 2 (1968).
² А. А. Баблоян, ДАН Арм. ССР, т. 39, № 3 (1964). ³ И. С. Градштейн, И. М. Рыжик, Таблицы интегралов, сумм рядов и произведений, Физматгиз, М., 1962. ⁴ Д. В. Вайнберг, Е. Д. Вайнберг, Пластинки, диски, балки-стенки, Госстройиздат УССР, Киев, 1959.

УДК 539.2193

ФИЗИКА

Э. А. Маркосян, А. А. Самуелян, Э. Г. Шарови

Диффузия молекулярного иода в монокристаллы фталоцианина цинка

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Мияселяном 24/X 1971)

Диффузия газов и паров в органические молекулярные кристаллы не исследована, по-видимому, из-за очень плотной упаковки этих кристаллов и малой проницаемости газов и паров в них. Методом ЭПР была сделана попытка оценить коэффициент диффузии кислорода в поликристаллические образцы молекулярного кристалла фталоцианина магния (1).

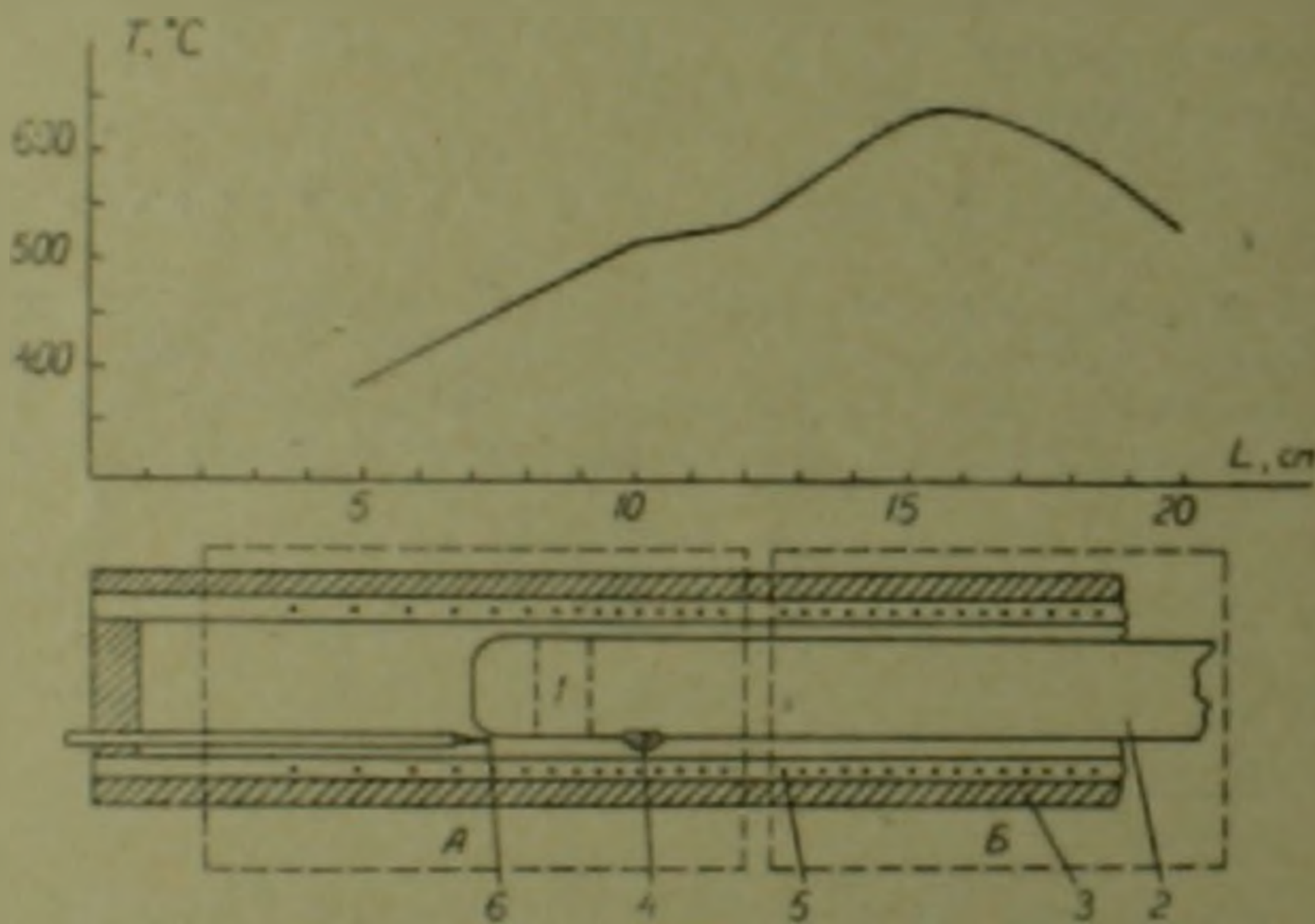


Рис. 1. Ход температурного градиента в печи для выращивания монокристаллов фталоцианинов относительно трубки с веществом.

1—область роста наиболее хороших монокристаллов, 2—пирексовая трубка с азотом, 3—термоизоляция, 4—питающее вещество, 5—спираль нагревателя, 6—термопара

Однако эксперименты были проведены на слишком мелкодисперсных образцах (размеры $\sim 0,1$ мк), вследствие чего поверхностные эффекты могли оказаться большими.

В настоящей работе методом ЭПР ($\lambda = 3,2$ см) выявлены условия.

при которых молекулы J_2 могут проникнуть вглубь монокристаллов фталоцианинов. Исследование кинетики роста возникающего при этом люминесцентного сигнала ЭПР позволило определить коэффициент диффузии молекул нода в монокристалле фталоцианина цинка (PcZn).

Для выращивания монокристаллов фталоцианинов нами использован новый, отличный от общепринятого (^{2,3}) метод основанный на поддержании постоянного градиента температуры вдоль камеры роста. Были получены хорошие игольчатые монокристаллы PcZn, а также PcCu длиной 1—1,5 см. На рис. 1 дан ход температурного градиента относительно положения трубки с веществом и схема аппарата для выращивания монокристаллов. Печь А создавала необходимый температурный градиент. Более высокая температура печи Б препятствовала переносу молекул вещества в противоположном направлении. Были проделаны опыты при давлениях азота в 2, 20, 100, 200 мм рт. ст. Наиболее большие и совершенные монокристаллы получались при давлении в 200 мм рт. ст.

Согласно данным рентгеноструктурного анализа (⁴), монокристаллы в форме фталоцианина без металла и ряда металлосодержащих фталоцианинов относятся к моноклинной системе и к пространственной группе $P2_1$ (класс C_2 ⁵). На каждую элементарную ячейку приходится две молекулы фталоцианина. По методам Вайсберга и вращения кристалла были получены следующие постоянные решетки монокристалла PcZn в форме:

$$a = 19,49 \pm 0,06 \text{ \AA};$$

$$b = 4,73 \pm 0,06 \text{ \AA}; \quad \beta = 120,4 \pm 0,2^\circ$$

$$c = 14,55 \pm 0,06 \text{ \AA}.$$

Объем элементарной ячейки равен 1157 \AA^3 . Измеренная флотационным методом и расчетная плотности равны соответственно $1,65 \pm 0,005$ и $1,659 \text{ г/см}^3$.

Все исследованные образцы PcZn имели первоначальный сигнал ЭПР $\sim 5 \cdot 10^4$ спинов ($S = 1/2$) с шириной линии между точками максимального наклона около 8 эрстэд. Первоначальный сигнал обусловлен, по-видимому, кислородом (⁶).

Вначале была исследована зависимость сигнала ЭПР, возникающего при взаимодействии J_2 с монокристаллами PcZn, от температуры. Обнаружено, что сигнал ЭПР возникает только при наличии жидкой фазы J_2 на поверхности монокристаллов PcZn при температурах выше точки плавления нода (113°C) или при достаточном контакте кристаллов PcZn с мелкокристаллической фазой нода при $T > 80^\circ\text{C}$.

Исследована зависимость сигнала ЭПР от содержания нода (рис. 2 а). Образцы получены в ампулах, имеющих одинаковый объем ($\sim 0,1 \text{ см}^3$) при $T = 130^\circ\text{C}$. Интегральная интенсивность I вычислена для комнатной температуры. Параметр α есть отношение навески нода и PcZn

$\left(\alpha = \frac{m_{J_2}}{m_{PcZn}} \right)$. Следует отметить, что соотношение $\frac{m_{J_2}}{m_{PcZn}}$ всегда больше истинного весового соотношения реагирующих компонент в самих образцах, ибо необходим избыток иода для поддержания равновесия газ — жидкость — твердое тело. Из кривой, показанной на рис. 2, а, следует, что можно выделить три области α , где исследуемое вещество обладает различными составами и, соответственно, различными свойствами. При $\alpha \lesssim 1$, когда иод целиком находится в газообразной фазе, из-за малого коэффициента растворимости J_2 в $PcZn$, молекулы J_2 не могут проникать в монокристаллы $PcZn$ даже при $T = 200^\circ C$ и $p_{J_2} = 500$ мм рт. ст. В области $1 \lesssim \alpha \lesssim 3$ с образованием жидкой фазы иода на поверхности монокристаллов $PcZn$ возникает интенсивный одиночный симметричный сиг-

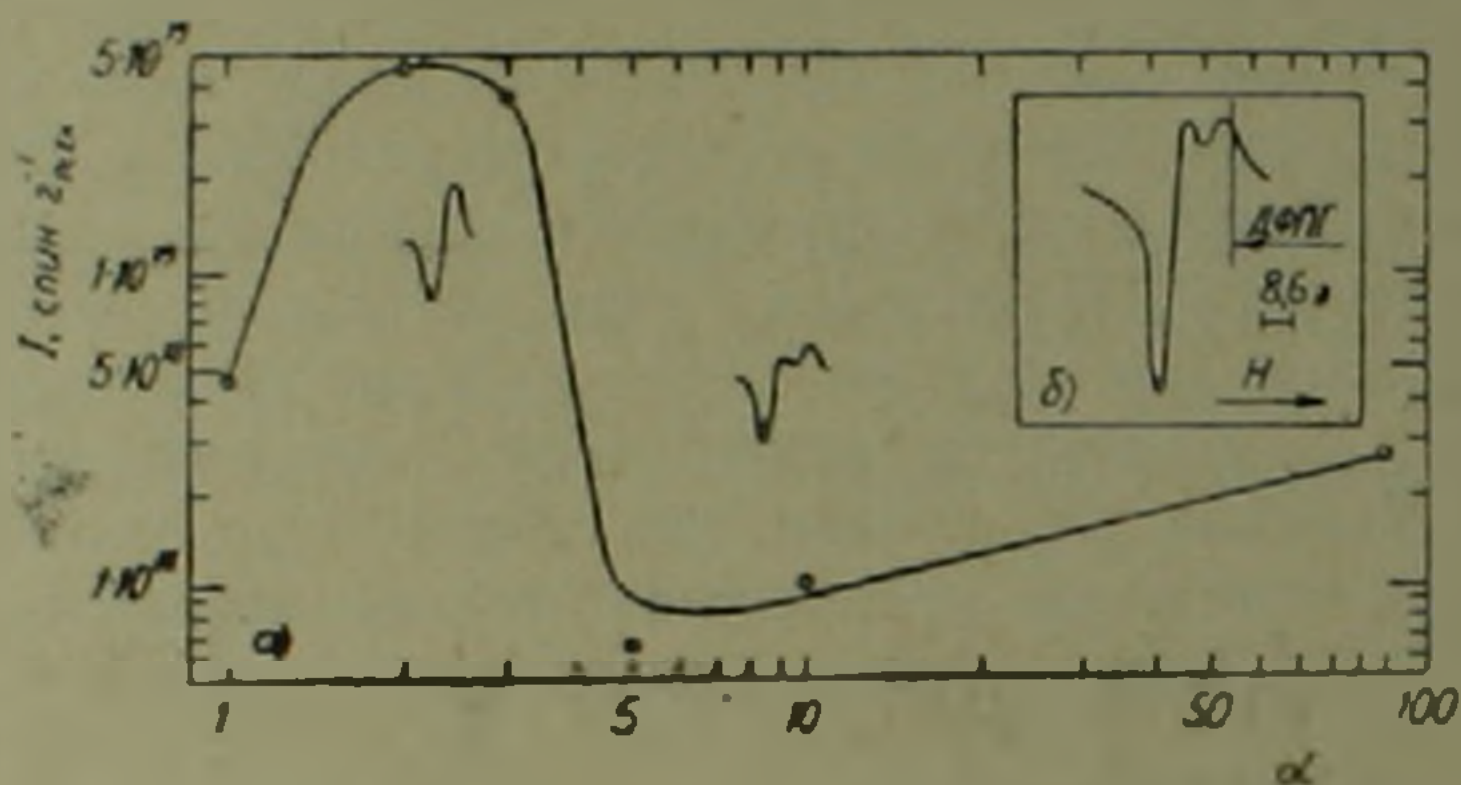


Рис. 2. а) зависимость интегральной интенсивности сигнала ЭПР от содержания иода. б) форма сигнала ЭПР в образцах с $\alpha > 4$

нал ЭПР. Интенсивность сигнала столь велика, что следует предположить диффузию молекул J_2 в объем монокристалла $PcZn$ и образование донорно-акцепторных областей с чередованием молекул J_2 и $PcZn$. Рентгеноструктурный анализ образцов, полученных при $T > 113^\circ C$ при наличии жидкой фазы иода, показывает, что при внедрении молекул J_2 в монокристаллы $PcZn$ последние переходят в аморфное состояние. Очевидно, либо диффузия молекул иода разрушает кристаллическую решетку монокристалла $PcZn$, либо под действием жидкой пленки иода происходит аморфизация вещества и затем имеет место диффузия. Более вероятным представляется одновременное протекание этих двух процессов. В области $\alpha > 4$ содержание иода становится настолько большим, что фактически при $T < 113^\circ C$ получается твердый раствор $PcZn$ в J_2 . Сигнал ЭПР менее интенсивный, а его форма линии (рис. 2, а, б) характерна для поликристалла с аксиальной симметрией и обусловлена, по-видимому, «примесными» молекулами $PcZn$ или другими дефектами, застрявшими в поликристаллическом иоде. По-видимому, подобные твердые растворы $PcZn$ в J_2 получают и при $80 < T < 113^\circ C$ при наличии тесного контакта монокристалла $PcZn$ с большим количеством поликристаллического иода.

В пользу этого говорят одинаковые параметры и форма сигналов ЭПР, примерно одинаковые концентрации и одинаковая температурная зависимость сигналов ЭПР ($1/T$).

Исследована зависимость скорости роста сигнала ЭПР от температуры. В области температур 80—113°C время насыщения сигнала ЭПР исчисляется часами и обычно зависит от состояния контакта между монокристаллами $PcZn$ и поликристаллическим нодом. При этом максимальные концентрации интегральной интенсивности сигнала ЭПР достигают значений порядка $10^{19} \frac{\text{спин}}{z}$, а сигнал имеет асимметричную форму,

как на рис. 2, б. Как показывает рентгеноструктурный анализ, по истечении процесса диффузии образцы переходят в поликристаллическое со-

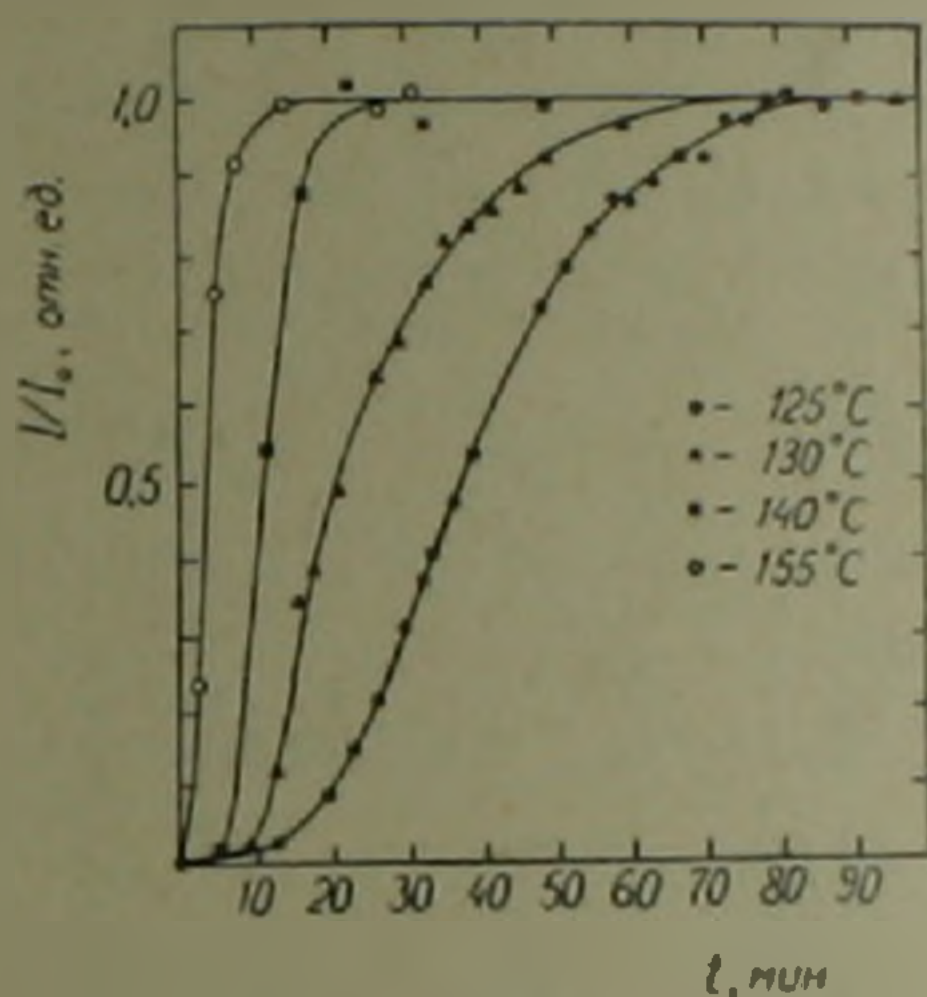


Рис. 3. Кривые накопления парамагнитных комплексов при взаимодействии нода с монокристаллами фталоцианина цинка при $T > 113^\circ\text{C}$.

стояние. В области температур выше 113°C при наличии жидкой фазы нода эффективные времена роста сигнала ЭПР намного меньше, чем при $T < 113^\circ\text{C}$. На рис. 3 показаны кинетические кривые роста сигнала ЭПР при температурах 125, 130, 140 и 155°C для образцов, α которых находится в интервале от 1 до 3. Значения I и I_0 есть интегральные интенсивности сигнала ЭПР в момент t и по достижении насыщения. Ширина сигнала ЭПР и его форма (одиночная, лоренцевая линия) в процессе его роста и при постоянной температуре не менялись, что позволило определить относительные интегральные интенсивности с точностью до 10%. Абсолютные интегральные интенсивности достигали значений $\sim 8 \cdot 10^{19} \frac{\text{спин}}{z}$.

В работе (7) было установлено, что при контакте паров нода с аморфными и мелкокристаллическими фталоцианинами при комнатной температуре сигнал ЭПР появляется практически мгновенно. В настоящей работе время роста сигнала до его насыщения ($T > 113^\circ\text{C}$) исчислялось как минимум временем ~ 10 минут, из чего можно заключить, что

измеряемое в опытах время лимитируется диффузией. Действительно, кривые накопления (рис. 3), кроме начальных участков, хорошо подчиняются обычному диффузионному соотношению. На рис. 4 показаны линейные анаморфозы кривых накопления в координатах $I \sim \sqrt{t - t_0}$, где t_0 — время запаздывания, полученное экстраполяцией по диффузионному закону кинетических кривых рис. 3. Значения t_0 при разных T приведены в табл. 1.

Относительная интенсивность в момент t представляется формулой

$$\frac{I(t)}{I_0} = \frac{a \sqrt{2D(t-t_0)}}{l_0} \quad (1)$$

где D — коэффициент диффузии, l_0 — наименьшая толщина монокристалла, a — константа, зависящая от геометрии монокристалла. Для использованных нами монокристаллов $l_0 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ см, $a = 2,8 \pm 0,2$ (°). Используя уравнение (1), из линейных анаморфоз рис. 4 определены коэф-

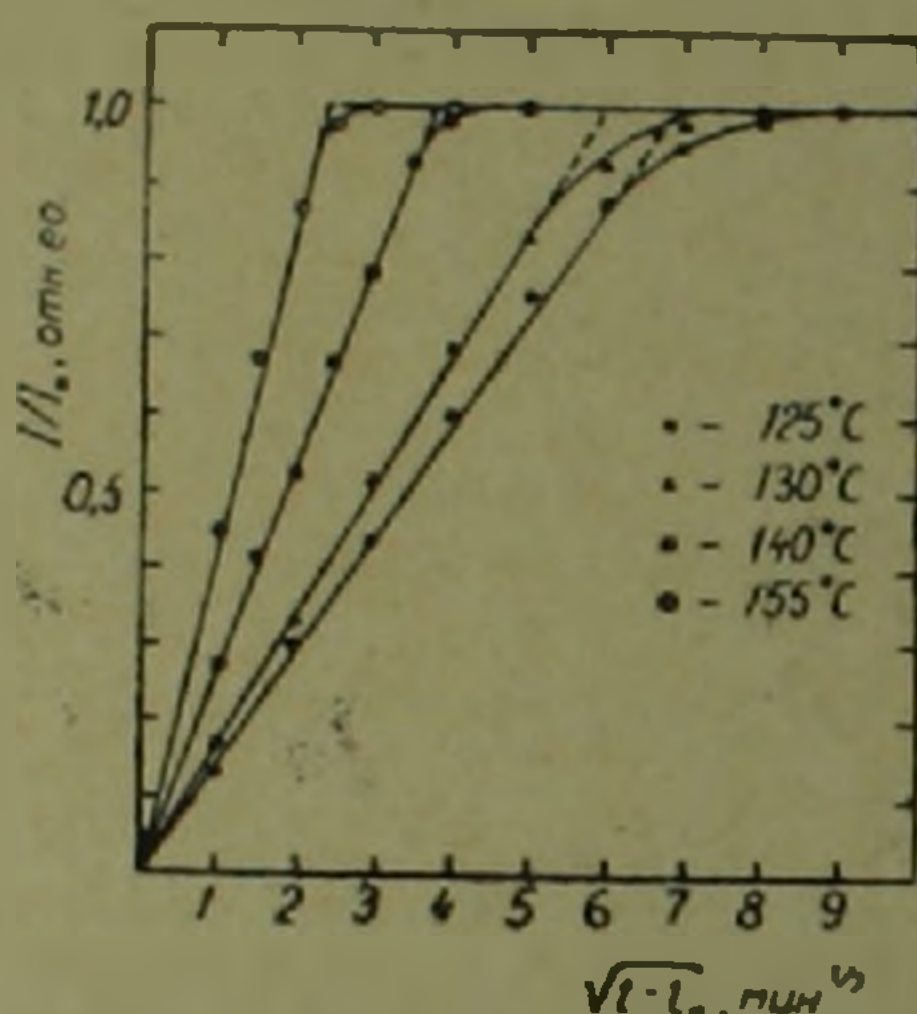


Рис. 4. Линейные анаморфозы кривых рисунка 3

фициенты диффузии (табл. 1). Эти значения хорошо описываются формулой $D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$, где предэкспоненциальный множитель

$D_0 = 5 \cdot 10^4 \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$, а энергия активации диффузии $Q = 24 \frac{\text{ккал}}{\text{моль}}$. R — универсаль-

ная газовая постоянная, T — абсолютная температура. Значения D_0 лежат в пределах от $5 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$. Значение Q определено с точностью до 10%.

Таблица 1

$T, ^\circ\text{C}$	$D, \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$	$t_0, \text{мин}$
125	$8,7 \cdot 10^{-9}$	26
130	$1,2 \cdot 10^{-8}$	12
140	$2,3 \cdot 10^{-8}$	8
155	$7,6 \cdot 10^{-8}$	3

Для случая проникновения мода через мембрану оценка коэффициента диффузии может быть сделана также из соотношения $D \approx \frac{l^2}{6t_0}$, где l — средняя толщина мембраны (⁹). Образование пленки в нашем случае подтверждается примерным равенством $Dt_0 = \text{const}$ во всей области исследуемых температур.

Сделана оценка верхней границы коэффициента растворимости газообразного мода в монокристалле PcZn при $T = 150-200^\circ\text{C}$. Первоначальный «примесный» сигнал в $5 \cdot 10^{16} \frac{\text{спин}}{\text{см}^2}$ не увеличивался при напуске на PcZn паров мода в течение нескольких часов при $T = 150-200^\circ\text{C}$ и давлении паров мода над кристаллами до 500 мм рт. ст. Учитывая большие коэффициенты диффузии при этих температурах, заключено, что c_0 — концентрация проникших в поверхностный слой монокристалла PcZn молекул J_2 , намного меньше, чем $5 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{см}^2}$. Предполагая, что имеет место закон Генри, т. е. $c_0 = Kr$, где p — давление газа, а K — постоянная Генри (коэффициент растворимости), можно оценить, что $K = \frac{c_0}{p} \ll \frac{5 \cdot 10^{16}}{500} = 10^{14} / \text{см}^3 \text{мм рт. ст.}^{-1}$.

В заключение авторы выражают благодарность Л. А. Блюменфельду за обсуждение работы.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Է. Ա. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ, Ա. Ա. ՍԱՄՈՒԵԼՅԱՆ, Է. Գ. ՇԱՌՈՅԱՆ

Մոլեկուլյար յոդի դիֆուզիան ցինկի ֆտալոցիանիների միարյուրեղներում

Ուսումնասիրվել է գազերի դիֆուզիան օրգանական մոլեկուլյար միարյուրեղներում, մասնավորապես մոլեկուլյար յոդի և ցինկի ֆտալոցիանիների դեպքում: Նկարագրված է ֆտալոցիանիների միարյուրեղների աճեցման նոր մեթոդ, որի օգնությամբ ստացվել են 1—1,5 սմ երկարությամբ ֆտալոցիանիների բյուրեղներ: Ռենտգենաստրուկտուր անալիզի օգնությամբ որոշվել են PcZn միարյուրեղի β -ձևի ցանցի հաստատունները՝ $a = 19,49 \pm 0,06 \text{ \AA}$, $b = 4,73 \pm 0,05 \text{ \AA}$, $c = 14,55 \pm 0,06 \text{ \AA}$, $\beta = 120,4 \pm 0,2^\circ$: ԷՊՌ մեթոդով հայտնաբերվել են սյայմանները, որոնց առկայության դեպքում յոդի մոլեկուլները կարող են ներթափանցել ֆտալոցիանիների միարյուրեղների մեջ: Հայտնաբերվել է, որ էՊՌ ազդանշանն առաջանում է կամ J_2 հեղուկ ֆազայի առկայության դեպքում PcZn միարյուրեղի մակերևույթի վրա յոդի հալման կետից (113°C) բարձր ջերմաստիճաններում, կամ յոդի մանրա-

բյուրեղ ֆազայի և միարյուրեղի ընդարձակ կոնտակտի դեպքում, երբ $80 \leq T < 113^\circ \text{C}$ է: Այն նմուշները, որոնցում J_2 և PCZN մոլեկուլների հարաբերակցությունը մոտ է 1:1, սենյակային ջերմաստիճանում ունեն մաքսիմալ ինտեն-

սիվություն՝ $\sim 8 \cdot 10^{19} \frac{\text{սպին}}{\text{գ}}$.

էՊՌ ազդանշանի կուտակման կինետիկ կորերից $125 \leq T < 155^\circ$ դեպքում որոշվել են դիֆուզիայի գործակիցները տվյալ ջերմաստիճանային տիրույթում, որոնք կարելի է նկարագրել $D = 5 \cdot 10^4 \exp\left(-\frac{24000}{T}\right) \frac{\text{սմ}^2}{\text{վայրկ}}$ արաահայտությամբ:

Կատարվել է գազային յոդի լուծելիության գործակցի վերին սահմանի գնահատումը միարյուրեղներում T -ն $150-200^\circ$ ջերմաստիճանային ինտերվալում և երբ յոդի գոլորշիների ճնշումը բյուրեղների վրա հասնում է 500 մմ սնդ. սյան՝ $K \ll 10^{14} (\text{սմ}^3 \text{ մմ սնդ. ս.})^{-1}$:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ Э. Г. Шароян, Н. Н. Тухомирова, Л. А. Блюменфельд, Ж. струк. химии, 6, 843 (1965). ² P. A. Barret, C. E. Dent, R. P. Linstead, J. Chem. Soc., 1719 (1936). ³ С. Hamann, Physica status solidi, 20, 481 (1967). ⁴ J. M. Robertson, J. Chem. Soc., 615-21 (1935). ⁵ Э. Г. Шароян, Н. Н. Тухомирова, Л. А. Блюменфельд, Ж. струк. химии, т. 5, 697 (1964). ⁶ J. M. Assour, S. E. Harrison, J. Phys. Chem. 68, 873, (1964). ⁷ Э. Г. Шароян, Ю. Н. Дубров, Н. Н. Тухомирова, Л. А. Блюменфельд, Ж. теор. и exper. химии, т. 1, 519 (1965). ⁸ А. А. Самуэляк, Дипломная работа, ИФИ, Ереван, 1970. ⁹ К. Роджерс, Проблемы физики и химии твердого состояния органических соединений, гл. 4, изд. «Мир», 1968.

УДК 523.035.2

АСТРОФИЗИКА

Н. Б. Енгибарян, А. Г. Индогосви

Диффузное отражение резонансного излучения от полубесконечной среды

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 29/VII 1971)

К настоящему времени мы располагаем рядом работ, где выводятся и детально изучаются законы перераспределения резонансного излучения по частотам при различных механизмах уширения линии (1, 2). Однако задачи переноса излучения в частотах спектральной линии, ввиду их сложности, рассматривались обычно при упрощающем предположении о полном перераспределении по частотам. В этом предположении не учитывается зависимость функции перераспределения от угла рассеяния, с одной стороны, и наличие корреляции между частотами поглощенного и переизлученного квантов—с другой. Работами авторов (3, 4) было положено начало строгого рассмотрения задач некогерентного рассеяния, как с учетом, так и без учета зависимости функции перераспределения от угла рассеяния.

В настоящей работе мы рассмотрим задачу диффузного отражения света от однородной полубесконечной среды с учетом некогерентности и неизотропности элементарного акта рассеяния. Для решения задачи применяем принцип инвариантности В. А. Амбарцумяна, позволяющий свести решение задачи к некоторым функциональным уравнениям, являющимся обобщением уравнений для φ_1^0 -функций, хорошо известных из теории неизотропного рассеяния (5).

Введем функцию $r(x', x, \gamma)$, представляющую собой функцию перераспределения по частотам при заданном угле рассеяния γ , где x' и x —безразмерные частоты, соответственно, поглощенного и переизлученного квантов. Для дальнейшего удобно ввести обозначение

$$\bar{r}(x', x, \gamma) = r(x', x, \gamma) \rho(\gamma),$$

где $\rho(\gamma)$ —индикатриса рассеяния. Так же, как и в работе авторов (4), функцию $\bar{r}(x', x, \gamma)$ аппроксимируем суммой вида:

$$\begin{aligned} \bar{r}(x', x, \gamma) &\approx \sum_{l=0}^{\infty} r_l(x', x) P_l(\cos \gamma) = \\ &= \sum_{l=0}^{\infty} P_l(\cos \gamma) \sum_{k=1}^{\infty} a_{lk}(x') a_{lk}(x); \end{aligned} \tag{1}$$

В указанной работе построены функции $a_{lk}(x)$ в случае доплеровского уширения линии.

Для решения задач диффузного отражения света от полубесконечной среды достаточно определить функцию $\rho_1(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0)$, имеющую следующий вероятностный смысл: $\rho_1 dx d\eta d\varphi$ представляет собой вероятность того, что подающий на среду в направлении (ζ, φ_0) квант частоты x' , после ряда рассеяний выйдет из среды в виде кванта с частотой, лежащей в интервале $x, x + dx$, и имеющего направление, заключенное в телесном угле $(\eta, \eta + d\eta; \varphi, \varphi + d\varphi)$.

Применением принципа инвариантности для функции $\rho(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0) = \frac{1}{\eta} \rho_1(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0)$ получаем уравнение

$$\left[\frac{\alpha(x)}{\eta} + \frac{\alpha(x')}{\zeta} \right] \rho(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0) = \frac{\lambda}{4\pi\eta\zeta} \bar{r}(x', x, -\eta, \zeta, \varphi - \varphi_0) +$$

$$+ \frac{\lambda}{4\pi\zeta} \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_0^1 d\eta' \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x'', x, \eta, \eta', \varphi - \varphi') \bar{r}(x', x'', \eta', \zeta, \varphi' - \varphi_0) dx'' +$$

$$(2)$$

$$+ \frac{\lambda}{4\pi\eta} \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_0^1 d\eta' \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x', x'', \eta', \zeta, \varphi' - \varphi_0) \bar{r}(x'', x, \eta, \eta', \varphi - \varphi') dx'' +$$

$$+ \frac{\lambda}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_0^1 d\eta' \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x', x'', \eta', \zeta, \varphi' - \varphi_0) dx'' \times$$

$$\times \int_0^{2\pi} d\varphi'' \int_0^1 d\eta'' \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x, x''', \eta, \eta'', \varphi - \varphi'') \bar{r}(x'', x''', -\eta'', \eta', \varphi'' - \varphi') dx'''.$$

где $\alpha(x)$ — контур коэффициента поглощения, а

$$\bar{r}(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0) = \bar{r}(x', x, \gamma).$$

причем

$$\cos \gamma = \eta\zeta + \sqrt{1 - \eta^2} \sqrt{1 - \zeta^2} \cos(\varphi - \varphi_0);$$

Из (1) имеем (*):

$$\bar{r}(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0) = \sum_{m=0}^n (2 - \delta_{0m}) \times$$

$$\times \left\{ \sum_{l=m}^n \frac{(l-m)!}{(l+m)!} P_l^m(\eta) P_l^m(\zeta) \sum_{k=1}^N a_{lk}(x') a_{lk}(x) \right\} \cos m(\varphi - \varphi_0). \quad (3)$$

Функция ρ также представляется в виде суммы

$$\rho(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0) = \sum_{m=0}^n (2 - \delta_{0m}) J_m(x', x, \eta, \zeta) \cos m(\varphi - \varphi_0). \quad (4)$$

причем коэффициенты f_m определяются из следующих уравнений

$$f_m(x', x, \eta, \zeta) = \frac{\lambda}{4} \left| \frac{\eta}{a(x)} + \frac{\zeta}{a(x')} \right|^{-1} \sum_{p=1}^N \sum_{q=m}^n (-1)^{q+m} \times \\ \times \frac{(q-m)!}{(q+m)!} \omega_p^{mq}(\eta, x) \omega_p^{mq}(\zeta, x'), \quad (5)$$

$$\omega_k^{mi}(\eta, x) = \frac{a_{ik}(x)}{a(x)} P_i^m(\eta) + 2(-1)^{i+m} \frac{\eta}{a(x)} \times \\ \times \int_{-\bar{a}}^{\bar{a}} a_{ik}(x') dx' \int_0^1 f_m(x', x, \eta, \tau_i') P_i^m(\tau_i') d\tau_i'. \quad (6)$$

Исключая из (5) и (6) функции f_m , для определения функций $\bar{\omega}_k^{mi}(s, x)$:

$$\omega_k^{mi}(\eta, x) = \bar{\omega}_k^{mi} \left(\frac{\eta}{a(x)}, x \right) \quad (7)$$

получаем следующую систему функциональных уравнений:

$$\bar{\omega}_k^{mi}(s, x) = \frac{a_{ik}(x)}{a(x)} P_i^m |s a(x)| + \frac{\lambda}{2} s \sum_{q=m}^n (-1)^{i+q} \frac{(q-m)!}{(q+m)!} \times \\ \times \sum_{p=1}^N \bar{\omega}_p^{mq}(s, x) \int_{-\bar{a}}^{\bar{a}} a_{ik}(x') a(x') dx' \times \\ \times \int_0^{\frac{1}{s(x')}} \frac{\omega_p^{mq}(s', x') P_i^m |s' a(x')|}{s + s'} ds'. \quad (8)$$

Изменяя порядок интегрирования, будем иметь

$$\bar{\omega}_k^{mi}(s, x) = \frac{a_{ik}(x)}{a(x)} P_i^m |s a(x)| + \frac{\lambda}{2} s \sum_{q=m}^n (-1)^{i+q} \frac{(q-m)!}{(q+m)!} \times \\ \times \sum_{p=1}^N \bar{\omega}_p^{mq}(s, x) \int_0^{\frac{1}{s(x')}} \frac{\varphi_{pk}^{mqi}(s')}{s + s'} ds', \quad (9)$$

где

$$\varphi_{ki}^{mj}(s) = \int_{E(x)} a_{ji}(x) a(x) P_j^m |s a(x)| \bar{\omega}_k^{mi}(s, x) dx; \quad (10)$$

а множество $E(s)$ определяется следующим образом:

$$E(s) = \left\{ x; a(x) \leq \frac{1}{s} \right\}.$$

Теперь из (9) и (10) нетрудно получить систему функциональных уравнений для определения функций (φ_{kl}^{mjl}) :

$$\begin{aligned} \varphi_{kl}^{mjl}(s) = & G_{kl}^{mjl}(s) + \frac{\lambda}{2} s \sum_{q=-m}^m (-1)^{q+m} \frac{(q-m)!}{(q+m)!} \times \\ & \times \sum_{p=1}^N \varphi_{pl}^{mqj}(s) \int_{\bar{s}}^{\bar{s}'} \frac{\varphi_{pk}^{mqj}(s')}{s+s'} ds', \end{aligned} \quad (11)$$

(m — здесь параметр)
где

$$G_{kl}^{mjl}(s) = \int_{E(s)} a_{,l}(x) a_{,k}(x) P_l^m |s_2(x)| P_l^m |s_2(x)| dx. \quad (12)$$

Определение функций (φ_{kl}^{mjl}) из системы (11) решает поставленную нами задачу о нахождении функции $\bar{r}(x', x, \eta, \zeta, \varphi - \varphi_0)$. Для определения внутреннего светового режима нужно дополнительно решить некоторую систему линейных интегральных уравнений Вольтерра.

Заслуживает внимания рассмотрение того частного случая, когда функция $a(x)$ четная, и четность функций $a_{,k}(x)$ совпадает с четностью l . Так обстоит дело, например, в случае доплеровского уширения линии и релеевской индикатрисы рассеяния⁽⁴⁾. В этом случае функции G_{kl}^{mjl} обращаются в нуль, если только $l+j$ — нечетно. Непосредственной проверкой можно убедиться, что при нечетном $l+j$ функции φ_{kl}^{mjl} также обращаются в нуль.

В том частном случае, когда функция $\bar{r}(x', x, \eta)$ не зависит от η (т. е., когда имеет место изотропное рассеяние, и функция перераспределения не зависит от угла рассеяния), система (11) принимает вид:

$$\varphi_{kl}(s) = G_{kl}(s) + \frac{\lambda}{2} s \sum_{p=1}^N \varphi_{pl}(s) \int_{\bar{s}}^{\bar{s}'} \frac{\varphi_{pk}(s')}{s+s'} ds', \quad (13)$$

где

$$G_{kl}(s) = \int_{E(s)} a_k(x) a_l(x) dx. \quad (14)$$

Система (13) является обобщением уравнения для H -функции теории полностью некогерентного рассеяния⁽⁵⁾. Численные методы решения уравнения для H -функции могут быть перенесены к решению систем (11) и (13).

Сопоставление результатов данной работы и работы авторов⁽⁶⁾ указывает на возможность применения принципа инвариантности Ам-

барцумяна к разработке метода эффективного решения систем Винера-Хопфа достаточной общей конструкции, когда элементы матрицы-ядра представлены в виде суперпозиции экспонент.

Институт математики
Академии наук Армянской ССР
Биурканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

Ն. Բ. ԱՆԴՐԵԱՆՅԱՆ, Ե. Գ. ԱՊՐԷՍԻԱՆ

Ճառագայթման դիֆուզ աեղրագարձումը սեզոնանային գծում կիսասեղանի միջավայրից

Հոդվածում դիտարկվում է սեզոնանային գծում, կիսասեղանից միջավայրից ճառագայթման դիֆուզ աեղրագարձման խնդիրը՝ ցրման տարրական աեղ-տի ոչ կոհերենտության և ոչ իզոտրոպության հաշվառումով: Համարձակմանի ինվարիանտության սեղրուերի կիրառմամբ խնդիրը բերվում է որոշ ֆունկցիոնալ հավասարումների, որոեր հանգիստեում են հարանի քչ ֆունկցիոնների եկատմամբ հավասարումների բեզհաներացումը:

ЛИТЕРАТУРА — ՉՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ D. G. Hummer, Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 123, 21 (1965). ² E. H. Avrett, D. G. Hummer, Month. Not. Roy. Astron. Soc. 131, 295 (1966). ³ Մ. Բ. Էլեմ-բարյան, «Աստրոֆիզիկա», տ. 7, ան. 4 (1971). ⁴ Մ. Բ. Էլեմբարյան, Ա. Դ. Մուսկաթյան, «Աստրո-ֆիզիկա», տ. 8, ան. 1 (1972). ⁵ Վ. Ա. Ամբարումյան, Научные труды, т. 1, Ереван, 1960. ⁶ Վ. Վ. Соболев, Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет, Гостехиздат, М., 1956. ⁷ Վ. Վ. Иванов, Перенос излучения и спектры небесных тел, «Наука», М., 1969.

УДК 550.834

ГЕОФИЗИКА

Х. Г. Давтян

Метод анализа цифровых сейсмических записей на ЭЦВМ

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 24/XI 1971)

Как известно, развитие теории и методики разделения сейсмических волн заметно увеличило количество сведений извлекаемых из сейсмозаписей. Первоначально использование этих утонченных методов потребовало более совершенных средств обработки, основанных на аналоговом принципе действия, например, аппаратуры МРНП.

На данном этапе создание новых технических возможностей переработки, которые в частности, будут представлены дискретной вычислительной техникой, требует новых идей и приемов, использующих численные методы.

В настоящей работе предложен численный метод анализа цифровых записей сейсмических волн, являющийся оптимальным как информативно, так и в аспекте рационального использования ЭЦВМ.

Поскольку в терминах современной визуальной интерпретации выделить запись одиночной волны значит проследить одинаковые фазы искомой волны и тем самым выявить ее ось синфазности, может показаться резонным, что для применения ЭЦВМ следует изыскивать машинный метод, сводящий обнаружение оси синфазности к отыскиванию определенных совокупностей близко расположенных экстремумов на соседних трассах.

Однако, как известно, кроме этих, в достаточной мере формальных признаков, при визуальной корреляции требуется удовлетворить также некоторым другим критериям, позволяющим с большой уверенностью отнести данную группу колебаний к искомой волне.

Это, прежде всего, фиксация достаточной протяженности осей синфазности. В случае ее наличия восприятие записи волны целиком при визуальной корреляции не представляет никакой трудности, так как в поле зрения интерпретатора может находиться любая зона, в частности, та, где представлена обнаруженная запись данной волны. Иначе обстоит при машинных методах выделения волн, когда может

оказаться, что в обрабатываемом массиве исходной информации присутствует не вся ось.

К тому же при машинной переработке затрудняется нахождение соответствия групп колебаний также по некоторым иным признакам. В частности, это нахождение соответствий этих групп по повторяемости формы записей на соседних трассах.

Поэтому, очевидно, указанный подход к алгоритмизации нахождения записей волн, т. е. отыскание совокупностей близко расположенных экстремумов был бы недостаточно информативным машинным переложением принципа действия интерпретатора.

Имея целью формализацию выделения записей отдельных волн сначала определим главное в имитируемом процессе. Может показаться, что в выделении записей волн основным является нахождение линий, соединяющих одинаковые фазы на различных трассах сейсмограмм — осей синфазности. Однако, естественно, что понятие „ось“ связано с визуальным восприятием и обработкой сейсмограмм, когда первоначальная задача интерпретатора — „проследить“ фазу.

Сущностью в имитируемом процессе является нахождение на каждой трассе значений времени соответствующих идентичным фазовым состояниям не искаженных одиночных гравимых колебаний.

Поскольку достаточно оптимальный машинный метод переработки, удовлетворяющий сущности имитируемого процесса, может недостаточно вобрать в себя информацию, содержащуюся в исходных данных, следует добиваться того, чтобы метод был кроме того наиболее информативным. Изыщем соответствующую математическую постановку задачи анализа цифровых записей волн.

Обозначим регистрируемые по каждому каналу с постоянным интервалом времени Δt значения амплитуд через a_{ij} , где $j = 1, 2, \dots, m$.

Тогда, при записях по l каналам данные представляются в виде матрицы $\{a_{ij}\}$, где i -номер точки наблюдения, входящей в ту или иную систему, удовлетворяющую соответствующим требованиям сейсмического приема.

Следовательно, при фиксированном i ($i = k$) a_{ij} есть k -ая трасса исследуемой многоканальной записи.

Таким образом, данная матрица содержит в себе информацию об определенной зоне сейсмической записи, зарегистрированной l каналами с m моментами фиксации амплитуд колебаний в каждом.

Положим, что $i, j = 1, 2, \dots, l$ и введем в рассмотрение следующее выражение:

$$Z = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} \quad (I)$$

где $x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{— если соответствующие } a_{ij} \text{ приносят к } \max Z \text{ при (I)} \\ 0 & \text{— во всех остальных случаях} \end{cases}$

Исходя из физической сущности задачи, рассмотрим условия, при которых будет получено максимальное значение Z .

Первоначально, допустим, что в матрице $\|a_{ij}\|$ присутствует запись одной простой волны. Тогда при $\max Z$, значения индексов, принадлежащих $x_{ij} = 1$ дадут в плоскости ij координаты записи амплитуд максимальных фаз данной волны. В плоскости ij расположение точек, соответствующих этим фазам, будет единственным, ибо в рассматриваемом случае нескольких равных $\max Z$ не может быть.

Очевидно, фронт волны может подойти к конкретной точке наблюдения лишь единожды. Выразить это математически можно введением ограничений, ввиду которых в выражение суммы не войдут более одного значения амплитуд с каждой трассы.

Тогда в случае фиксированной i , сумма $\sum_{j=1}^n x_{ij}$ окажется равной 1.

Поскольку это должно иметь место при всех значениях i ($i = 1, 2, \dots, n$), то искомое ограничение получим в виде следующей системы:

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} &= 1 \\ \dots & \dots \\ x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} &= 1 \\ \dots & \dots \\ x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} &= 1 \end{aligned}$$

• Тогда, в случае удовлетворения этой системе с каждого канала, как и требовалось, будет взято по одному значению амплитуды.

Далее, поскольку в самой точке возбуждения колебаний измерения не производятся, то фронт сейсмической волны ко всем точкам наблюдений должен подойти под углами, отличными от нуля. Поэтому нужно исключить возможность введения в искомую сумму значений a_{ij} с одинаковыми индексами j .

Иными словами, необходимо избежать случая, когда в синфазную сумму смогут войти значения амплитуд с разных каналов одинаковых по времени регистрации, что противоречит природе распространения сейсмических волн.

Данное ограничение потребует удовлетворения системе:

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{nj} = 1.$$

Следовательно, требуя одновременного удовлетворения системе 2л уравнений:

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} &= 1 \\ \dots & \dots \\ x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} &= 1 \\ \dots & \dots \\ x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} &= 1 \end{aligned} \tag{II}$$

тем самым мы исключим наличия в (I) более одного значения амплитуды с каждой трассы и с разных трасс, но имеющих одни и те же значения времени.

Таким образом, задача определения времен подхода волны к системе точек наблюдений сводится к следующему: из всевозможных сумм, которые составлены из амплитуд, соответствующих различным временам регистрации, и взятых по одному с каждого канала, найти максимальную.

Далее известно, что основной причиной потери из исходных сейсмических данных значительной части полезной информации является интерференция волн, именно в виду интерференции обычно нарушается коррелируемость волн — основа современной интерпретации.

Во многих случаях при почти одновременном подходе волн от нескольких границ раздела, имеющих различные наклоны, в результате наложения их записей получается настолько сложная интерференционная картина, что при отсутствии резкого различия в частотном составе накладываемых колебаний разделение записей одиночных волн подчас является неразрешимой задачей.

Положим, дана запись зоны интерференции сейсмических волн и требуется выделить в ней запись одиночной волны.

Пусть запись колебаний, связанных с искомой одиночной волной находится во времени в пределах $t = n \cdot \Delta t$.

Допустим, что подобно изложенному ранее, измеренные при дискретных значениях времени j величины амплитуд колебаний, регистрируемых в i точках наблюдений, обозначены через $a_{ij}(t, j = 1, 2, \dots, n)$.

В отличие от предыдущего, заметим, что в данном случае a_{ij} — это суммарные амплитуды наложившихся волн. Эти значения a_{ij} при общем их рассмотрении связаны с колебаниями всех волн, почти одновременно подходящих по разным направлениям к i точкам регистрации. Очевидно, даже при учете этого обстоятельства, приведенная выше математическая постановка задачи применима для выявления в плоскости i/j координат максимальных амплитуд, принадлежащих слагаемым волнам (¹).

Система ограничений (II) совместно с выражением, определяющим Z включает в себя сведения об искомых временах подхода волн. Эти сведения содержатся в найденной после решения задачи совокупности наборов i/j , давших максимум Z .

В случае нахождения из многочисленных решений этой общей системы $2n$ — уравнений того решения, которое максимизирует Z , получим значение индексов i/j , которые будут соответствовать индексам амплитуд, принадлежащих наиболее интенсивным фазам разрешаемых волн.

Таким образом, задача выявления координат точек, принадлежащих определенным фазам простых волн в плоскости i/j сведется к нахождению среди неотрицательных целочисленных решений системы (II) того, которое даст $\max Z$.

В такой постановке определение времен подхода волны приводится к известной в линейном программировании постановке задачи „о проблеме выбора“ („о назначениях“), которая, как известно (2), наиболее рационально решается венгерским методом. Поскольку, последний хорошо приспособлен для реализации на ЭЦВМ, то математическая задача определения совокупности времен подхода волн к точкам регистрации приобретает хорошо разработанный вычислительный метод решения на цифровых машинах.

Таким образом, в целом дан алгоритм машинного выделения записей одиночных волн из цифровых сейсмоданных. В результате применения этого алгоритма определяются значения n пар i, j .

Приравним значения соответствующих им a_{ij} нулю, а затем, принимая за исходные данные уже новые значения матрицы a_{ij} вновь решаем задачу. В результате получаем новый набор пар i, j и соответствующие им значения амплитуд, a_{ij} входящих в оси синфазности волн. Приравнивая и эти значения нулю, повторно решаем задачу разделения записей волн.

Аналогично поступая несколько раз, мы получаем отдельные отрезки осей синфазности записей слагающих волн. Приложение полученных отрезков соответственно их расположению в плоскости i, j дает параллельные друг другу оси синфазности отдельных фаз искомых волн.

Указанную выше совокупность действий следует считать основой предлагаемого метода анализа записей сейсмических волн.

В целях оценки правильности приведенных выше принципиальных положений, алгоритм был испытан. Для этого, на основе наложения двух расчетных «колебаний» была построена математическая модель зоны интерференции.

Поскольку, в исходных данных, соответствующих цифровым сейсмозаписям, не должно быть искажений, присущих аналоговым записям и связанных с автоматическим регулятором усиления, фильтрацией, смещением и т. д., для расчета целесообразно применить известный способ приближенного аналитического описания сейсмических колебаний — обобщенную функцию Берлаге.

В связи с тем, что синтез исходных волновых картин был заведомо известен, то появилась возможность объективной оценки результатов разрешения записей слагаемых волн.

Исходя из целей сравнительно строгого испытания алгоритма, колебания одиночных записей рассчитывались для частот достаточно близких (40 и 60 гц).

Интенсивности накладываемых колебаний также были взяты близкими, что естественно усложнило задачу разрешения. Для учета ослабления интенсивности колебаний при переходе от трассы к трассе, в записи каждой волны были введены весьма малые и близкие по своим величинам постоянные. Хотя, чем меньше длительность слагаемых одиночных волн, тем легче расшифровать их суммарную картину, записи одиночных колебаний были взяты длительностью в три периода.

Как известно, чем меньше разница в величинах углов подхода накладываемых волн, тем сложнее «расщепить» суммарную запись. На сколько в рассматриваемой модели эти углы малы, можно судить по тому, что оси синфазностей первых фаз слагаемых волн уместились в интервале 0,038 сек.

В результате суммирования этих колебаний соответственно указанным сдвигам фаз была получена зона наложения, что представило собой матрицу μ_{ij} . Естественно, что при больших размерах этой матрицы легче разрешить наложения, однако в целях усложнения задачи в рассматриваемой модели матрица взята размерами 19×19, хотя и в ней вся зона интерференции целиком не вмещалась. Так, например, часть зоны, где сказывается влияние первой фазы одной из слагаемых волн осталась вне матрицы.

Поскольку, пока что единственная отечественная цифровая сейсмостанция «ССЦ-1» кодирует значения амплитуд через интервалы времени $\Delta t = 0,002$ сек, исследуемая зона составила во времени всего 0,038 сек. Очевидно, разрешение волн лишь по части зоны наложения в 0,038 сек. нельзя не признать сложной задачей. Более того, несмотря на то, что станция «ССЦ-1» 24-канальная, размер матрицы μ_{ij} был взят 19×19, то есть в ЭЦВМ вводилось лишь 73% минимально возможной информации. Кроме того, заведомо в значения двух элементов исследуемой матрицы амплитуд были введены погрешности.

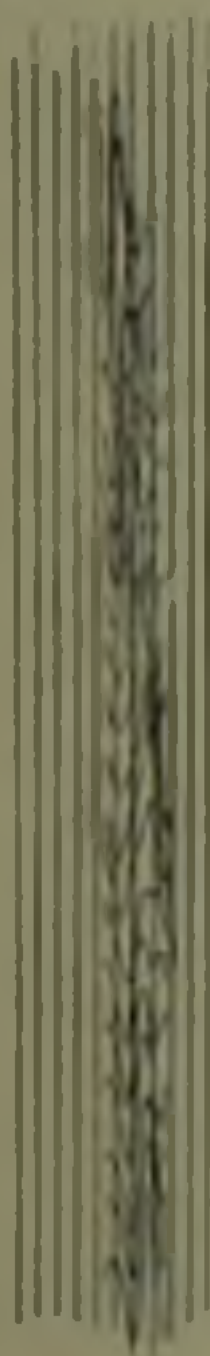


Рис. 1. Графическое представление разделяемой зоны наложения

Приведем графическое представление исследуемой зоны несколько растянутой по оси времен по сравнению с обычной осциллографической записью (рис. 1).

Задача разрешения ставилась на ЭЦВМ «Раздан-3». В результате несмотря на полное присутствие одной волны, машина однозначно с точностью 90%, выделила другую. Времена прихода трех разных фаз этой волны, были четко определены.

Особо отметим, что не все значения a_{ij} , соответствующие выявленным в результате решения значениям i, j , сказались максимальными в записях наложения.

В настоящей работе предложена математическая постановка задачи выделения и разрешения записей сейсмических волн, решение которой можно сводится к известным вычислительным методам, хорошо реализуемым на ЭЦВМ. Тем самым в целом предложен алгоритм выделения и разрешения цифровых записей на универсальных ЭЦВМ.

В связи с ожидаемым в ближайщие годы внедрением цифровой регистрации возникает необходимость обработки этих данных на цифровых машинах.

Поскольку, согласно принятым в стране нормам динамический диапазон сейсморазведочной аппаратуры должен быть не менее 100 дБ., то в этой связи станет возможно кодировать значения амплитуд с такой высокой точностью, что как следует из настоящей работы, одни лишь совокупности изменений суммарных амплитуд, смогут стать основой разрешения и выделения записей волн.

Известно, что многие задачи выделения и, в частности, разрешения волн либо основываются на полном анализе экстремальных значений в наблюдаемой записи, либо требуют определенных преобразований исходных данных. Поэтому при всех этих методах, в особенности основанных на тех или иных преобразованиях функций, имеется некоторая потеря информации.

В этой связи заметим: во-первых, в предложенном методе информация не преобразуется; во-вторых, в ней используется не анализ экстремальных значений, а одновременно в совокупности вся информация присутствующая в записи.

Вычислительный центр
Академии наук Армянской ССР
и Ереванского государственного
университета

Ք. Գ. ԿԱՎՔՅԱՆ

Էլեկտրոնային հաշվիչ մեխանիկայի միջոցով սեյսմիկ
ըմպիսի գրանցումների անալիզի մեթոդը

Հայտնի է, որ դաշտային սեյսմիկ գրանցումներից օգտակար ինֆորմացի-
ոն ոչ լրիվ հանձան հիմնական պատճառն ալիքների ինտերֆերենցիան է:
Հենց ինտերֆերենցիայի պատճառով էլ սովորաբար խախտվում է գրան-

ցումների կոոնվյաստիվությունը՝ ժամանակակից սեյսմիկ մեկնաբանման հիմ-
քը՝

Սեյսմոհետախուզական սարքավորումների ստեղծման բնագավառում սո-
վետա-ֆրանսիական համատեղ աշխատանքների արդեն առաջին արդյունքնե-
րը թույլ են տալիս հուսալ, որ մոտ ապագայում սեյսմիկ հետազոտությու-
նների սյրակտիկայում կներդրվի թվային գրանցումը:

Սույն հոդվածը նվիրված է միայնակ ալիքների առանձնացման և ինտեր-
ֆերենցիոն զոնաների բացահայտման թվային մեթոդի մշակմանը՝ էլեկտրո-
նային հաշվիչ մեքենաների միջոցով, երբ առկա են թվային կոդով գրանցված
տվյալներ:

Հոդվածում տրված է վերադիր ալիքների գրանցումների բաժանման խընդ-
րի մաթեմատիկական դրվածքը: Վերջինիս հանգումը հայտնի լուծումների,
որոնք կիրառվում են մաթեմատիկական ծրագրավորման մեջ, թույլ տվեց
ստանալ թվային գրանցումների անալիզի մի ալգորիթմ, որը ուսցիունալ է է-
լեկտրոնային հաշվիչ մեքենաների վրա իրականացման տեսակետից:

Հոդվածում բերված են այս ալգորիթմի կոնկրետ կիրառման արդյունք-
ները՝ երկու ալիքների վերադրման զոնայի բացահայտման համար:

Այս գրանցումների հաջող բաժանումը հանգեցնում է այն եզրակացու-
թյան, որ առաջարկված մեթոդը օժտված է մեծ ինֆորմատիվությամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Գ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1 Х. Г. Давтян, Про один алгоритм разделения сейсмичных волн. Доклад АН
УРСР, № 4, серия Б, 1969 2 Д. Б. Юдин, Е. Г. Гольштейн, Задачи и методы линейного
программирования, Изд. «Советское радио», М., 1961

УДК 543.062 + 546.681

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР В. М. Тараян, Е. Н. Овсепян, А. П. Погосян

К вопросу о влиянии кислотности на экстракцию хлоргаллата основными красителями

(Представлено 11/VII 1971)

Экстрагирование хлоргаллатов красителей проводят из сильнокислых (6—6,5 и по HCl) растворов. Такие жесткие условия применяются по-видимому, как для предупреждения гидролиза соединений галлия в разбавленных растворах, так и для обеспечения низких значений оптических плотностей холостых опытов.

Согласно литературным данным, некоторые анионные комплексы и, в частности, гидроксокомплексы сурьмы, извлекаются кислородсодержащими органическими растворителями (1—5).

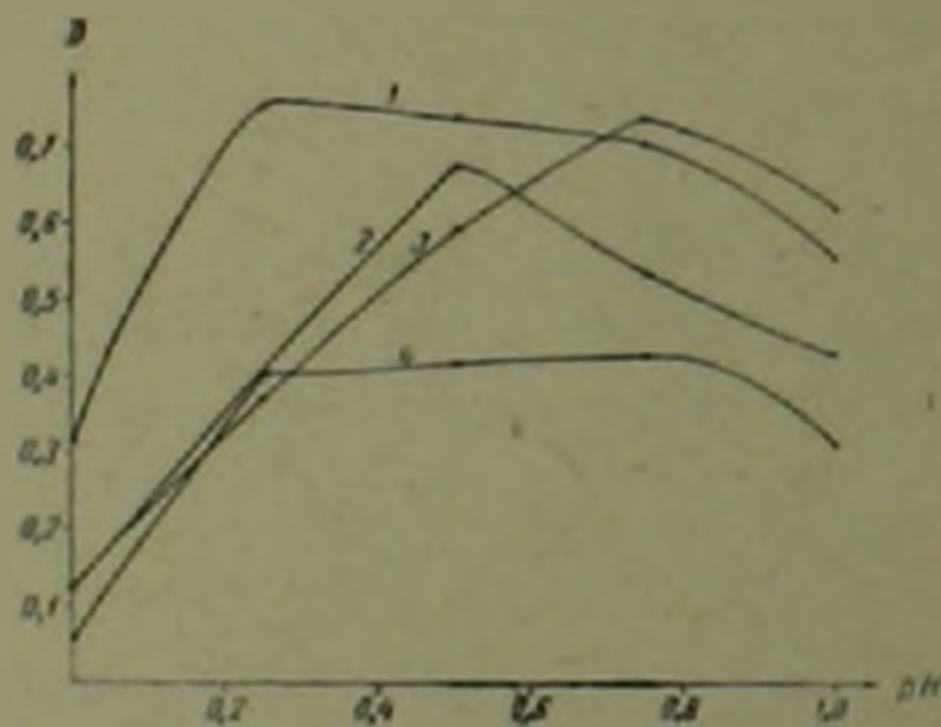


Рис. 1. Зависимость оптической плотности экстрактов хлоргаллата метилового зеленого от pH водной фазы. 1—бензол ($D_{10.1} = 0.275$); 2—этилацетат ($D_{10.1} = 0.585$); 3—бутилацетат ($D_{10.1} = 0.365$); 4—трихлорэтилен ($D_{10.1} = 0.375$) $[NaCl] = 5 M$, $[кр.] = 2 \cdot 10^{-4} M$.

$D_{10.1}$ приведено для максимального значения $D_{\text{дифференциального}}$

В этой связи, представлялось интересным исследовать возможности извлечения галлия основными красителями из водной фазы с относительно низкой концентрацией кислоты.

Для образования соответствующих ионных ассоциатов, в качестве основных красителей были использованы краситель трифенилметанового ряда—метилловый зеленый и тиазиновый краситель метиленовый голубой.

В работе применяли $1,43 \cdot 10^{-4}$ М запасной раствор хлорида галлия, который соответственно разбавлялся дистиллированной водой. Растворы красителей метилового зеленого и метиленового голубого готовили растворением навесок красителей в воде. Концентрацию хлор-иона регулировали добавлением хлорида натрия или хлорида лития. Органические растворители были марки «х.ч.» или «ч.д.а.» и дополнительной очистке не подвергались.

Оптическую плотность экстрактов измеряли на спектрофотометре СФ-4А, равновесные значения рН на потенциометре ЛПУ-01.

Трехкомпонентные соединения хлоргаллата с метиловым зеленым извлекали из водной фазы в интервале значений рН 0—1,0, при 5 М концентрации хлорида натрия различными органическими растворителями или их бинарными смесями. Из них наиболее эффективными оказались бензол, этилацетат, бутилацетат и трихлорэтилен (рис. 1).

Наивысшей оптической плотностью отличается бензольный экстракт соединения хлоргаллата с метиловым зеленым в интервале рН 0,25—0,5.

Для извлечения соединения хлоргаллата с метиленовым голубым наиболее пригодной оказалась бинарная смесь: дихлорэтан-бензол=1:1 в интервале значений рН 0—0,5 (рис. 2).

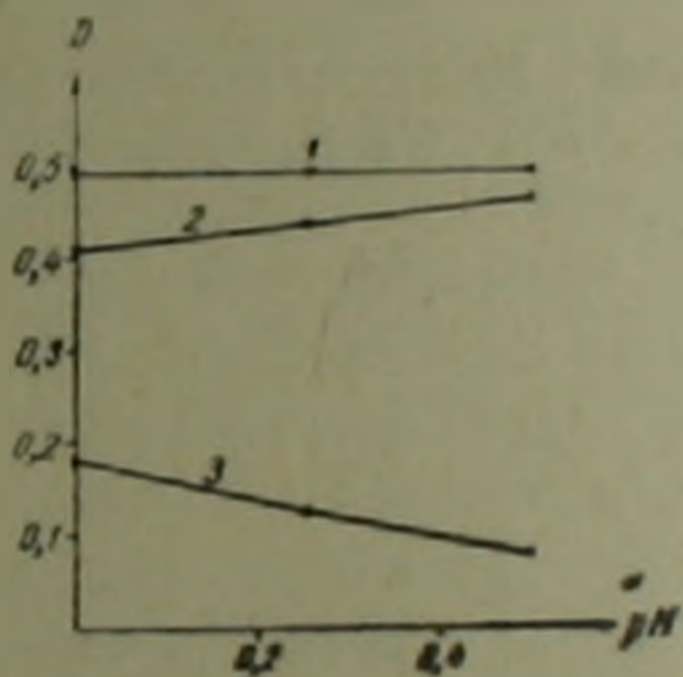


Рис. 2. Зависимость оптической плотности экстрактов хлоргаллата метиленового голубого от рН водной фазы: 1—дихлорэтан-бензол=1:1 ($D_{\text{х.о.л}} = 0,218$); 2—дихлорэтан-трихлорэтилен=1:1 ($D_{\text{х.о.л}} = 0,290$); 3—дихлорэтан-четырёххлористый углерод=1:1 ($D_{\text{х.о.л}} = 0,130$).

$D_{\text{х.о.л}}$ приведено для максимального значения $D_{\text{дифференциального}}$

На рис. 3 показаны спектры поглощения экстрактов хлоргаллата метилового зеленого при рН 0,25—0,5 (кривая 1) и метиленового голубого при рН 0—0,5 (кривая 2). Оба спектра совершенно аналогичны ранее полученным при высокой кислотности (6н НСl) (6.7) (рис. 3).

Далее было исследовано влияние концентрации хлор-иона на оптическую плотность экстрактов системы: галлий—хлор-ион—метиловый зеленый—бензол (рис. 4, а).

При этом концентрация хлор-иона регулировалась хлоридом натрия (рис. 4, а кривая 1). Одновременно, поскольку растворимость хлорида натрия не превышала 6М, пришлось для дальнейшего повышения концентрации хлор-иона, использовать хлорид лития, растворимость которого позволяла довести концентрацию адденда до 11,0 М (рис. 4, а, кривая 3)

и тем самым достичь заметно большего извлечения образующегося ионного ассоциата в органическую фазу. Достояна внимания и большая разница в значениях оптических плотностей экстрактов «холостых» (рис. 4, а кривые 2 и 4), которые в случае с хлоридом лития заметно ниже.

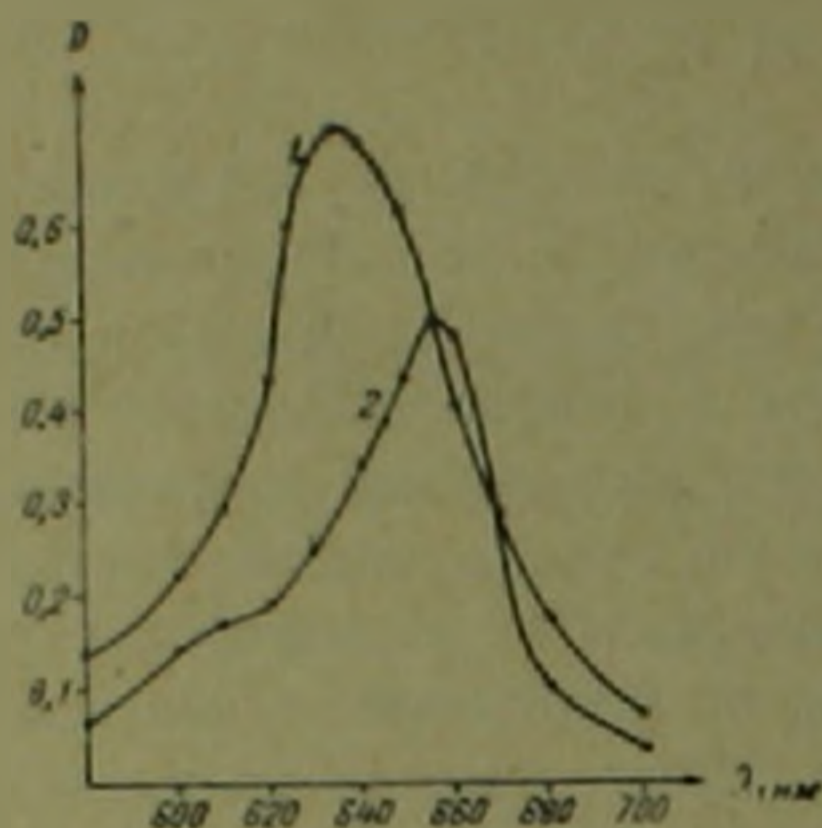


Рис. 3. Абсорбционные спектры ассоциатов галлия с метиловым зеленым (1— $\text{pH}=0,5$) и метиленовым голубым (2— $\text{pH}=0,25$). $[\text{GaCl}_4]^- = 7,15 \cdot 10^{-6}$ М. $[\text{NaCl}] = 5$ М.

Аналогично, при изучении системы: галлий—хлор-ион—метиленовый голубой-экстрагент (изообъемная смесь дихлорэтан-бензол), была отме-

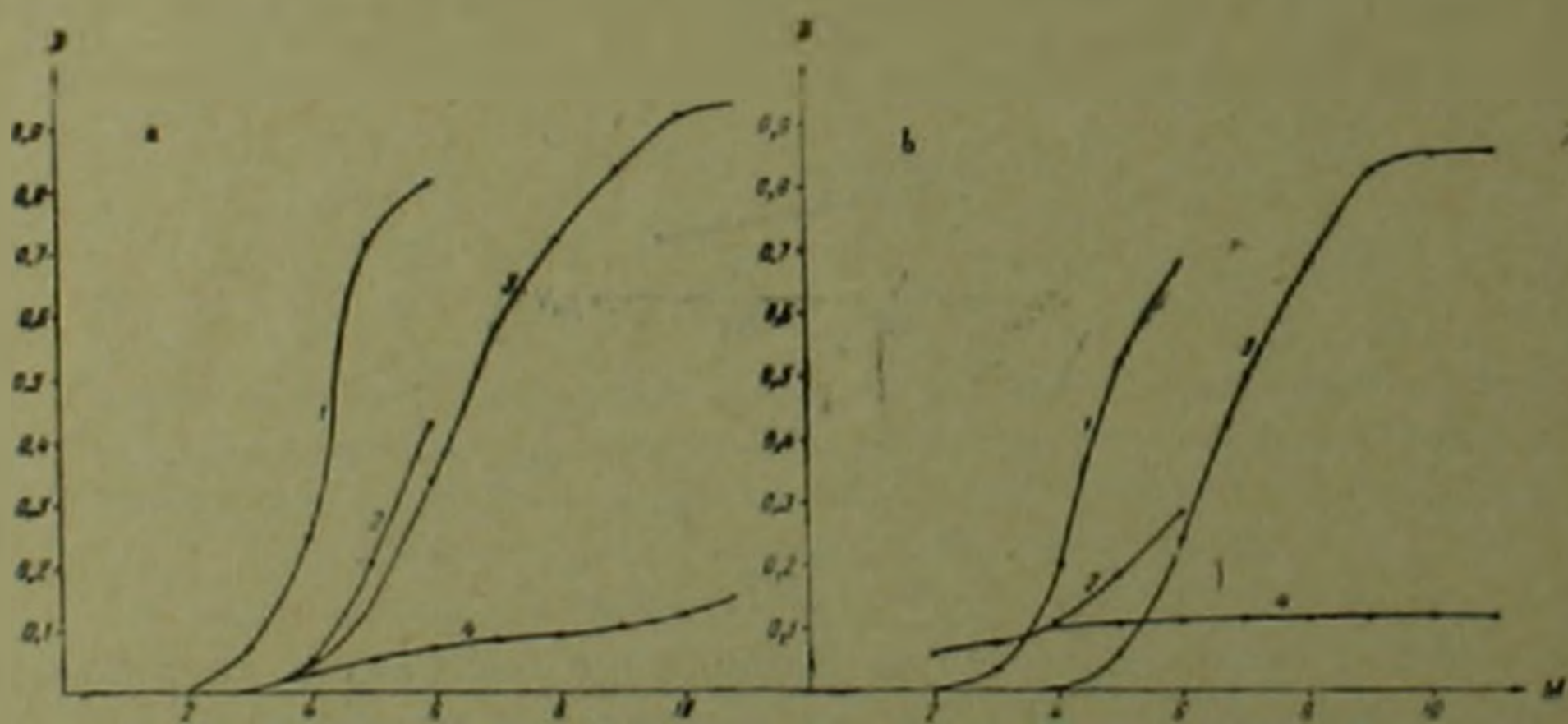


Рис. 4. Зависимость оптической плотности экстрактов от содержания хлорида в водной фазе. а— $[\text{кр.}] = 2 \cdot 10^{-4}$ М, метиловый зеленый, экстрагент-бензол, $\text{pH} = 0,5$; б— $[\text{кр.}] = 3 \cdot 1 \cdot 10^{-4}$ М, метиленовый голубой, экстрагент-дихлорэтан-бензол = 1:1, $\text{pH} = 0,25$. 1—дифференциальные значения оптической плотности (NaCl); 2—значения оптической плотности холостого опыта; 3—дифференциальные значения оптической плотности (LiCl); 4—значения оптической плотности холостого опыта

чена та же закономерность извлечения трехкомпонентного соединения (рис. 4, б, кривые 1 и 3) и соответствующей соли красителя (рис. 4, б кривые 2 и 4).

По-видимому, влияние добавления упомянутых солей, в особенности хлорида лития, может быть объяснено его высаливающим действием. Как известно, первой и наиболее важной функцией высаливателя является создание высокой концентрации комплексообразующего аниона, которая согласно закону действующих масс, увеличивает концентрацию анионного комплекса и таким образом способствует экстракции. Следующими факторами являются: связывание воды ионами высаливателя, а также уменьшение диэлектрической постоянной водной фазы с возрастанием концентрации соли, что способствует образованию ионных ассоциатов. Последнее хорошо подтверждается экспериментальными данными, а именно с повышением концентрации высаливателя возрастает оптическая плотность исследуемых экстрактов и соответственно значения кажущихся молярных коэффициентов погашения. Так, для экстракта метилового зеленого при бу концентрации $\text{HCl } \bar{\Sigma} = 10^5$ (1), а для метиленового голубого при той же кислотности $\bar{\Sigma} = 8,5 \cdot 10^4$. Соответственно при рН 0,25—0,5 для экстракта соединения метилового зеленого, $\bar{\Sigma} = 1,25 \cdot 10^5$ и для экстракта соединения метиленового голубого (рН 0—0,5) $\bar{\Sigma} = 1,2 \cdot 10^5$.

Молярные отношения компонентов катион красителя: хлоргаллат-ион, в образующихся соединениях были определены методами: изомолярных серий, сдвига равновесия и прямой линии Асмуса.

Во всех случаях результаты однозначны и искомое отношение оказалось равным 1 : 1. Состав анионного комплекса галлия был определен методом сдвига равновесия. При этом было установлено, что отношение иона галлия к хлор-иону в анионном комплексе равно 1 : 4. Последнее указывает на то, что реакционноспособным является GaCl_4^- -анионный комплекс. В отсутствие катионов красителей извлечение галлия теми же экстрагентами в органическую фазу, практически не имеет места.

Проверена также избирательность экстракции по отношению к железу (III), алюминию и цинку. Показано, что экстракция практически неосуществима в присутствии указанных ионов.

Из вышесказанного следует, что экстракцию галлия основными красителями проводят при высоких кислотностях не для предупреждения гидролиза, а для обеспечения избирательности.

Поэтому представляется интересным исследовать возможности повышения избирательности экстракции, что несомненно повысит практическое значение вышеописанного, более чувствительного варианта экстракционно-фотометрического определения галлия.

Ереванский государственный
университет

Հիմնային նեոկանյուրերի հետ էլոբգալատի էֆստրակցիայի վրա
թթվության ազդեցության ճաբցի շուբջր

Ուսումնասիրված է գալիումի էքստրակցիայի հնարավորությունը հիմնային ներկանյութերի՝ մեթիլային կանաչի (էքստրադենտ-րենզոլ, $pH=0,50$ և մեթիլենային կապույտի (էքստրադենտ—դիբլորէթան—րենզոլ= $1:1$, $pH=0,25$) հետ:

Ցույց է տրված, որ ջրային ֆազում բլորիդի ($NaCl$, $LiCl$) համապատասխան կոնցենտրացիայի ապահովումը գալիումի էքստրակցիայի պայման է ստեղծում նաև ցածր թթվության տակ, կիթումի բլորիդի կիրառությունը հնարավորություն է ստեղծում մեծացնելու գալիումի կորզումը ջրային ֆազից՝ հասարակ աղի հարաբերորեն ցածր կորզման դեպքում:

Բարձր ու ցածր թթվությունների տակ կորզվող միացություններն ունեն նույն բաղադրությունը, ինչը հաստատվում է կլանման սպեկտրների անալոզիայով և ներկանյութի կատիոնի նկատմամբ բլորգալատ անիոնի մոլային հարաբերության որոշմամբ:

Հավասարակշռության տեղաշարժի եղանակով որոշված է նաև գալիումի մոլային հարաբերությունը բլոր անիոնի նկատմամբ, իյն հավասար է $1:4$: Մոլային մարման թվացող գործակիցները հավասար են $\Sigma = 1,2 \cdot 10^5$ մեթիլենային կապույտ և $\Sigma = 1,25 \cdot 10^5$ մեթիլային կանաչ ներկանյութերի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

- ¹ Н. М. Неуманн, J. Amer. Chem. Soc., 76, 2611 (1954) ² Г. М. Дакар, Б. З. Иофа, А. Н. Несмеянов, «Радиохимия», № 5, 428, 1963 ³ Б. З. Иофа, Г. М. Дакар, «Радиохимия», № 6, 411, 1964. ⁴ В. А. Брюханов, Б. З. Иофа, С. И. Семенов, «Радиохимия», № 11, 362, 1969. ⁵ Г. М. Дакар, Б. З. Иофа, «Радиохимия», № 7, 125, 1965. ⁶ В. М. Тараян, Е. Н. Овсепян, А. Н. Погосян, «Заводская лаборатория», № 6, 656, 1970. ⁷ В. М. Тараян, Е. Н. Овсепян, А. Н. Погосян, «Арм. хим. журнал», т. 23, 996 (1970).

УДК 581.1

ГЕОЛОГИЯ

С. Б. Абовян

Интрузивные формации ультраосновных и основных пород офиолитовых поясов Армянской ССР

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. Т. Асламяном 4/X 1971)

Интрузивные формации ультраосновных и основных пород в пределах Армянской ССР приурочены к двум дугообразным офиолитовым поясам СЗ простирания—Севано-Амасийскому и Вединскому (Приараксинскому), являющихся продолжением соответственно Понтического и Таврического поясов Тавро-Кавказской геосинклинали Средиземноморской области, расположенной между Русской и Аравийской платформами.

Оба пояса входят в Складчатую зону Армении, причем Севано-Амасийский пояс располагается на ее СВ окраине, а Вединский—на ЮЗ, слагая соответственно Севанский и Вединский интрагеосинклинальные подзоны. Они характеризуются развитием интенсивной изоклиальной складчатости и попадают полностью в междвиговую полосу, так как ограничиваются с северной стороны от Сомхетско-Карабахской зоны «Главным надвигом» (Муровдагоким), а с южной—от Нахичеванской зоны—Даралагез-Хуступским надвигом. Плоскость первого надвига падает на СВ, а второго—на ЮЗ.

Указанные нарушения относятся к глубинным разломам, так как ограничивают различные геотектонические зоны, вдоль них развиты офиолитовые пояса с интенсивной изоклиальной складчатостью мощных вулканогенно-осадочных толщ и многочисленными интрузивами ультраосновных и основных пород, а также характеризуются наличием вдоль них гравитационных ступеней, обусловленных различной глубиной залегания поверхности Мохоровичича по обе стороны от разломов.

Севано-Амасийский пояс протягивается в виде узкой полосы вдоль СЗ части Армянской ССР на протяжении 200 км, а считая его продолжение на ЮВ в Азербайджанскую ССР—360 км. Этот крупный пояс с СЗ на ЮВ включает в себя три крупные группы массивов. 1) Базумскую; 2) Ширакскую; 3) Севанскую.

Вединский пояс расположен в ЮЗ части Армянской ССР и прослеживается в СЗ направлении параллельно Севано-Амасийскому. Протяженность пояса примерно—50 км, а включая Нахичеванскую АССР—

90 км. Большинство массивов ультраосновных и основных пород концентрируется в бассейне нижнего и, главным образом, верхнего течения р. Веди. В зависимости от расположения с запада на восток массивы можно разбить на следующие пять групп: 1) Дашлинскую; 2) Црдутскую; 3) Азизкентскую; 4) Армикскую; 5) Бяхчаджухскую.

По сравнению с массивами Севано-Амасийского пояса размеры массивов Вединского пояса весьма незначительные, но количество их превышает 100. В первом поясе размеры массивов колеблются от нескольких сот до 50—70 кв. км, преобладают массивы крупных размеров; во втором — от нескольких десятков до тысяч кв. м, реже достигая 1 кв. км, преобладают выходы небольших размеров.

По форме массивы ультраосновных и основных пород обоих поясов образуют узкие линзо-, дайко-, штоко- и пластообразные тела, вытянутые в СЗ направлении, согласно с общим простиранием вмещающих вулканогенно-осадочных пород. Последние представлены вулканогенными породами нижнего коньяка, вулканогенно-осадочными породами верхнего коньяка-сантона, известняками и мергелями кампана-маастрихта, песчаниками и известняками палеоцена — нижнего эоцена и вулканогенно-осадочными породами среднего эоцена.

Ультраосновные и основные породы в указанных массивах развиты в различных количественных соотношениях. В зависимости от их состава выделяются: 1) массивы, сложенные исключительно габбро; 2) массивы, сложенные габбро, иногда с незначительными участками габбро-диоритов, реже пироксенитов; 3) массивы, сложенные габбро с подчиненным количеством перидотитов; 4) массивы, сложенные габбро с подчиненным количеством перидотитов и кварцевых диоритов; 5) массив, сложенный кварцевым диоритом с подчиненным количеством перидотитов и габбро; 6) массив, сложенный плагиогранитом с подчиненным количеством габбро; 7) массивы, сложенные перидотитами с подчиненным количеством габбро и кварцевых диоритов; 8) массивы, сложенные перидотитами с подчиненным количеством габбро; 9) массивы, сложенные исключительно перидотитами.

Кварцевые диориты часто связаны постепенными переходами с габбро, а габбро — с ультраосновными породами (Джил-Сатанахачский, Восточно-Артанышский и др.). В этом случае, вероятно, имело место дифференциация и кристаллизация магматической расплава на месте (*in situ*), в результате чего образовались указанные породы. Наряду с такими взаимоотношениями наблюдаются также и резкие контакты и последовательное внедрение сначала ультраосновных пород, затем габбро и кварцевых диоритов с плагиогранитами. Здесь, по-видимому, имело место дифференциация первичной магмы на глубине.

По последовательности внедрения среди массивов различаются однофазные, двухфазные и трехфазные.

Подсчеты показывают, что средний состав первичной магмы, дифференциация и последующее внедрение которой дали породы указанных массивов, соответствует меланократовому оливиновому габбро или по-

левошпатовому перидотиту. Внедрение дифференцированных частей этой магмы имело многофазный характер и было обусловлено чередованием усиления и ослабления тектонических напряжений, действовавших в районе развития офиолитовых поясов. В целом схема развития интрузивного магматизма описываемых поясов представляется в следующем виде (табл. 1).

В ЮВ части Караиман-Зодского массива наблюдаются небольшие штокообразные тела кварцевых диорит-порфиритов, а еще КЮВ в районе сс. Джамили и Сейдляр обнажаются лакколиты диоритового состава. Эти породы имеют более молодой возраст и, вероятно, синхронны с крупными Далидагским и Шальва-Лачинским гранитоидными интрузивами, связанными с олигоценовым магматизмом.

Таблица 1

Схема развития интрузивного магматизма офиолитовых поясов Армянской ССР

Фазы внедрения	Интрузивные породы	Жильные породы
I	Перидотиты с небольшими линзо- и шпирообразными телами дунитов и пироксенитов, переходящие в полевошпатовые перидотиты, троктолиты и оливковые габбро	Пироксениты, дуниты
II	Габбро мезо-, реже меланократовые	Оливковые и роговообманковые габбро, габбро-порфириты, габбро-диабазы, диабазы, габбро-диориты, габбро-пегматиты, анортозиты
III	Габбро лейкократовые	Габбро-пегматиты, анортозиты
IV	Кварцевые диориты, плагиограниты	Плагиогранит-порфиры, микроплагиограниты, диорит-порфириты, плагиоанциты, слюдино-кварц-полевошпатовые пегматиты

Описываемые интрузивные породы характеризуются следующими главнейшими особенностями: 1) тесной пространственной и временной близостью всех интрузивных пород, слагающих массивы; 2) близостью условий и форм залегания интрузивных пород; 3) многофазностью внедрения пород, отличающихся часто сложными взаимоотношениями; 4) близостью состава пород, иногда наличием фацциальных переходов одной разновидности в другую; 5) закономерной направленностью в эволюции пород—от ультраосновных, через основные к средним и кислым; 6) близостью и родством пород, определяемых на основании общих осо-

бенностей их минерального состава, петрохимических и геохимических особенностей.

Приведенные данные позволяют объединить большинство интрузивных пород офиолитовых поясов в единый *габбро-перидотитовый комплекс* или *формацию*. Последняя, хотя и приближается к габбро-пироксенит-дунитовой формации по Ю. А. Кузнецову (1), но отличается от нее рядом особенностей: 1) незначительным развитием пироксенитовых и дунитовых фаций, составляющих примерно 10% ультраосновных пород; 2) существенно перидотитовым составом, составляющим 90% ультраосновных пород. Она отличается также и от гипербазитовой формации, для которой характерен существенно перидотитовый состав с резко подчиненным развитием габбро. Выделенная габбро-перидотитовая формация отличается почти одинаковым развитием габбро и перидотитов с незначительным преобладанием последних.

Если же сравнивать с альпинотипными и стратиформными комплексами, выделенными Т. П. Тайером (2), то исследованная габбро-перидотитовая формация обладает характерными особенностями обоих комплексов и занимает как бы промежуточное положение между ними. Указанным названием, в данном случае, подчеркиваются парагенетические отношения между главными типами пород формации, что также отмечается за рубежом для ряда альпинотипных габбро-перидотитовых комплексов (3).

Среди массивов габбро-перидотитовой формации нередко наблюдаются небольшие выходы древних метаморфических пород, вероятно, приподнятых массивами ультраосновных и основных пород в процессе их внедрения. На общем фоне интенсивного проявления тектонических процессов, близость метаморфического фундамента, по-видимому, послужила «жесткой плитой» и обусловила относительно спокойную тектоническую обстановку, чем объясняются особенности внутреннего строения и сходство с рядом расслоенных ультраосновных комплексов, характерных для платформенных областей.

Наряду с массивами, характеризующимися указанными выше особенностями, некоторые массивы, имея ряд общих черт, все же обнаруживают резкие различия. К этой группе относятся в Севано-Амасийском поясе Овунн-Полутлинские габбро-диоритовые, Лермонтовские габбровые, Красносельский габбро-диорит-габбровый, Западно-Шоржинский, Адатапинский, Западно- и Центрально-Артанышские габбровые массивы, а в Вединском поясе — Дашлинская группа габбровых массивов. От соответствующих пород габбро-перидотитовой формации они отличаются: 1) однофазным строением массивов, сложенных габбро и габбро-диоритами, характеризующихся однородностью и простотой петрографического состава; 2) структурными особенностями пород, характеризующихся исключительно габбро-офитовой и габбро-диабазовой структурами; 3) отсутствием габбро с переходами в оливниновые габбро, тоахтолиты и полевошпатовые перидотиты; 4) петрохимическими особенностями пород.

5) содержанием элементов-примесей и 6) количеством и качеством акцессорных минералов.

Перечисленные особенности показывают, что эти породы генетически не связаны с породами габбро-перидотитовой формации и позволяют выделить их в самостоятельный интрузивный комплекс с характерным габбро-диоритовым составом, хотя он расположен в одной и той же структурно-фацциальной зоне распространения офиолитов.

Совершенно обособленной как в генетическом, так и в возрастном отношении является третья группа интрузивных пород, представленная габбро-плагногранитами. Выходы их отмечены в виде мелких штоко- и дайкообразных тел к югу от Мумухан-Красарского и Джил-Сатанахачского массивов (на Сатанахачском перевале) и к северу от Карвимап-Зодского массива и др. Самый крупный выход этого комплекса наблюдается в бассейне р. Дали (СВ побережье оз. Севан) — Далинский габбро-плагногранитовый массив. В отличие от предыдущих двух комплексов для данной группы интрузивных пород характерны: 1) более древний — докампанский возраст; 2) существенно плагногранитовый состав с резко подчиненным развитием габбро, с которыми плагнограниты связаны постепенными переходами; 3) структурными особенностями пород — частым развитием катакластических структур, указывающих на их участие в последующих складкообразовательных движениях, происшедших на рубеже позднего мела и палеогена, в палеогене и неогене.

Указанный комплекс интрузивных пород, вероятно, является одно-возрастным с более ЮВ выходами ультрабазитов, расположенными в бассейнах рр. Тертер и Акера. Оба они прорывают коньяк-сантонские вулканогенно-осадочные отложения и трансгрессивно перекрываются известняками и мергелями кампана-маастрихта, имея в основании гальку названных интрузивных пород.

Таким образом, в пределах офиолитовых поясов Армянской ССР выделяется три самостоятельных интрузивных комплекса — габбро-перидотитовый, габбро-диоритовый и габбро-плагногранитовый. Из них наибольшее распространение имеет габбро-перидотитовый комплекс, значительно меньшее — габбро-диоритовый и незначительное — габбро-плагногранитовый. Первые два комплекса имеют посленижнеэоценовый доэоценовый, а третий — нижнесенонский-докампанский возраст. Учитывая наличие галек ультраосновных и основных пород в основании сеномана (в бассейне р. Тертер), можно говорить и о существовании досеноманского комплекса этих пород.

Интересно отметить различную металлогеническую роль выделенных комплексов. Если для габбро-перидотитового комплекса характерны месторождения и проявления хромита, платины, никеля, магнезита и асбеста и наложенные гидротермальные месторождения золота и ртути, то для габбро-диоритового комплекса характерны небольшие окарновые проявления титаномагнетита. Металлоносность габбро-плагногранитового комплекса не выяснена.

Эти различные магматические комплексы сосредоточены в одной

структурно-фациальной зоне и могут быть объединены в офиолитовые серии формаций (3). Последние представлены ассоциацией вулканогенно-осадочного (спилито-радиоляритового), габбро-перидотитового, габбро-диоритового и габбро-платигранитового комплексов.

Из вышензложенного вытекают следующие основные положения:

1) Офиолиты в Армянской ССР, как и во всем Земном шаре, имеют парное распространение и приурочены к глубинным разломам, ограничивающим Складчатую зону Армении с СВ и ЮЗ.

2) В пределах офиолитовых поясов наблюдаются разновозрастные интрузивные комплексы, указывающие на обновление глубинных разломов в течение истории геологического развития поясов.

3) Среди интрузивных формаций наибольшее распространение имеет габбро-перидотитовый комплекс, значительно меньшее — габбро-диоритовый и незначительное — габбро-плагногранитовый. По последовательности внедрения среди указанных комплексов наблюдаются однофазные, двухфазные и трехфазные массивы. Эти различные магматические комплексы сосредоточены в одной структурно-фациальной зоне и совместно с вмещающими их вулканогенно-осадочными породами объединены в офиолитовые серии формаций.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Ս. Բ. ԱՐՈՎՅԱՆ

Հայկական ՍՍՀ ուլտրաճիմֆային և ճիմֆային ինտրուզիվ ապարների օֆիոլիտային գոտիների ֆորմացիաները

Հայկական ՍՍՀ օֆիոլիտային գոտիները, ինչպես ողջ երկրագնդում, ունեն գույգ տարածում և հարում են խորքային իջվածքներին, սահմանափակելով Հայաստան ծայրային գոտին հարավ արևելքից և հարավ արևմուտքից:

Օֆիոլիտային գոտիների սահմաններում դիտվում են տարբեր հասակի ինտրուզիվ կոմպլեքսներ, որոնք ցույց են տալիս գոտիների երկրաբանական զարգացման պատմության ընթացքում խորքային խզվածքների վերականգնումը:

Ինտրուզիվ ֆորմացիաների շարքում ամենալայն տարածում ունեն գաբրո-պերիդոտիտային, գգալի նվաղ-գաբրո-դիորիտային և շնչին գաբրո-պլագիդրանիտային կոմպլեքսները: Նշված կոմպլեքսներում՝ ըստ ներդրման հերթականության դիտվում են մեկ, երկու և երեք ֆազանի զանգվածներ: Այս տարրեր մագմատիկական կոմպլեքսները կենտրոնացված են մեկ ստրուկտուրային-ֆացիալ զոնայում և շրջապատի նստվածքա-հրաբխածնային ապարների հետ միասին կազմում են օֆիոլիտային շարքի ֆորմացիաները:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Ч И Т А Т Е Л Ь С К И Е

- 1 Ю. А. Кузнецов, Главные типы магматических формаций, изд. «Недра», 1964 г. П. Табер, Тр. XXI междунар. геол. конгр., вып. II. Тектоника и петрография И. ИЛ, 1963 г. В. И. Довгаль, Ю. А. Кузнецов, Г. В. Поляков, «Геология и геофизика», № 10, 1964

УДК 550.4, 550.48, 549

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Ш. О. Амирян

Новое в минералогии и геохимии руд Арманисского золото-сульфидного месторождения

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Г. Магакьяном 6/IX 1971)

Арманисское месторождение золото-сульфидных руд находится в Чкнах-Базумском рудном районе Армянской ССР.

В геологическом строении месторождения участвуют вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования мела, эоцена и плиоцена, которые слагают брахиантиклинальную складку северо-западного простирания. В ядре складки вскрываются сильно хлоритизированные, пиритизированные и эпидотизированные порфириды, их туфы и туфобрекчии.

Рудная минерализация в виде жил и зон прожилково-вкрапленной минерализации приурочена к гидротермально измененным порфиридам, их туфам и туфобрекчиям.

По взаимным пересечениям и минеральному составу среди жил и прожилков выделяются: ранние безрудные кварцевые, пирит-халькопиритовые, полисульфидные, сфалерит-галенитовые и поздние кварц-карбонатные.

В структурном отношении жилы и прожилки приурочены к трещинам северо-восточного простирания, которые падают по азимуту 310—350° под углом 50—80°.

Ранняя дорудная минерализация представлена белым и фиолетовым кварцем, нередко удлиненно-призматического габитуса. Мощность таких жил составляет до 20 см.

Пирит-халькопиритовая минерализация представлена жилами, прожилками и зонами брекчирования, смятия и изменения пород с оруденением, в основном, пирита и халькопирита.

В составе пирит-халькопиритовых руд кроме пирита, халькопирита, сфалерита, марказита и галенита, нами впервые установлены саффорит, висмутин, самородное золото, тетрадимит и алтант.

Пирит-халькопиритовые жилы небольшого простирания (десятки метров) и мощности (до 10—15 см). В них установлено повышенное содержание золота, серебра, висмута и кадмия.

Полисульфидная (полиметаллическая) минерализация представлена жилами и прожилками пирита, халькопирита, галенита, сфалерита и золота. Этот тип минерализации приурочен к трещинам разрыва, которые на небольшом расстоянии выклиниваются. Мощность полиметаллических жил в раздувах доходит до 20 см.

По содержанию благородных и редких металлов этот тип является одним из наиболее продуктивных.

Галенит-сфалеритовая минерализация проявляется реже, чем предыдущие. Представлена она жилами и прожилками крупнозернистого галенита и светло-коричневого сфалерита. В составе свинцово-цинковых руд кроме сфалерита и галенита в резко подчиненном значении находятся также пирит, халькопирит и золото. В раздувах мощность галенит-сфалеритовых жил доходит до 0,5 м.

Галенит-сфалеритовые руды характеризуются повышенным содержанием серебра, висмута и кадмия.

Поздняя кварц-карбонатная минерализация имеет повсеместное развитие. Представлена она невыдержанными прожилками кварца и кальцита, пересекающих все описанные типы руд.

Минеральный состав руд. Детальными исследованиями в рудах месторождения установлены следующие гидротермальные минералы: пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, марказит, висмутин, саффлорит, алтаит, кварц, самородное золото, тетрадимит, кальцит, которые отлагались в различных стадиях рудного процесса.

Самородное золото установлено нами в пирит-халькопиритовых и полисульфидных рудах в виде золотинок размером 0,001—0,01 мм. В редких случаях встречается также в свинцово-цинковых рудах.

Самородное золото находится в полях ассоциирующих с ним всех минералов. Отложение золота после всех минералов обусловило приуроченность его к полям всех более ранних минералов. Оно часто встречается в халькопирите, пирите, сфалерите, галените, висмутине и кварце. Золото образует тонкие прожилочки и включения в порах и трещинах ассоциирующих минералов, или же в промежутках их зерен. Формы золотинок в основном изометрические, но встречаются также неправильные, удлиненные и другие.

Минеральная форма нахождения золота обусловила весьма неравномерное распределение его в рудных телах. Местами в них содержание золота составляет до 120—130 г/т. Такие участки рудных тел чередуются с участками, где обычно наблюдаются следы золота.

Золото бледно-желтого цвета и от HNO_3 слегка протравливается. Золото-серебряное отношение составляет 1:8. Высокие концентрации золота сопровождаются высокими содержаниями серебра. Все сказанное доказывает низкопробность золота. Конечно, часть серебра находится в сульфидах в виде изоморфной примеси.

Пирит является главным минералом пирит-халькопиритовых руд. Представлен зернистыми агрегатами и кристаллическими зернами в фор-

ме куба и пентагон-додекаэдра. Размер зерен колеблется от 0,5 до 10 мм. Среди всех сульфидов является самым ранним образованием.

Халькопирит встречается во всех минеральных типах руд, но большое количество находится в пирит-халькопиритовых жилах, где он в виде крупнозернистых агрегатов цементирует пирит, кварц и обломки пород. В виде редких пойкилитовых включений находится в сфалерите.

Выделение халькопирита происходило после пирита и сфалерита, а в свинцово-цинковых рудах—после галенита. Халькопирит часто встречается с висмутином, тетрадимитом и саффлоритом, и содержит включения золота.

Сфалерит является главным минералом полиметаллических и свинцово-цинковых руд. В подчиненном количестве встречается также в пирит-халькопиритовых рудах. В полиметаллических и пирит-халькопиритовых рудах сфалерит темно-бурого цвета, а в свинцово-цинковых, светло-коричневого, светло-смолистого. В первых типах руд он мелкозернистый, а в последнем наоборот. Светлые разновидности сфалерита лишены пойкилитовых включений халькопирита и содержат больше кадмия, чем темные.

Галенит является существенным компонентом полиметаллических (полисульфидных) и свинцово-цинковых руд. В первых рудах он мелкозернистый, а во вторых — крупнозернистый. Здесь кристаллы галенита размером 2—3 см. Галениты являются поздними образованиями и характеризуются повышенным содержанием висмута и серебра.

Марказит образует мелкозернистые агрегаты. Нередко удлиненно-призматические зерна длиной 2—3 см образуют радиально-лучистые и перистые агрегаты. Часть марказита является вторичным образованием.

Саффлорит встречается спорадически в пирит-халькопиритовых рудах. Образует мелкозернистые агрегаты в полях халькопирита или вокруг его зерен и агрегатов.

Саффлорит образовался после халькопирита, но до висмутина, тетрадимита, алтанта и золота.

Содержание кобальта в пирит-халькопиритовых рудах, содержащих саффлорит, составляет 0,3%, а в остальных 0,001—0,003%.

Висмутиин установлен впервые в пирит-халькопиритовых рудах, где он тесно ассоциирует с тетрадимитом, золотом и алтантом. Висмутиин образует довольно крупные выделения и зернистые агрегаты. Размер агрегатов доходит до 1—2 мм.

Пирит, халькопирит, саффлорит, сфалерит замещаются висмутином, а сам он замещается золотом, тетрадимитом и алтантом.

Тетрадимит встречается редко в пирит-халькопиритовых рудах, где образует выделения размером 0,005—0,01 мм. Он тесно срастается с висмутином, алтантом и халькопиритом.

В рудах, содержащих тетрадимит и алтант, содержание теллура доходит до 100—300 г/т.

А л т а и т встречается очень редко в той же ассоциации, что и тетрадимит. Он представлен выделениями размером 0,001 мм.

Высокая концентрация серебра в рудах описанной ассоциации и распространенность гессита в этой ассоциации минералов в других золоторудных и сульфидных месторождениях Армянской ССР позволяет предположить наличие гессита и на Арманисском месторождении, который в силу недостаточности материалов, пока не обнаружен*.

К в а р ц является наиболее распространенным жильным минералом. Он образует самостоятельные безрудные жилы и прожилки и проявляется в ассоциации рудных минералов. Встречается белый сахаровидный и фиолетовый (аметист) кварц. Образует шестоватые кристаллические и массивные агрегаты, которые в рудных жилах цементируются сульфидами. Кварц в виде хальцедона участвует также в гидротермальном изменении (окварцевании) пород.

К а л ь ц и т встречается совместно с кварцем в рудных и поздних безрудных жилах и прожилках. Имеет подчиненное значение.

Геохимическая характеристика руд. По минеральному составу и условиям образования Арманисское месторождение относится к золото-сульфидной формации руд, чем и обусловлены его геохимические особенности.

Характерной геохимической особенностью руд является обогащенность их медью, свинцом, цинком, золотом, серебром, висмутом, кобальтом, ртутью и кадмием; сравнительная бедность их сурьмой мышьяком, селеном, теллуром, галлием, кальцием, магнием, марганцем и отсутствие (или весьма низкое содержание) хрома, ванадия, молибдена, никеля, титана и индия.

Из перечисленных элементов медь образует повышенные и высокие концентрации в пирит-халькопиритовом и полисульфидном минеральных типах руд, свинец и цинк—полисульфидных и галенит-сфалеритовых, золото—в пирит-халькопиритовых и полисульфидных, а серебро, висмут и кадмий—во всех трех отмеченных типах руд. По содержанию селена и теллура в первом ряду стоят пирит-халькопиритовые руды, где установлены теллуриды висмута и свинца. Остальные рудообразующие и редкие элементы не характерны для руд и в настоящее время интереса не представляют.

Обобщая вышесказанное можно заключить:

а) Арманисское месторождение принадлежит к золото-сульфидной (умеренно-сульфидной) формации руд, с несложным минеральным составом;

б) рудообразование происходило в последовательности кварцевой, пирит-халькопиритовой, полисульфидной, галенит-сфалеритовой и кварц-карбонатной стадий минерализации;

* После сдачи статьи в печать, дополнительный просмотр новых материалов позволил обнаружить не только гессит, но и самородное серебро в ассоциации золота, алланта, тетрадимита, висмутитина и сафлорита в пирит-халькопиритовых рудах.

в) для золота важными являются пирит-халькопиритовые и полисульфидные руды, для серебра, вместе с тем и галенит-сфалеритовые, а для висмута и кадмия все три типа;

г) среди описанных выше элементов, помимо главных рудообразующих элементов, при наличии соответствующих запасов руд интерес могут представить также серебро, висмут и кадмий.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Շ. Հ. ԱՄԻՐՅԱՆ

Նորը Արմանիսի ոսկի-սուլֆիդային հանքավայրի միներալոգիայում և գեոֆիզիայում

Կատարված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ Արմանիսի հանքավայրը պատկանում է ոսկի-սուլֆիդային հանքային ֆորմացիային: Նրանում հանքային պրոցեսներն ընթացել են հինգ հաջորդական փուլերով՝ մինչ հանքային կվարցային, պիրիտ-խալկոպիրիտային, բազմամետաղ, գալենիտ-սֆալերիտային և հետհանքային կվարց-կարբոնատային:

Հանքանյութերում հայտնաբերված են մի շարք նոր միներալներ՝ քնածին ոսկի, քնածին արծաթ, բիսմութին, տետրադիմիտ, ալթաիտ, սաֆլորիտ և ուրիշները, որոնցից առաջին երեքն ունեն արդյունաբերական նշանակություն:

Պարզված է, որ ոսկու համար կարևոր նշանակություն ունեն պիրիտ-խալկոպիրիտային և բազմամետաղ հանքանյութերը, իսկ արծաթի, բիսմութի և կադմիումի համար նշված երկուսը և նրանց ավելացրած գալենիտ-սֆալերիտայինը:

УДК 577.16/17

БИОХИМИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР А. А. Галоян, Т. Х. Марукян

О наличии двух коронарорасширяющих веществ в митохондриях
 гипоталамуса

(Представлено 23/VI 1971)

В 1961 году нами были выделены бумажной хроматографией два коронарорасширяющих гормона из гипоталамо-нейрогипофизарной системы животных (1). В дальнейшем удалось разработать методы выделения этих гормонов колоночной хроматографией на сефадексах и ионообменниках (2-4). Изучены некоторые физико-химические свойства вышеуказанных гормонов, условно обозначенных веществами К и С. Они являются соединениями, содержащими аминокислоты и ультрафиолет-поглощающее вещество (5). Было показано, что эти вещества выделяются из мозга в кровь и в комбинации с белками крови транспортируются, по-видимому, к сердцу. Из района коронарных сосудов удалось экстрагировать коронарорасширяющее вещество, которое по своим физико-химическим и биологическим свойствам весьма сходно с веществом К. Все эти данные свидетельствуют о том, что в гипоталамусе (в нейросекреторных ядрах) вырабатываются особые гормоны, регулирующие сердечное кровообращение.

Как показали наши исследования, о гормональной природе этих веществ свидетельствует тот факт, что они цементируются в липопротеидном комплексе нейросекрета. Путем дифференциального центрифугирования гомогенатов гипоталамуса в градиенте плотности сахарозы выделили нейросекреторные гранулы, содержащие коронарорасширяющие вещества К и С. Представляет большой интерес выяснить место синтеза этих гормонов в нейронах гипоталамуса. Поэтому в настоящем исследовании мы задались целью изучить субклеточное распределение веществ К и С в гипоталамусе.

Субклеточные фракции получали методом дифференциального центрифугирования гомогената. Гипоталамусы крупного рогатого скота и крыс гомогенизировали с 9 объемами 0,25 М раствора сахарозы. Все этапы фракционирования производили на холоду (0°—4°). Ядерную фракцию получали центрифугированием гомогената при 1300×g в течение

10 мин. Митохондриальную фракцию осаждали при 18–20000Xg в течение 20 мин. Чистоту митохондриальной фракции проверяли фазо-контрастным микроскопом.

Отдельные субклеточные фракции гомогенизировали стеклянным гомогенизатором в растворе 0,25% уксусной кислоты с температурной обработкой (80°–90°) в течение 20 мин. Полученный экстракт центрифуги-

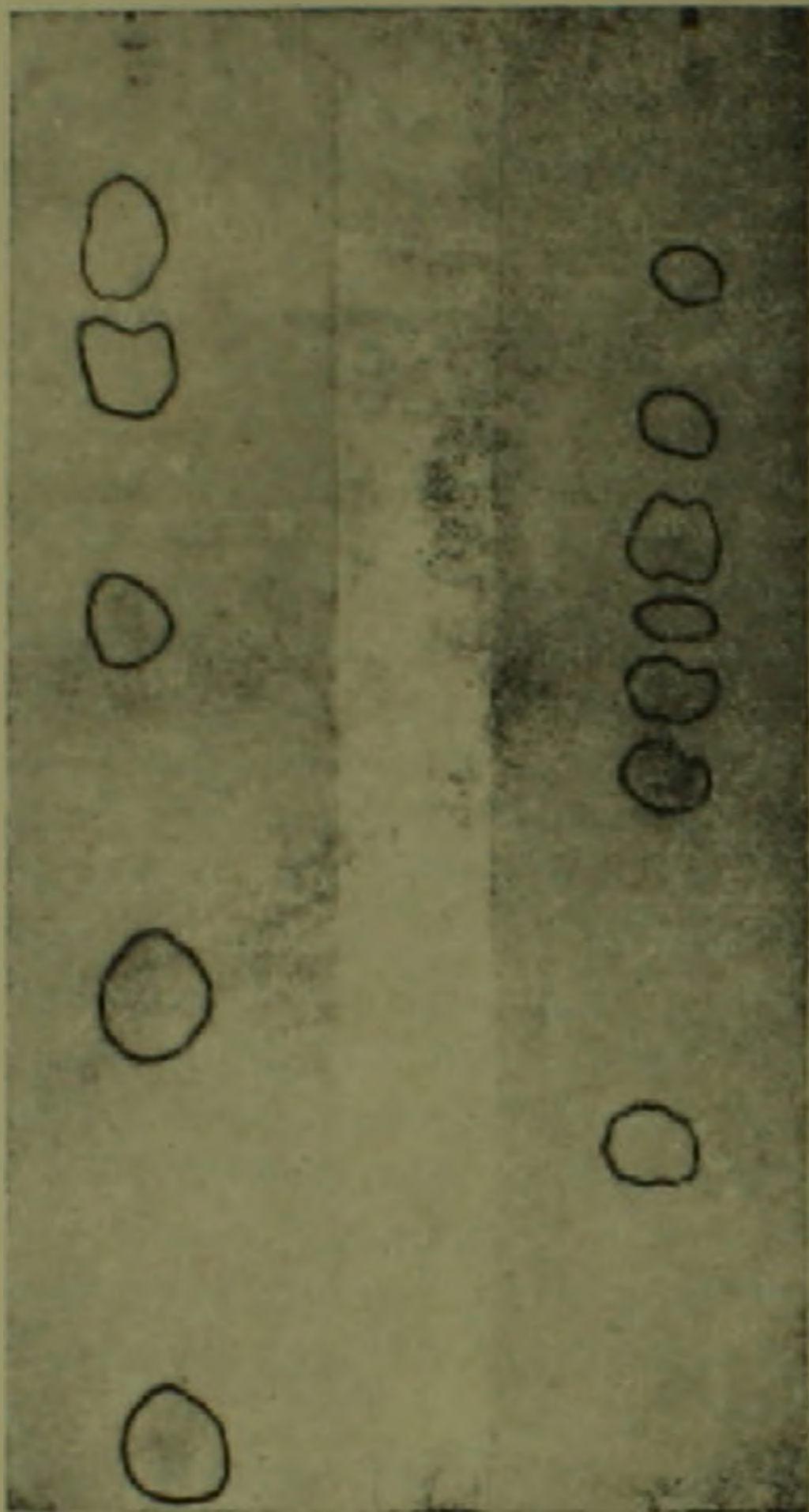


Рис. 1. Хроматограмма различных фракций, выделенных из митохондрий гипоталамуса. 1 – крупный рогатый скот, 2 – крыса

гировали при 5000 об./мин в течение 20 мин. Разделение веществ производили распределительной нисходящей хроматографией на бумаге FN-11 в системе растворителей бутанол–уксусная кислота–вода (4:1:5). Коронарный отток измеряли по методу Моравитца и Цана в модификации Н. В. Кавериной⁽⁶⁾, принцип которого состоит в измерении количества крови, оттекающей из коронарного синуса за единицу времени.

На рис. 1 показано хроматографическое разделение веществ из митохондриальной фракции гипоталамуса. Экстракцией 0,25%-ой уксусной

кислотой и бумажной хроматографией удается выделить 5—7 нингидрин-положительных фракций. Нетрудно заметить, что 3, 5, 6, 7 фракции митохондрий крыс отсутствуют в митохондриях крупного рогатого скота, а в митохондриях крупного рогатого скота имеются две фракции—4, 5, которые отсутствуют в митохондриях крыс. Это свидетельствует, по-видимому, о некоторой специфичности химизма митохондрий различных животных.

Были испытаны отдельно элюаты (физиологическим раствором) всех хроматографических фракций на коронарное кровообращение, которые вводили кошкам внутривенно и измеряли количество крови, оттекающей из коронарного синуса за единицу времени. Опыты показали, что в митохондриях крыс и крупного рогатого скота обнаруживаются две активности, коэффициенты распределения которых соответствуют коэффициентам распределения веществ *K* и *C* (0,35 и 0,15 соответственно).

Таблица 2
Увеличение количества крови, оттекающей из венозных сосудов сердца за единицу времени после введения фракций, выделенных из митохондрий гипоталамуса, %

Фракция 1 (Rf 0,15)	Фракция 2 (Rf 0,35)
64	80
37	27
133	50
83	80
60	120
100	
127	
86,6±1,1	71,4±1,9

В табл. 2 приведены данные увеличения количества крови, оттекающей из венозных сосудов сердца за единицу времени после внутривенного введения кошкам соответствующих фракций. Обе фракции статистически достоверно увеличивают (86,6% ± 1,4 и 71,4% ± 1,9) отток крови, оттекающей из венозных синусов сердца по отношению к норме. Эффект продолжается более 2-х часов и за весь период эксперимента не наблюдается заметных изменений кровяного давления.

Хроматографические фракции с такими же коэффициентами распределения, выделенные из ядерной фракции гипоталамуса не обладали коронарорасширяющей активностью.

Эти предварительные данные свидетельствуют о наличии в митохондриях двух коронарорасширяющих соединений, которые, по-видимому, являются веществами *K* и *C*, выделенными из гипоталамуса различных

животных. Вероятно, митохондрии являются местом синтеза указанных веществ.

Задача дальнейших исследований—выяснение физико-химических свойств коронароактивных соединений, выделенных из митохондрий и установление их полной идентификации с веществами К и С соответственно.

Институт биохимии
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ԲԳՐԱԿԻԳ-անդամ Ա. Ա. ԳԱԼՈՅԱՆ, Թ. Խ. ՄԱՐՈՒԲՅԱՆ

Հիպոթալամուսի միտոքոնդրիաներում սրտի պսակաձև անոթները լայնացնող երկու նյութերի առկայության մասին

Նախորդ հետազոտություններում նշված է հիպոթալամո-նեյրոհիպոֆիզար համակարգությունից սրտի պսակաձև անոթների վրա ներգործող երկու նեյրոհորմոնների անջատման մասին: Պարզվել է, որ նրանք գտնվում են հիպոթալամուսի նեյրոսեկրետոր գրանուլաների կազմում:

Սույն հետազոտությամբ խնդիր էր դրված պարզելու նշված նեյրոհորմոնների առաջացման տեղը ենթաբջջային մասնիկներում: Հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ հիպոթալամուսի միտոքոնդրիալ ֆրակցիայում առկա են երկու նյութեր, որոնք ունեն սրտի պսակաձև անոթները լայնացնելու հատկություն և թղթային բրոմատոգրաֆիայի եղանակով անջատելիս ունեն տեղաբաշխման նույն գործակիցը, ինչոր վերը նշված նյութերը: Կորիզային ֆրակցիայում այդ նյութերը բացակայում են:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ А. А. Галоян, ДАН Арм. ССР, т. 34, № 3, 109 (1962). ² А. А. Галоян, Вопросы биохимии мозга, т. 3, 291, 1967. ³ А. А. Галоян, Р. А. Захарян, Дж. К. Демирчян, ДАН Арм. ССР, т. 52, № 2, 106 (1971). ⁴ Р. А. Захарян, Дж. К. Демирчян, А. А. Галоян, «Биологический журнал Армении», т. 24, № 4, 85 (1971). ⁵ А. А. Галоян, ДАН Арм. ССР, т. 48, № 5, 284 (1969). ⁶ Н. В. Каверина, Фармакология и токсикология, 1, 39, 1958.

УДК 631.8

АГРОХИМИЯ

Б. Н. Аствацатрян

Фосфатный потенциал бурых почв полупустынной зоны Армении

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 20/VII 1971)

Доступность питательных элементов почвы растениям оценивается обычно количеством данного элемента, перешедшего в воду, раствор кислоты, щелочи или соли. Однако не всегда количество ионов, перешедших в вытяжку отражает действительную картину обеспеченности почвы питательными элементами. В последние годы оценка доступности питательных элементов проводится определением уровня энергии, с которой почва удерживает их. Физико-химическая способность труднорастворимых почвенных фосфатов отдавать фосфат ион в почвенный раствор есть энергия или потенциал данного иона.

При определении фосфатного потенциала надо руководствоваться произведением активности преобладающего катиона на активность аниона H_2PO_4^- . Для карбонатных и насыщенных основаниями почв этот катион— Ca^{2+} , для почв насыщенных полуторными окислами— Al^{3+} или Fe^{3+} и т. д.

Определение фосфатного потенциала бурых почв полупустынной зоны Армянской ССР проводилось на вегетационных и длительных полевых опытах. Вегетационные опыты ставились на карбонатных и бескарбонатных почвах различной степени окультуренности. Длительные полевые опыты также проводились на карбонатных (14 лет) и бескарбонатных (8 лет) разностях. Для вегетационных опытов использовались сосуды Митчерлиха, вмещающие 4 кг почвы. Вносились следующие дозы фосфора на 1 кг почвы: 100, 400, 2000, 4000 мг. Опытной культурой был яровой ячмень Nutans. В полевых опытах высевалась озимая пшеница Арташати-42 (карбонатные разности), Эритролеукон-12 и безостая-1 (бескарбонатные). Для определения фосфатного потенциала пользовались 0,01 М раствором CaCl_2 .

Исследования показали (1, 2), что величина фосфатного потенциала, вычисленного по монофосфат иону расходится с данными опытов по удобрению фосфором, в то время как учет концентрации моно- и дифосфат ионов дает более достоверные результаты.

Для бурых почв Армении, в которых преобладают дифосфаты кальция (3), пересчет концентрации фосфора проводили по моно- и дифосфат ионам. В почвенной вытяжке определялись рН, Ca^{2+} и P_2O_5 . Фосфатный потенциал вычисляли по Ульриху (4). Фосфатный потенциал равен сумме отрицательных логарифмов активностей ионов Ca^{2+} и H_2PO_4^- . По Аслингу фосфатный потенциал равен $\text{p}(\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HPO}_4^{2-}) + 0,5 \text{pCa}$. Активность ионов H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} вычислялась по формулам:

$$a_{\text{H}_2\text{PO}_4^-} = \frac{cP a_{\text{H}} f_2}{K + a_{\text{H}} \frac{f_1}{f_2}}, \quad a_{\text{HPO}_4^{2-}} = \frac{cP K f_1}{a_{\text{H}} + K \frac{f_1}{f_2}},$$

где cP —концентрация фосфат ионов в растворе, H —активность водородного иона, f_1 и f_2 —коэффициенты активностей моно- и дифосфат ионов, K —вторая константа диссоциации фосфорной кислоты, равная $6,2 \cdot 10^{-8}$.

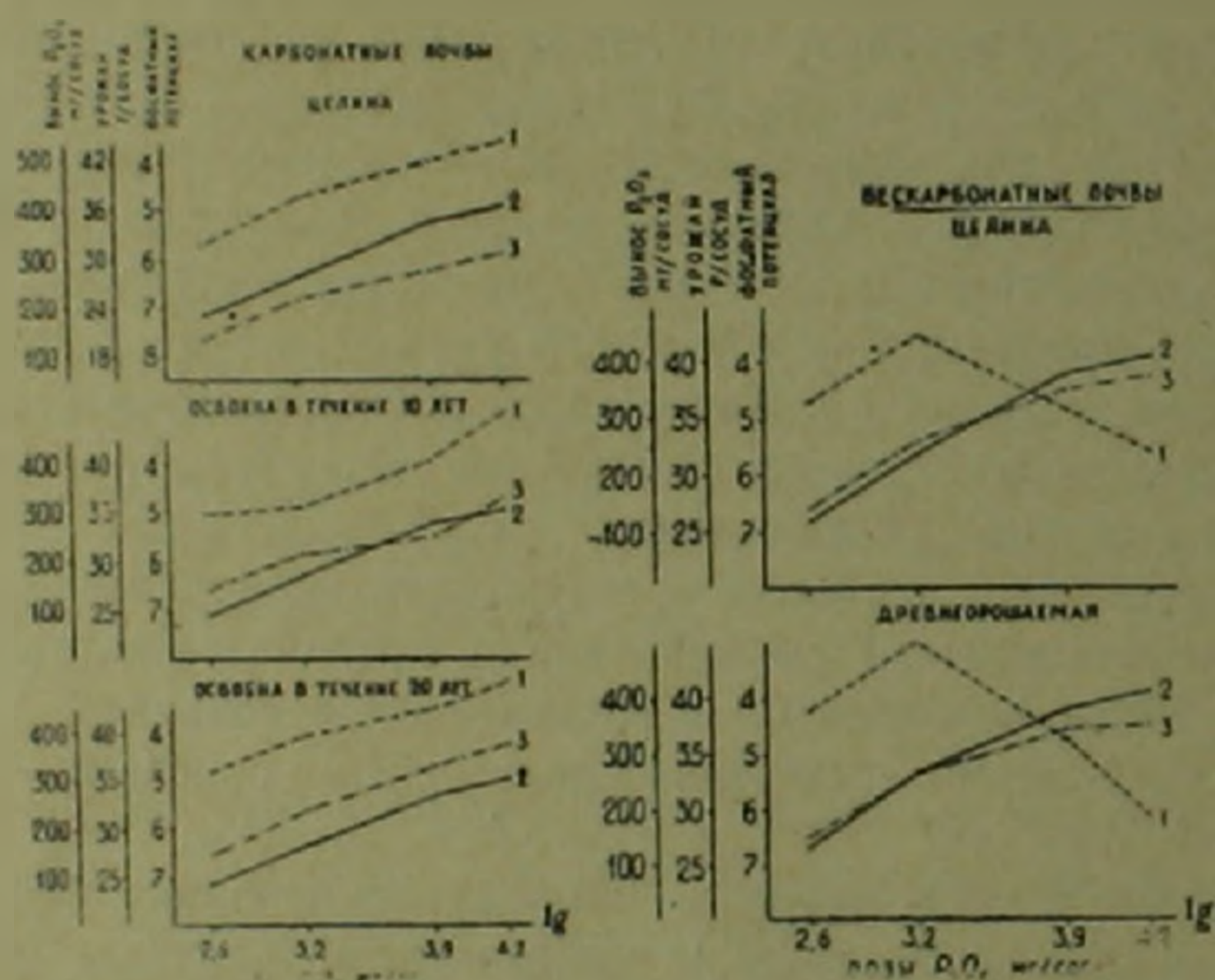


Рис 1 Урожай, фосфатный потенциал и вынос P_2O_5 . 1—урожай г/сосуд. 2—фосфатный потенциал; 3—вынос P_2O_5 мг/сосуд

Сопоставление данных урожая и выноса P_2O_5 с фосфатным потенциалом почв (рис. 1) показало, что для карбонатных разностей они хорошо согласовываются. Для бескарбонатных разностей хорошо согласовываются величина фосфатного потенциала и вынос P_2O_5 с урожаем и неполностью с количеством урожая. Это говорит о том, что вынос фосфора урожаем соответствует количеству энергии, затрачиваемой на переход фосфат ионов из твердой фазы в жидкую. Исследования показали (табл. 1), что в длительных опытах, проведенных на карбонатных разностях, фосфатный потенциал весьма низкий в вариантах без внесения фосфорных удобрений. Многолетнее внесение фосфорных и органических удобрений в сочетании с азотными и калийными заметно улучшило ре-

жим доступного фосфора о чем свидетельствует увеличение фосфатного потенциала бурых карбонатных почв.

Таблица 1

Фосфатный потенциал бурых почв Армении при многолетнем удобрении

Варианты	pH	0,5pCa	pH—0,5pCa	ср. моль/г. 10 ⁻⁶	p(H ₂ PO ₄ ⁻ + HPO ₄ ²⁻) по Asling	0,5pCa + p(H ₂ PO ₄ ⁻ + HPO ₄ ²⁻)	Средний много-летний урожай ц/га
бескарбонатная, староорошаемая (Эчмиадзин)							
Без удобрения	7,1	1,18	5,92	1,25	5,22	6,40	19,3
N ₉₀	6,7	1,19	5,51	1,36	5,21	6,40	26,3
P ₉₀	7,0	1,18	5,82	7,72	4,29	5,47	23,8
N ₉₀ P ₉₀	6,9	1,18	5,72	7,73	4,28	5,36	28,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,1	1,17	5,93	7,34	4,30	5,47	27,1
Навоз 20 т.	7,1	1,16	5,94	8,92	4,22	5,38	28,1
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + навоз 20 т.	6,9	1,18	5,72	6,81	4,31	5,49	28,0
карбонатная, орошаемая (Паракар)							
Без удобрения	7,4	1,16	6,24	1,18	6,13	7,29	10,6
N ₉₀	7,2	1,17	6,03	1,21	6,10	7,27	17,3
N ₉₀ P ₉₀	7,3	1,19	6,11	2,90	5,79	6,98	18,5
Навоз 20 т.	7,1	1,15	5,95	3,40	5,70	6,85	17,7
N ₉₀ P ₉₀ + навоз 20 т.	7,1	1,16	5,94	2,50	5,82	6,98	20,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	7,2	1,18	6,02	3,00	5,78	6,96	21,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + навоз 20 т.	7,1	1,17	5,93	2,90	5,79	6,96	23,1

На бескарбонатной почве многолетнее внесение органических и минеральных удобрений оказало весьма существенное влияние на увеличение фосфатного потенциала.

Таким образом, показатель фосфатного потенциала является весьма чувствительным индексом, дающим значительно лучшее представление о состоянии почвенного фосфора и ежегодно вносимого в почву фосфорного удобрения.

Армянский научно-исследовательский институт земледелия

Р. В. ԱՍՏՎԱԾԱՏՐՅԱՆ

Հայաստանի գորշ հողերի ֆոսֆատային պոտենցիալը

Վերջին տարիներում մատչելի սննդատարրերի գնահատականը տրվում է ներգրիայի մակարդակի որոշմամբ, որով հողը կապում է նրանց իրեն հետ ինքնաբերական հողային ֆոսֆատների ֆիզիկա-քիմիական հատկությունը

փոխանցել ֆոսֆատ իոնը հողային լուծույթին արտահայտում է տվյալ իոնի
իներգիան կամ նրա պոտենցիալը:

Հայաստանում նման հետազոտություններ չեն կատարվել: Այս հաղորդ-
ման մեջ ամփոփված են այդ ուղղությամբ առաջին հետազոտման տվյալները:

Հետազոտությունները, որոնք տարվել են բազմամյա դաշտային և վե-
գետացիոն փորձերում, հանգեցրել են այն եզրակացության, որ ֆոսֆորական
պարարտանյութերի երկարամյա մուծումը գորշ կարբոնատային և ոչ կարբո-
նատային հողերում, զգալիորեն փոփոխում է նրանց ֆոսֆատային մակար-
դակը, որն արտահայտվում է տվյալ իոնի պոտենցիալը հետազոտվող հո-
ղերում: Այն բավականին զգալուն ցուցանիշ է և տալիս է ավելի խորը պատ-
կերացում հողում եղած ֆոսֆորի վիճակի մասին:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ H. C. Astlyng, Royal Vet. Agr. Scand., v. 14, 4 (1954). ² H. C. Astlyng, Acta
agric. Coll., Copenhagen, Yearbook, 1964. ³ Б. Н. Асмуцамрян, Изв. АН Арм. ССР,
т. 12 (1959). ⁴ В. Ulrich, Boden und pflanze, Stuttgart, 1961.

