

АЗЕРБАЙДЖАН ССР ЕЛМЛӨР АКАДЕМИЈАСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

# МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ

ТОМ XXXIV ЧИЛД

1978.3

Чилд

УВАЖАЕМЫ ЧИТАТЕЛЬ !

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

( Пример: 325/3E1 )

### ӨР ҮЧҮН ГАЈДАЛАР

демијасынын Мә'рузәләри»ндә нәзәри вә тәчрүби  
тамамланыш вә һәлә дәрч едилмәмиш нәтичә-  
олунур.

Бир һечә ајры-ајры мә'луматлар шәклинә салы-  
и ки мә'луматлардан мәһрум мүбәһисә характерли  
әшдирмәләрсиз көмәкчи тәчрүбәләрни тәсвири-  
ил, тәсвири вә ичмал характерли ишләр, төвснјә  
сырф методик мәгаләләр, һабелә битки вә һеј-  
үчүн хусуси әһәмијјәтә малик тапынтыларын тәс-  
едилмир.

ләр һәмин мә'луматларын даһа кениш шәкилдә  
мүәллифин һүгугуну әлиндән алмыр.  
дахил олан мәгаләләр јалныз ихтисас үзрә бир  
а редаксија һеј'әти тәрәфиндән нәзәрдән кечир-  
ох олмамаг шәртлиз мәгаләләр тәгдим едә биләр.  
јасынын мүхбир үзвләринин мәгаләләриг тәгди-

едир ки, мәгаләләри тәгдим едәркән онларын  
белә мәгаләнин јерләшдириләчәји бөлмәнин ады-

идә 3 мәгалә дәрч едилрә биләр.  
ахил олмагла, мүәллиф вәрәганин дәрдә бири-  
а јазылмыш 6—7 сәһифә һәчминдә (10000 чап

индә хүләсәси олмалыдыр; бундан башга, Азәр-  
ус дилиндә хүләсә эләвә едилмәлидир. Рус ди-  
чан дилиндә хүләсәси олмалыдыр.  
инин јеринә јетирилдији елми идәрәнин ады вә  
әлидир.

гигат ишләринин нәтичәләринин дәрч олунмасы  
азәси олмалыдыр.

олмагла) вәрәгин бир үзүндә ики хәтт ара бу-  
әли вә ики нүсхә тәгдим едилмәлидир. Дүстур-  
бөјүк һәрфләрин алтындан, кичикләрин исә үс-  
мәлидир; јунап әлифбасы һәрфләрини гырмазы

ијјат сәһифәнин ахырында чыхыш шәклиндә де-  
амлијасына көрә) мәгаләнин сонунда мәтндәки  
јаһы үзрә верилмәлидир. Әдәбијјатын сијаһысы  
ир:

илијасы вә инисналы, китабын бүтөв ады, чил-  
или;  
мәгаләләр үчүн: мүәллифин фамилијасы вә ини-  
ләрин) ады, чилд, бурахылыш, нәшр олундуғу

ифин фамилијасы вә инисналы, мәгаләнин ады,  
лыш), сәһифә көстәрилмәлидир.  
лар вә елми идәрәләрдә сахланан диссертасија-  
из.

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

фикасија олунмуш онминлик тәснифат үзрә мә-  
ефератив журнал» үчүн реферат эләвә етмәли.

ик материалларда вә мәгаләнин мәтниндә бу  
инә јол вермәмәлидирләр.  
үчүн нәтичәләр јалныз зәрури һалларда ве-

ним едилдикдә онларын дәрчедилмә ардычылы-

ректурә көндәрилдији тәгдирдә исә јалныз мәтбәә сәһвләрини дүзәлтмәк олар.  
15. Редаксија мүәллифә пулсуз олараг мәгаләнин 15 нүсхә ајрыча оттискини верир.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫ  
АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

# МӘ'РУЗӘЛӘР ДОКЛАДЫ



«ЕЛМ» НӘШРИЈАТЫ—ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЕЛМ»  
БАКЫ—1978—БАКУ



А. М. АБАСОВ

ОБ ОДНОЙ „ОБОБЩЕННОЙ“ ЛИНЕЙНОЙ ОДНОМЕРНОЙ НЕИДЕАЛЬНОЙ КОНТАКТНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ТЕОРИИ ПЕРЕНОСА

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

1°. Рассмотрим процесс одномерного нестационарного переноса субстанции в неподвижной среде, представляющей собой стержень, составленный из двух различных частей, заполняющих отрезок  $[0, l]$ , участок  $(0, l/2)$  которого состоит из одного, а участок  $(l/2, l)$  из другого неоднородного по проводимости субстанции материала.

Предположим, что на границе раздела частей составного стержня существует неидеальный контакт, а в теле имеются непрерывно действующие источники или стоки заданной обильности  $f_i(x, t)$  ( $i = 1, 2$ ). Допустим, что процесс переноса субстанции в стержне известен в начальный момент времени, причем рассматриваемая среда способна взаимодействовать с переносимыми субстанциями, т. е. является активной средой. Если далее на боковой поверхности стержня происходит обмен субстанции с окружающей средой, кроме того на концах стержня происходит конвективный обмен субстанции, то при этих предположениях мы приходим к достаточно общей задаче теории переноса, обобщающей задачи работ [1, 2, 3], которая заключается в следующем:

$$r_1(x) u_{1t} = [p_1(x) u_{1x}]_x + q_1(x) u_1 + f_1(x, t), \quad 0 < x < l/2, \quad t > 0; \quad (1)$$

$$r_2(x) u_{2t} = [p_2(x) u_{2x}]_x + q_2(x) u_2 + f_2(x, t), \quad l/2 < x < l, \quad t > 0; \quad (2)$$

$$u_1(x, 0) = F_1(x), \quad 0 \leq x < l/2; \quad u_2(x, 0) = F_2(x), \quad l/2 \leq x \leq l; \quad (3)$$

$$-P_1(l/2) u_{1x}(l/2, t) = h[u_1(l/2, t) - u_2(l/2, t)] + \varphi_2(t), \quad h = \text{const.} > 0, \quad t \geq 0; \quad (4)$$

$$p_1(l/2) u_{1x}(l/2, t) - p_2(l/2) u_{2x}(l/2, t) = \varphi_3(t), \quad t \geq 0; \quad (5)$$

$$-p_1 u_{1x}(0, t) + \sigma_1 u_1(0, t) = \varphi_1(t); \quad p_2 u_{2x}(l, t) + \sigma_2 u_2(l, t) = \varphi_4(t), \quad t \geq 0; \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} -p_1(l/2) F_1'(l/2) &= h[F_1(l/2) - F_2(l/2)] + \varphi_2(0); \\ p_1(l/2) F_1'(l/2) - p_2(l/2) F_2'(l/2) &= \varphi_3(0) \end{aligned} \right\}; \quad (7)$$

$$-p_1 F_1'(0) + \sigma_1 F_1(0) = \varphi_1(0); \quad p_2 F_2'(l) + \sigma_2 F_2(l) = \varphi_4(0), \quad (8)$$

где  $p_i > 0$ ,  $\sigma_i > 0$  ( $i = 1, 2$ ),  $h > 0$ ,  $F_i(x)$  ( $i = 1, 2$ ) — дважды непрерывно дифференцируемы;  $\varphi_i(t)$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) — непрерывно дифференцируемы;  $p_i(x) > 0$ ,  $r_i(x) > 0$  ( $i = 1, 2$ ) — непрерывно дифференцируемы в смысле Гельдера,  $q_i(x) \leq 0$ ,  $f_i(x, t)$  ( $i = 1, 2$ ) — непрерывные в смысле Гельдера — заданные.

Задача (1) — (8) является непосредственным обобщением задач работ [1, 2, 3], где рассмотрены составные тела, части которых однородны по переносу субстанции. Многочисленные задачи теории массо-теплообмена, подземной гидрогазодинамики, теории переноса нейтро-

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

нов, химической и диффузионной кинетики и др. в математической постановке сводятся к задаче (1)–(8) [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Прежде всего отметим, что согласно следствию формулы Грина для параболических уравнений [10], легко доказывается единственность и непрерывная зависимость решения задачи (1)–(8) от начальных, граничных, контактных данных и от свободных членов уравнений.

Решение задачи (1)–(3) будем искать в виде:

$$u_i(x, t) = L_i(x, t) + V_i(x, t) + W_i(x, t) \quad (i = 1, 2), \quad (9)$$

где  $L_i(x, t)$  ( $i = 1, 2$ ) находится как решение уравнений (1)–(2), удовлетворяющее нулевым начальным условиям (3) и представляется в виде:

$$L_1(x, t) = \frac{-1}{2\sqrt{\pi}} \int_{s_1^{(1)}} \int_{s_1^{(1)}} [a_1(\xi)]^{-\frac{1}{2}} \omega_1(x, t; \xi, \tau) d\xi d\tau + \frac{-1}{2\sqrt{\pi}} \int_{s_1^{(1)}} \int_{s_1^{(1)}} [a_1(\xi')]^{-\frac{1}{2}} \omega_1(x, t; \xi', \tau) d\xi' d\tau; \quad (10)$$

$$\omega_1(x, t; \xi, \tau) = (t - \tau)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(x - \xi)^2}{4a_1^2(x)(t - \tau)}\right\};$$

$$\omega_1(x, t; \xi, \tau) = \int_{c_1}^1 d\eta \cdot \int_{c_1}^{c_1+1} \omega_1(x, t; y, \eta) \Phi_1(y, \eta; \xi, \tau) dy,$$

$\Phi_i(x, t; \xi, \tau)$  ( $i = 1, 2$ )—решение следующего интегрального уравнения Вольтерра

$$2\sqrt{\pi a_1(x)} \Phi_i(x, t; \xi, \tau) = L_{x,t}^1[\omega_1(x, t; \xi, \tau)] + \int_{c_1}^1 d\eta \int_{c_1}^{c_1+1} \{[a_1(x) - a_1(y)] \times \times \omega_{ix}(x, t; \xi, \tau) + l_1(x) \omega_{ix}(x, t; \xi, \tau) + c_1(x) \omega_1(x, t; \xi, \tau)\} \Phi_i(y, \eta; \xi, \tau) dy,$$

причем  $c_i$  ( $i = 1, 2$ ) такие, что

$$S_1^{(1)} = \{(x, t); 0 < x < l/2; l/2 < x < l; t > 0\} \subset G_1^{(1)} = \{(x, t); c_1 < x < c_1+1; t > 0\}, \quad (i = 1, 2);$$

$V_i(x, t)$  ( $i = 1, 2$ ) являются решением задачи (1)–(6) с однородными уравнениями и однородными граничными условиями, а  $W_i(x, t)$  ( $i = 1, 2$ )—решением задачи (1)–(6) с однородными уравнениями и однородными начальными условиями. Ради краткости о последних задачах будем говорить как о задачах (A) и (B).

2°. Рассматривая сначала задачу (A) и применяя метод Фурье, легко приходим к функции  $T_1(t) = T_2(t) = T(t) = \exp(-\lambda t)$  и к следующей „разрывной“ задаче Штурма—Луивилля:

$$\left. \begin{aligned} [p_1(x) X_1'(x)]' + q_1(x) X_1(x) + \lambda r_1(x) X_1(x) &= 0, \quad 0 < x < l/2; \\ [p_2(x) X_2'(x)]' + q_2(x) X_2(x) + \lambda r_2(x) X_2(x) &= 0, \quad l/2 < x < l; \\ p_1(l/2) X_1'(l/2) + h[X_1(l, 2) - X_2(l/2)] &= 0; \quad -X_1'(0) + \sigma_1 X_1(0) = 0; \\ X_2'(l) + \sigma_2 X_2(l) = 0; \quad p_1(l/2) X_1'(l/2) - p_2(l/2) X_2'(l/2) &= 0. \end{aligned} \right\} (11)$$

Разумеется, что задача (11) является задачей нового качества не только по сравнению с классической задачей Штурма—Луивилля, но и с задачей Штурма—Луивилля с разрывными коэффициентами. Поэтому спектральная теория для таких задач приобретает определенный интерес.

Рассуждая так же, как и в работах [1, 2], мы устанавливаем, что задача (11) имеет бесконечное множество собственных значений и собственных функций; собственные функции образуют ортогональную в смысле

$$\int_0^{l/2} r_1(x) X_{1n}(x) X_{1m}(x) dx + \int_{l/2}^l r_2(x) X_{2n}(x) X_{2m}(x) dx = 0, \quad \text{при } n \neq m, \quad (12)$$

систему функций и начальные функции  $F_i(x)$  могут разлагаться в абсолютно и равномерно сходящиеся ряды.

Используя собственные функции „разрывной“ задачи Штурма—Луивилля (11), решение задачи (A) мы находим в виде:

$$V_{1,2}(x, t) = \begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} D_n X_{1n}(x) T_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} D_n X_{1n}(x) \exp(-\lambda_n t), & 0 \leq x < l/2, t \geq 0; \\ \sum_{n=1}^{\infty} D_n X_{2n}(x) T_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} D_n X_{2n}(x) \exp(-\lambda_n t), & l/2 \leq x \leq l, t \geq 0. \end{cases} \quad (13)$$

Для доказательства того, что функция (13) действительно является решением задачи (A), мы сообщаем неравенство Бесселя для собственных функций в виде:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \lambda_n D_n^2 < \sigma_1 p_1(0) F_1^2(0) + \sigma_2 p_2(l) F_2^2(l) + h^{-1} [p_1(l, 2) F_1^2(l/2)]^2 + \int_0^{l/2} \{p_1(x) F_1^2(x) - q_1(x) F_1^2(x)\} dx + \int_{l/2}^l \{p_2(x) F_2^2(x) - q_2(x) F_2^2(x)\} dx, \quad (14)$$

пользуясь им и интегральным уравнением задачи (11), которое имеет симметричное ядро, уточняем теорему В. А. Стеклова [12], из которой вытекает выполнение начальных условий, условия дифференцируемости решения (13) два раза по  $x$  и сколь угодно раз по  $t$ .

3°. Для решения задачи (B) применяем принцип Дюамеля [2], который требует предварительного решения некоторой контактно-краевой задачи с постоянными (вообще говоря, равными единице) граничными данными, и которую получим из задачи (B) „замораживанием“ граничных и контактных данных для некоторого значения переменной  $t = \eta$ . Решение „замороженной“ задачи обозначим через  $W_i^0(x, t)$  ( $i = 1, 2$ ). Эта задача является нестационарной линейной неидеальной контактно-краевой задачей со стационарной неоднородностью.

Поэтому, выделяя стационарную часть решения, для отклонения, получаем новую задачу, точно такую, как задача (A). Найдя решение последней задачи, по схеме решения задачи (A), складывая ее со стационарной частью решения, мы построим решение „замороженной“ задачи, а затем применяя принцип Дюамеля [5], решение задачи представим в виде:

$$W_{1,2}(x, t) = \begin{cases} W_1(x, t) = \int_0^t \left\{ \sum_{k=1}^4 \varphi_k(\tau) \frac{\partial}{\partial t} R_{k1}(x, t - \tau) \right\} d\tau, & 0 \leq x < l/2, t \geq 0; \\ W_2(x, t) = \int_0^t \left\{ \sum_{k=1}^4 \varphi_k(\tau) \frac{\partial}{\partial t} R_{k2}(x, t - \tau) \right\} d\tau, & l/2 \leq x \leq l, t \geq 0, \end{cases} \quad (15)$$

где  $K_{\kappa}(x, t-\tau)$  ( $\kappa = 1, 2, 3, 4$ ;  $i = 1, 2$ ) имеют вполне определенные выражения, аналогичные соответствующим выражениям в решении задачи II работы [2], которые выражаются через собственные функции "разрывной" задачи Штурма—Луивилля, получаемой при решении "замороженной" задачи.

Имея решения (13) задачи (A), (15) задачи (B) и (10) задачи Коши, решение общей задачи (1)—(8) можем построить по формуле (9).

#### Литература

1. Абасов А. М. ДАН СССР, 1:5, № 5, 1:10, 1:69. 2. Абасов А. М. Теплофизика высоких температур. АН СССР, 9, № 1, 147—153, 1971. 3. Абасов А. М. Теплофизика высоких температур. АН СССР, 13, № 3, 6:0—682, 1975. 4. Лыков А. В. Теория теплопроводности. "Высшая школа", М., 1:67. 5. Карслоу Х. С., Егер Д. К. Теплопроводность твердых тел. "Наука", М., 1964. 7. Марчук Г. И. Методы расчета ядерных реакторов. Госатомиздат, М., 1961. 7. Егоров В. К. Диффузионная кинетика в неподвижных средах. "Наука", М., 1970. 8. Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика, Гостехиздат, 1963. 9. Гусейнзаде М. А. Особенности движения жидкости в неоднородном пласте. "Недра", М., 1:65. 10. Гурса Э. Курс математического анализа, т. III, ч. I. Гостехиздат, 1933. 11. Pogorzelski W. Etude de la solution fondamentale de l'equation parabolique. Recherche mat., Napoli, 19:6, № 5, 25—57. 12. Смирнов В. И. Курс высшей математики. М. —Л., 1951.

АГУ им. С. М. Кирова

Поступило 24. III 1977

А. М. Абасов

#### КӨЧҮРМӘ НЭЗЭРИЈЭСИННИ БИР „ҮМУМИЛӘШМИШ“ БИРӨЛЧҮЛҮ ХЭТТИ ИДЕАЛ ОЛМАЈАН КОНТАКТ-СӘРҮӘД МӘСЭЛӘСИ ҲАГГЫНДА

Мәгаләдә иккиләй актив мүнһитдә көчүрмә нэзэријәсинни „үмумиләшмиш“ бирөлчүлү хәтти идеал олмајан мәсәләси һәлл едилһир.

Реакција, истилик потенциаллары, Фурье үсуллары вә Дуамел принципи ардычыл тәтһиб едиләрәк мәсәләсини һәлли сонлу дүстур шәклһндә таныһыр.

Һәлл процесһндә мәсәләсини кәһилмә характери мүнәјән едилһир вә һәлл үсул әсәсләндириһыр.

A. M. Abasov

#### ON ONE GENERAL LINEAR ONE-DIMENSIONAL NONIDEAL CONTACT-BOUNDARY PROBLEM OF TRANSFERENCE THEORY

In the paper linear one-dimensional nonideal second contact-boundary problem of transference substance is solved (matter or energy) in two layer of the active medium for supposition that in the medium there are sources and sinks of the substance of given abundance.

Applying successively the method of heat potentials, the Fourier method and the principle of Duhamel, we find the solution of the problem in the form of final formula. It is explained the distinguished breaking off particularity of the problem and the solution of the method is founded.

РАҒА МОХАМЕД БАХА ЭЛЬ-ДИН АГАМИ

#### КОГОМОЛОГИИ РАВНОМЕРНЫХ БУЛЕВЫХ АЛГЕБР

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

Когомологии равномерных пространств были построены Кузьминовым и Шведовым в работе [1]. В данной работе, пользуясь теоремой о спектральном представлении равномерных булевых алгебр и опираясь на работу [1], мы строим когомологии для равномерных булевых алгебр.

Пусть  $(S, U)$  — равномерная булева алгебра,  $U$  ее равномерность [2, 3]. Обозначим через  $UCov(X)$  множество всех равномерных покрытий [1] для топологического пространства  $X$ . Для равномерной булевой алгебры  $(S, U)$  обратный спектр разбиений единицы булевой алгебры  $\Sigma(S)$  является обратным спектром равномерных пространств  $(\lambda, U_\lambda)$ . Для каждого  $\lambda, U_\lambda$  канонически отождествляется с множеством покрытий единицы булевой алгебры  $S$ . Положим

$$UCov \Sigma(S) = U \{ UCov \lambda \mid \lambda \in \Sigma(S) \}$$

Тогда  $UCov \Sigma(S) \subset Cov \Sigma(S)$ , где  $Cov \Sigma(S)$  множество всех покрытий единицы булевой алгебры  $S$ .

Объектами категории  $UCov \Sigma(S)$  являются покрытия  $\alpha = \{ \alpha(i) \}_{i \in I}$  единицы булевой алгебры  $S$ , образующие равномерное покрытие некоторого разбиения единицы  $\lambda \in \Sigma(S)$ . Морфизмом покрытия  $\alpha = \{ \alpha(i) \}_{i \in I}$  в покрытие  $\beta = \{ \beta(j) \}_{j \in J}$  называется отображение  $p: I \rightarrow J$  такое, что  $\forall i \in I \alpha(i) \leq \beta(p(i))$ . Ясно, что относительно композиции отображений морфизмы покрытий вместе с покрытиями образуют категорию.

Лемма 1.  $UCov \Sigma(S)$  — есть категория с прямыми произведениями.

Отношение  $\alpha < \beta \stackrel{deb}{\iff} \text{Hom}(\beta, \alpha) \neq \Phi$  превращает множество объектов категории  $UCov \Sigma(S)$  в направленность по Муру—Смиту.

Применим функтор  $\text{Neg } v$  для покрытий, введенный в работе [4] к категории  $UCov \Sigma(S)$ . Образ этой категории при функторе  $\text{Neg } v$  является подкатегорией категории  $\Delta C$  — симплициальных комплексов, т. е.  $\text{Neg } v(UCov \Sigma(S)) \subset \Delta C$ .

Легко видеть, что любые два морфизма  $p, q: \epsilon \rightarrow \beta$  покрытий являются симплициально близкими симплициальными отображениями  $\text{Neg } v \alpha$  в  $\text{Neg } v \beta$ .

Применив к этой категории функтор симплициальных когомологий, в результате мы получаем категорию, которая является подкатегорией категории групп, т. е.  $H^n(\text{Neg } v(UCov \Sigma(S))) \subset \text{Group}$ . Эта категория обладает тем свойством, что для каждой пары групп из данной категории имеется самое большее один гомоморфизм.

Таким образом, категория  $H^n(\text{Neg } v(UCov \Sigma(S)))$  является прямым спектром групп с направленностью  $UCov \Sigma(S)$ .

Определение 1. Предел прямого спектра  $H^n(\text{Neg } v(UCov \Sigma(S)))$  называется группой когомологий равномерной булевой алгебры  $(S, U)$  и обозначается через  $H^n(S, U)$ ,

т. е.  $H^n(S, U) = \varinjlim H^n(\text{Neg } v(UCov \Sigma(S)))$ .

Пусть теперь  $(S, U)$  — равномерная булева алгебра,  $a$  ее элемент, такой, что для некоторого разбиения  $\lambda_0 \in \Sigma(S)$ ,  $a \in S(\lambda_0)$ .

$U \text{Cov}(X, A)$  — класс всех равномерных покрытий пары  $(X, A)$  для топологического пространства  $X$  и его подпространства  $A$ .

$$U \text{Cov}(\Sigma(S, a)) = U \{ U \text{Cov}(\lambda, a_\lambda) \mid \lambda > \lambda_0, \lambda \in \Sigma(S) \},$$

тогда  $H^n(S, a) = \varinjlim H^n(\text{Ner } v(U \text{Cov}(\Sigma(S, a))))$ .

**Лемма 2.** Пусть  $f: S \rightarrow S'$  — равномерно непрерывный полный гомоморфизм такой, что  $f(a) \geq b$ , для элементов  $a \in S$  и  $b \in S'$ ,  $f^*: \Sigma(S') \rightarrow \Sigma(S)$  — индуцированный гомоморфизм обратного спектра топологических пространств,  $\Sigma(S, a) = \{(\lambda, a_\lambda) \mid \lambda > \lambda_0\}$ ,  $\Sigma(S', b) = \{(\mu, b_\mu) \mid \mu > \mu_0\}$  — обратные спектры пар топологических пространств, где  $a_\lambda = (p_{\lambda_0}^{\lambda-1})(a)$ ,  $b_\mu = f|_{\lambda_0} \circ p_{\mu_0}^{\mu-1} \circ [b]$ ,  $b \subset p_{\mu_0}^{\mu-1}$ , и наконец  $f^*: \Sigma(S', b) \rightarrow \Sigma(S, a)$  — морфизм обратных спектров пар топологических пространств. Тогда  $f$  индуцирует ковариантный функтор  $f^*: U \text{Cov } \Sigma(S, a) \rightarrow U \text{Cov } \Sigma(S', b)$ , морфизм  $f^*$  прямых спектров  $j^*: H^n(\text{Ner } v(U \times \text{Cov } \Sigma(S, a))) \rightarrow H^n(\text{Ner } v(U \text{Cov } \Sigma(S', b)))$  и, следовательно, гомоморфизм  $\varinjlim f^*: H^n(S, a) \rightarrow H^n(S', b)$  групп когомологий.

Введем категорию  $U \text{Bool}_0$ . Объектами этой категории является пары  $(S, a)$  образованные равномерной булевой алгеброй  $S$  и отмеченным элементом  $a \in S$ . Морфизмом пары  $(S, a)$  в пару  $(S', b)$  называется равномерно непрерывный полный булев гомоморфизм  $f: S \rightarrow S'$  такой, что  $f(a) \geq b$ . Ясно, что композиция морфизмов является морфизмом.

**Теорема 1.** Правило  $(S, a) \rightarrow H^n(S, a)$  и  $f \rightarrow \varinjlim f^*$  есть ковариантный функтор из категории  $U \text{Bool}_0$  равномерных булевых алгебр с отмеченными элементами и их равномерно непрерывных полных гомоморфизмов, сохраняющих отмеченные элементы, в категорию групп.

**Теорема 2.**

$$H^n(S, a) = \varinjlim_{\lambda > \lambda_0, \lambda \in \Sigma(S)} H^n(\lambda, a_\lambda)$$

Для формулировки аксиомы гомотопии введем

**Определение 2.** Равномерно-непрерывные гомоморфизмы  $f, g: S \rightarrow S'$  называются равномерно-гомотопными если  $\forall \lambda \in \Sigma(S)$ ,  $\exists \nu \in \Sigma(S')$   $f(\lambda) < \nu$ ,  $g(\lambda) < \nu$ ,  $(f|\lambda)^{-1} \circ p_{\nu}^{\lambda}$  равномерно гомотопна с  $(g|\lambda)^{-1} \circ p_{\nu}^{\lambda}$ .

**Лемма 3.** Отношение равномерной гомотопии для равномерно непрерывных гомоморфизмов булевых алгебр является отношением эквивалентности, инвариантным относительно композиции гомоморфизмов, т. е. если

$$f \sim f', g \sim g', \text{ то } g \circ f \sim g' \circ f'$$

**Теорема 3.** Равномерно гомотопные равномерно непрерывные полные гомоморфизмы равномерных булевых алгебр индуцируют равные гомоморфизмы групп когомологий.

**Лемма 4.** Пусть  $H^{**}(\lambda, a)$  — точная когомологическая последовательность пары  $(\lambda, a)$  равномерных пространств, т. е.  $H^{**}(\lambda, a) =$

$$= \dots \rightarrow H^n(a_\lambda) \xrightarrow{\delta_{\lambda, a_\lambda}} H^{n+1}(\lambda, a_\lambda) \xrightarrow{j_{\lambda, a_\lambda}^*} H^{n+1}(\lambda) \xrightarrow{i^*} H^{n+1}(a_\lambda) \rightarrow \dots$$

и  $(P_\lambda^{**})^*$  морфизм точной когомологической последовательности  $H^{**}(\lambda, a_\lambda)$  в точную когомологическую последовательность  $H^{**}(\mu, a_\mu)$ , индуцирован-

ный отображением пресекции  $P_\lambda^{**}: (\nu, a_\nu) \rightarrow (\lambda, a_\lambda)$ , т. е. коммутативная диаграмма:

$$\begin{array}{ccccccc} H^{**}(\nu, a) & \dots & H^n(a_\nu) \xrightarrow{\delta_{\nu, a_\nu}} H^{n+1}(\nu, a_\nu) \xrightarrow{j_{\nu, a_\nu}^*} H^{n+1}(\nu) \xrightarrow{i^*} H^{n+1}(a_\nu) & \dots & & & \\ & & (P_\lambda^{**})^* \downarrow & & (P_\lambda^{**})^* \downarrow & & (P_\lambda^{**})^* \downarrow \\ & & H^{**}(\mu, a_\mu) & \dots & H^n(a_\mu) \xrightarrow{\delta_{\mu, a_\mu}} H^{n+1}(\mu, a_\mu) \xrightarrow{j_{\mu, a_\mu}^*} H^{n+1}(\mu) \xrightarrow{i^*} H^{n+1}(a_\mu) & \dots & \end{array}$$

Тогда пара  $(\{H^{**}(\lambda, a_\lambda)\}_{\lambda \in \Sigma(S)}, \{(P_\lambda^{**})^*\}_{\lambda \in \Sigma(S)})$  является прямым спектром точных последовательностей.

Предел этой последовательности имеет вид

$$\dots \rightarrow H^n(S_a) \xrightarrow{\delta} H^{n+1}(S, a) \xrightarrow{j^*} H^{n+1}(S) \xrightarrow{i^*} H^{n+1}(S_a) \rightarrow \dots$$

Эта последовательность точна и называется точной когомологической последовательностью равномерной булевой алгебры  $S$  с отмеченным элементом  $a$ . Здесь  $\delta: H^n(S_a) \rightarrow H^{n+1}(S, a)$  — гомоморфизм, индуцированный морфизмом  $(id_{\Sigma(S, a)}, \{\delta_{(\lambda, a_\lambda)}\}_{\lambda \in \Sigma(S, a)})$  прямого спектра  $\{H^n(a_\lambda)\}_{\lambda \in \Sigma(S, a)}$  в прямой спектр  $\{H^{n+1}(\lambda, a_\lambda)\}_{\lambda \in \Sigma(S, a)}$  —  $i^*$  — гомоморфизм индуцированный гомоморфизмом  $i(x): x \wedge a, x \in S$  булевой алгебры  $S$  на булеву алгебру  $S_a$  и  $j^*$  — гомоморфизм, индуцированный морфизмом  $(id_{\Sigma(S, a)}, \{j_{(\lambda, a_\lambda)}^*\}_{\lambda \in \Sigma(S, a)})$  прямого спектра  $\{H^{n+1}(\lambda, a_\lambda)\}_{\lambda \in \Sigma(S, a)}$  в прямой спектр  $\{H^{n+1}(\lambda)\}_{\lambda \in \Sigma(S, a)}$ .

**Теорема 4.** Для любого равномерно непрерывного полного гомоморфизма равномерной булевой алгебры  $f: (S, a) \rightarrow (S', b)$ ,  $f(a) \geq b$  коммутативна следующая диаграмма:

$$\begin{array}{ccccccc} \dots & H^n(S_a) & \xrightarrow{\delta} & H^{n+1}(S, a) & \xrightarrow{j^*} & H^{n+1}(S) & \xrightarrow{i^*} & H^{n+1}(S_a) & \rightarrow \dots \\ & (f|_a)^* \downarrow & & f_{(S, a)}^* \downarrow & & j^* \downarrow & & (f|_a)^* \downarrow & \\ \dots & H^n(S'_b) & \xrightarrow{\delta} & H^{n+1}(S', b) & \xrightarrow{j^*} & H^{n+1}(S') & \xrightarrow{i^*} & H^{n+1}(S'_b) & \rightarrow \dots \end{array}$$

**Теорема 5.** Для любой точной последовательности групп  $0 \rightarrow G' \rightarrow G \rightarrow G'' \rightarrow 0$  булевой алгебры с замыканием  $S$  и элемента  $a \in S$  существует естественная точная последовательность

$$\dots \rightarrow H^{n-1}(S, a; G'') \rightarrow H^n(S, a, G') \rightarrow H^n(S, a; G) \rightarrow H^n(S, a, G'') \rightarrow \dots$$

**Доказательство.** В работе [1] для каждого  $(\lambda, a_\lambda) \in \Sigma(S, a)$ , рассматриваемого как равномерное пространство, существует естественная точная последовательность

$$H_\lambda^{**} = \dots \rightarrow H^{n-1}(\lambda, a_\lambda; G'') \rightarrow H^n(\lambda, a_\lambda, G') \rightarrow H^n(\lambda, a_\lambda; G) \rightarrow H^n(\lambda, a_\lambda, G'') \rightarrow \dots$$

Возьмем предел прямого спектра  $(H_\lambda^{**})_{\lambda \in \Sigma(S, a)}$ . Мы получим точную последовательность [5]:

$$\varinjlim H_\lambda^{**} = \dots \rightarrow \varinjlim H^{n-1}(\lambda, a_\lambda; G'') \rightarrow \varinjlim H^n(\lambda, a_\lambda, G') \rightarrow \varinjlim H^n(\lambda, a_\lambda; G) \rightarrow \varinjlim H^n(\lambda, a_\lambda, G'') \rightarrow \dots$$

Но функтор когомологии для прямого спектра и функтор  $\varinjlim$  предельного перехода коммутируют. Тогда окончательно мы получаем

точную последовательность

$$\dots \rightarrow H^{n-1}(S, a; G^n) \rightarrow H^n(S, a; G') \rightarrow H^n(S, a; G) \rightarrow H^n(S, a; G^n) \rightarrow \dots$$

Теорема 6. Имеет место следующая естественная формула универсальных коэффициентов:

$$0 \rightarrow H^1(S, a, Z) \times G \rightarrow H^1(S, a; G) \rightarrow \text{Tor}(H^{i+1}(S, a; Z), G) \rightarrow 0$$

Эти точные последовательности получаются предельным переходом в прямом спектре, образованном соответствующими точными последовательностями для пары равномерных пространств  $(\lambda, a) \in \Sigma(S, a)$ .

В силу работы [1], существует естественная точная последовательность

$$0 \rightarrow H^1(\lambda; a_\lambda; Z) \times G \rightarrow H^1(\lambda, a_\lambda, G) \rightarrow \text{Tor}(H^{i+1}(\lambda, a_\lambda, Z), G) \rightarrow 0$$

Требуемая последовательность

$$0 \rightarrow H^1(S, a, Z) \times G \rightarrow H^1(S, a; G) \rightarrow \text{Tor}(H^{i+1}(S, a; Z), G) \rightarrow 0$$

получается предельным переходом и из того, что периодическое произведение и функтор предельного перехода коммутируют, т. е.

$$\lim_{\rightarrow} \text{Tor}(\quad) = \text{Tor} \lim_{\rightarrow}(\quad)$$

Действительно, в этом случае мы имеем

$$\lim_{\rightarrow} \text{Tor}(H^{i+1}(\lambda, a_\lambda; Z), G) = \text{Tor}(H^{i+1}(S, a, Z), G).$$

$\lambda \in \Sigma(S) | \lambda > \lambda_0$

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю М. Р. Бунятову за многократное обсуждение результатов работы, советы и большое внимание к работе.

#### Литература

1. Кузьминов В. И. Шведов И. А. Группы когомологий равномерных пространств. Сибирский матем. жур., т. V, № 3, 1961.
2. Бунятов М. Р. Равномерные булевы алгебры. ДАН СССР, т. 224, № 1, 1975.
3. Рага Мохамед. Равномерно-непрерывные гомоморфизмы абстрактных булевых алгебр. ДАН Азерб. ССР, т. 32, № 10, 1976.
4. Бунятов М. Р. Гомологии Александрова—Чеха для абстрактных булевых алгебр с замыканием. ДАН СССР, т. 237, № 1, 1977.
5. Стинрод Н. Эйленберг С. Основания алгебраической топологии. М., 1958.
6. Маклейн С. Гомология. М. 1966.

АГУ и.м. С. М. Кироза

Поступило 5. XII 1977

Рага Мəһəммəd Бəһа Əл-дин Аһами

#### МҮНТЭЗЭМ БУЛ ЧЭБРЛЭРИНИН КОҢОМОЛОКИЈАЛАРЫ

Мəгалəдə мунтəзэм фəзалар үчүн Кузьминов—Шведов коһомолокијалары мунтəзэм Бул чəбрлəri категоријасына үмумилəшдирилмишдир.

Raga Mohamed Bahaa Elden Agamy

#### COHOMOLOGY FOR UNIFORM BOOLEAN ALGEBRAS

In this paper cohomology theory for uniform spaces is generalized for the category of uniform Boolean algebras.

С. С. АХИЕВ

#### О НЕКОТОРЫХ КЛАССАХ ВАРИАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

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

В статье рассмотрены некоторые новые классы вариационных задач и указан метод их исследования на слабый локальный минимум (СЛМ). Эффективность конечных результатов продемонстрирована применительно к задачам с отклоняющимися аргументами.

1. Основная задача. Обобщенное уравнение Эйлера. Рассмотрим задачу минимизации функционала

$$J(x) = \int_T F(t, x(t), \dot{x}(t), \int_T \dot{x}(\tau) d\tau, g(\tau, t)) dt \quad (1)$$

на множестве  $K$  всех  $x \in C_1$ , удовлетворяющих условиям  $x(t_0) = x^0$ ,  $x(t_1) = x^1$ .

Здесь:  $C_1$ —пространство всех непрерывно дифференцируемых вектор-функций  $x: T = [t_0, t_1] \rightarrow E_n$ ;  $r(t, \omega)$ —заданная функция на  $C = T \times E_m$ ,  $\omega = (x, y, z)$ ,  $x \in E_n$ ,  $y \in E_n$ ,  $z \in E_k$ ,  $m = 2n + k$ ;  $g(\tau, t)$ —заданная  $n \times k$ -матрица на  $D = T \times T$ ;  $x^0$  и  $x^1$ —заданные точки из  $E_n$ ;  $E_n - n$ -мерное евклидово пространство строчных векторов;  $\|\cdot\|$ —евклидова норма.

В дальнейшем предполагается, что выполнены следующие условия: 1) функция  $F(t, \omega)$  для всех  $\omega \in E_m$  измерима по  $t$  на  $T$  и почти для всех  $t \in T$  непрерывна по  $\omega$  на  $E_m$ ; 2) для любого числа  $\delta > 0$  существует суммируемая на  $T$  функция  $N_\delta(t)$  такая, что  $|F(t, \omega)| \leq N_\delta(t)$  для всех  $\|\omega\| \leq \delta$  и почти для всех  $t \in T$ ; 3) существуют производные  $F_x(t, \omega)$  и  $F_{\omega\omega}(t, \omega)$  с элементами, удовлетворяющими условиям, аналогичным наложенным на  $F(t, \omega)$ ; 4) элементы  $g_{ij}(\tau, t)$  матрицы  $g(\tau, t)$  для всех  $\tau \in T$  измеримы и ограничены по  $t$  на  $T$ , и почти для всех  $t \in T$  имеют по  $\tau$  на  $T$  ограниченные вариации  $v_{ij}(t)$ ; 5) существует измеримая и ограниченная на  $T$  функция  $v(t)$  такая, что  $v_{ij}(t) \leq v(t)$  почти для всех  $t \in T$ .

Задачу (1) мы будем исследовать на СЛМ. Для вывода необходимого условия СЛМ возьмем некоторую функцию  $x \in K$  и обозначим через  $F_x(\tau)$ ,  $F_y(t, \omega)$  и  $F_z(t, \omega)$  значения частных производных  $F_x(t, \omega)$ ,  $F_y(t, \omega)$  и  $F_z(t, \omega)$  в той точке, которая стоит в подинтегральной функцией  $F$  в (1). Тогда можно рассматривать столбцовую вектор-функцию

$$\varphi(t) = \int_T g(t, \tau) F_z(\tau) d\tau - \int_T [F_y(\tau) + (\tau - t) F_x(\tau)] d\tau. \quad (2)$$

Можно доказать, что при наложенных ограничениях элементы этой вектор-функции обладают ограниченной вариацией на  $T$ . Более того, если  $h(t)$  некоторая функция из множества  $\Omega$  всех  $h \in C_1$ , для которых  $h(t_0) = h(t_1) = 0$ , то

$$J(x + \varepsilon h) - J(x) = \varepsilon \int_T h(t) d\varphi(t) + o(\varepsilon, h), \quad (3)$$

где  $O(\varepsilon, h) | \varepsilon \rightarrow 0$  при  $\varepsilon \rightarrow 0$  для любого  $h \in \mathcal{Q}$ , и  $\varepsilon$  — числовой параметр любого знака.

Из равенства (3) вытекает, что если  $x(t)$  доставляет функционалу (1) СЛМ, то

$$I(\varphi, h) = \int_T h'(t) d\varphi(t) = 0 \quad (4)$$

для всех  $h \in \mathcal{Q}$ .

Обобщенная лемма Дюбуа—Раймона. Если для некоторой вектор-функции  $\psi(t)$  с элементами, обладающими ограниченными вариациями, выполняется условие  $I(\psi, h) = 0$  при всех  $h \in \mathcal{Q}$ , то

$$\psi(t) = \frac{t}{\Delta} [\psi(t_1) - \psi(t_0)] + \frac{1}{\Delta} [t_1 \psi(t_0) - t_0 \psi(t_1)], \quad t \in T, \quad (5)$$

$$\Delta = t_1 - t_0.$$

Доказательство. Рассмотрим функции

$$h_1(t) = \frac{t-t_1}{\Delta} \int_{t_0}^t (\zeta - t_0) \eta(\zeta) d\zeta, \quad h_2(t) = \frac{t-t_0}{\Delta} \int_t^{t_1} (\zeta - t_1) \eta(\zeta) d\zeta,$$

где  $\eta: T \rightarrow E_n$  — произвольная непрерывная функция. Вычислив на этих функциях значения функционала  $I(\psi, h)$ , имеем

$$I(\psi, h_1 + h_2) = \int_T \eta(t) \left[ \frac{1}{\Delta} (t - t_0) \psi(t_1) + \frac{1}{\Delta} (t_1 - t) \psi(t_0) - \psi(t) \right] dt.$$

Отсюда, в силу произвольности  $\eta(t)$ , получим справедливость представления (5) во всех точках непрерывности функции  $\psi(t)$ . Но значение функционала  $I(\psi, h)$  не зависит от значений функции  $\psi(t)$  во внутренних ее точках разрыва (см. [1]). Поэтому условие (5) можно считать справедливым, по крайней мере, для внутренности отрезка  $T$ . Используя последнее, приведем  $I(\psi, h)$  к виду

$$I(\psi, h) = h(t_0) [\psi(t_0 + 0) - \psi(t_0)] + h'(t_1) [\psi(t_1) - \psi(t_1 - 0)].$$

Отсюда, легко получим справедливость (5) для всех  $t \in T$ .

Применяя эту лемму к равенству (4), имеем:

**Теорема 1.** Для того, чтобы функция  $x(t)$  доставляла функционалу (1) СЛМ на  $K$  необходимо, чтобы она удовлетворяла условию

$$\varphi(t) = \frac{t}{\Delta} [\varphi(t_1) - \varphi(t_0)] + \frac{1}{\Delta} [t_1 \varphi(t_0) - t_0 \varphi(t_1)], \quad t \in T. \quad (6)$$

В общем случае равенство (6), как соотношение для определения экстремалей функционала (1), представляет собой некоторую систему интегро-дифференциальных уравнений. Для дальнейшего, соотношение (6) назовем обобщенным уравнением Эйлера.

2. Задачи с одним фиксированным концом. Теперь рассмотрим задачу минимизации функционала (1) на множестве  $K_0$  всех  $x \in C_1$ , для которых  $x(t_0) = x^0$ . Аналогичные рассуждения показывают, что если  $x \in K_0$  доставляет функционалу (1) СЛМ, то  $I(\varphi, h) = 0$  для всех  $h(t)$  из множества  $\mathcal{Q}_0$  всех  $h \in C_1$ , для которых  $h(t_0) = 0$ . Используя это, а также лемму, получим, что в этом случае необходимое условие СЛМ имеет вид  $\varphi(t) = \varphi(t_0)$ ,  $t \in T$ . Аналогичный результат справедлив и в случае задачи минимизации функционала (1) на множестве  $K_1$  всех  $x \in C_1$ , для которых  $x(t_1) = x^1$ . При этом верхний предел  $t_1$  интегралов, входящих во второе слагаемое выражения (2), следует заменить на  $t_0$ .

3. Задачи со свободными концами. Теперь рассмотрим задачу минимизации функционала (1) на  $C_1$ . Можно доказать, что если  $x(t)$  функция доставляющая СЛМ, то

$$I_1(\varphi, h) \equiv I(\varphi, h) + h(t_0) \int_T F_x(\zeta) d\zeta = 0$$

для всех  $h \in C_1$ . Отсюда, при помощи леммы, получим, что в этом случае необходимым условием СЛМ служит выполнение условий

$$\varphi(t) = \varphi(t_0), \quad t \in T; \quad \int_T F_x(\zeta) d\zeta = 0. \quad (7)$$

4. Задачи с отклоняющимися аргументами. Пусть требуется минимизировать функционал

$$J(x) = \int_T f(t, x(t), \dot{x}(t), x(h_0(t)), \dot{x}(h_1(t))) dt \quad (8)$$

$$x(t) = \varphi_0(t), \quad t \in A_0; \quad \dot{x}(t) = \varphi_1(t), \quad t \in A_1 \quad (9)$$

на множестве всех  $x(t)$  из  $K$ .

Здесь:  $f(t, \omega)$  — заданная функция, удовлетворяющая на  $Q = T \times E_m$  условиям аналогичным наложенным на  $F(t, \omega)$  в п. 1,  $\omega = (x, y, u, v)$ ,  $x \in E_n$ ,  $y \in E_n$ ,  $u \in E_n$ ,  $v \in E_n$ ,  $m = 4n$ ;  $\varphi_i: \bar{A}_i \rightarrow E_n$  — заданные непрерывные функции,  $A_i = [a_i, t_0) \cup (t_1, b_i]$ ;  $a_i < t_0$ ,  $b_i > t_1$  — заданные числа;  $h_i: T \rightarrow [a_i, t_1]$  — заданные измеримые функции;  $i = 0, 1$ .

Пусть  $\chi^*(t)$  — характеристическая функция для  $T$ ;  $e(t)$  — характеристическая функция для множества всех неотрицательных чисел;  $h_i^{-1}(E)$  — прообраз множества  $E \subset E_1$  относительно отображения  $h_i(t)$ ;  $\beta_i(t) = [1 - \chi(h_i(t))] \varphi_i(h_i(t))$ ,  $t \in T$ ;  $r_i(\tau, t) = \chi(h_i(t)) e(h_i(t) - \tau)$ ,  $(\tau, t) \in L$ ;  $q(\tau, t) = -a_1(\tau, t)$ , если  $(\tau, t) \in T \times S_0$  и  $q(\tau, t) = e(\tau - t) - 1$ , если  $(\tau, t) \in T \times S_1$ , где  $S_0 = T/S_1$ ,  $S_1 = h_i^{-1}(\{t_1\})$ .

Определим функции

$$p(\tau, t) = - \int_{t_0}^{h_1} a_0(\zeta, t) d\zeta, \quad (\tau, t) \in D;$$

$f(t, x, y, z) = f(t, x, y, \varphi_0(t) + \chi(h_0(t)) \lambda^0 + u, \beta_1(t) + v)$ ,  $z = (u, v)$ , а также  $n \times 2n$  — матрицу  $g(\tau, t)$  следующим образом  $g(\tau, t) = (I \cdot p(\tau, t), I \cdot q(\tau, t))$ ,  $(\tau, t) \in D$ , где  $I$  — единичная  $n \times n$  — матрица.

Можно доказать, что при наложенных в этом пункте на функции  $f$ ,  $h_i$  и  $\varphi_i$  ограничения только, что определенные функция  $r$  и матрица  $g$  удовлетворяют всем требованиям, наложенным в п. 1.

Исходя из определений функции  $F$  и матрицы  $g$  получим, что при условиях (9) для всех  $x \in K$  имеет место

$$f(t, x(t), \dot{x}(t), x(h_0(t)), \dot{x}(h_1(t))) = F(t, x(t), \dot{x}(t), \int_T \dot{x}(\tau) d\tau, g(\tau, t))$$

почти при всех  $t \in T$ .

Итак, задача минимизации функционала (8) сведена к задаче минимизации функционала (1). Применяя к последней задаче теорему 1 и возвращаясь снова к параметрам исходной задачи, получим, что



для (8) необходимым условием СЛМ является выполнение обобщенного уравнения Эйлера (6) с вектор-функцией

$$\varphi(t) = \int_T f_v(\tau) q(t, \tau) d\tau - \int_T \left[ f_y(\tau) + (\tau - t) f_x(\tau) + \int_T f_u(\zeta) \sigma_0(\tau, \zeta) d\zeta \right] d\tau,$$

что приводит нас к следующей теореме.

**Теорема 2** Если  $x(t)$  доставляет функционалу (8) СЛМ на  $K$ , то вектор-функции

$$b(t) = \int_T f_v(\tau) q(t, \tau) d\tau, \quad a(t) = b(t) + f_y(t) + \int_T f_u(\zeta) \sigma_0(t, \zeta) d\zeta$$

абсолютно непрерывны\* на  $T$  и удовлетворяют условию

$$\dot{a}(t) - f_x'(t) = 0 \quad (10)$$

почти всюду на  $T$ .

Соотношение (10) естественно называть дифференциальным видом обобщенного уравнения Эйлера.

Теперь дополнительно предположим, что функции  $h_i(t)$  такие, что  $\text{mes } h_i^{-1}(E) = 0$  ( $i = 0, 1$ ) для любого множества  $E \subset T$  меры нуль. Тогда, используя лемму о замене переменных в интеграле Лебега (см. [2]), получим, что вектор-функция

$$c(t) = \int_{h_0^{-1}([t, t_1])} f_u(\zeta) d\zeta$$

абсолютно непрерывна на  $T$ . Поэтому в этом случае, используя равенства

$$c(t) = \int_T f_u(\zeta) \sigma_0(t, \zeta) d\zeta, \quad b(t) = - \int_{h_1^{-1}([t, t_1])} f_v(\zeta) d\zeta$$

можно усилить утверждение теоремы 2. Такое усиление можно продолжить, например, предполагая функции  $h_i(t)$  абсолютно непрерывными и строго возрастающими. Но на них не будем останавливаться.

**5. Замечание.** Некоторые классы вариационных задач с запаздываниями, для которых внутренние суперпозиции абсолютно непрерывны и обратимы, в разных постановках подробно рассматривались в [3, 4]. По постановке задача (8), (9) и задачи из [3, 4] являются разными. Однако, произведя некоторые преобразования, можно показать, что задача из [4] является частным случаем задачи (8), (9).

Отметим также, что не нарушая общности, в (1) зависимость функции  $F$  от  $(x, y)$  можно было опустить. Но мы оставили ее только для того чтобы конечные результаты статьи легко подвергались сравнению с известными для случая  $F = F(t, x, y)$  (см. [5]).

**6. Об оптимальных функционально-дифференциальных системах.** Следует отметить, что приведенный в работе метод исследования вариационных задач в сочетании с методом приращений может быть использован для расширения круга оптимальных функционально-дифференциальных систем, поддающихся решению на основе принципа максимума Л. С. Понтрягина [6]. Чтобы убедиться в этом, например, в случае задачи

$$\dot{x}(t) = f(t, x(h_0(t)), \dot{x}(h_1(t)), u(t)), \quad u(t) \in V \subset E_n, \quad t \in T;$$

\* В смысле эквивалентности.

$x(t) = \psi(t), \quad t \in T; \quad x(t_0) = x^0; \quad \varphi(x(t_1)) - \min,$   
достаточно, в качестве сопряженного, ввести уравнение (см. [7]):

$$\dot{\lambda}(t) + \varphi_x'(x(t_1)) = \int_T x(h_0(\tau)) e(h_0(\tau) - t) \lambda(\tau) f_y'(\tau) d\tau - \frac{d}{dt} \int_{T(t)} \lambda(\tau) f_z'(\tau) d\tau, \quad T(t) = h_1^{-1}([t, t_1]), \quad t \in T, \quad (11)$$

где  $f(t, y, z, u) \in E_n$ ,  $\psi(t) \in E_n$ ,  $h_i(t) \in E_i$  и  $\varphi(x) \in E_1$  — заданные функции, а штрих означает транспонирование.

Легко видеть, что уравнение (11) с точки зрения ограничений, накладываемых на  $h_i(t)$  ( $i = 0, 1$ ), имеет смысл при минимально слабых условиях, когда они измеримы и  $\text{mes } h_i^{-1}(E) = 0$  для любого  $E \subset T$  меры нуль. Если  $h_i(t)$  ( $i = 0, 1$ ) абсолютно непрерывны и обратимы, то из (11) можно перейти также к известным в литературе сопряженным уравнениям (см., напр., [8]).

#### Литература

1. Натансон И. П. Теория функций вещественной переменной. Наука, М., 1977.
2. Ахиев С. С. ДАН Азерб. ССР, 33, № 6, 1977.
3. Эльсгольц Л. Э. Качественные методы в математическом анализе. Гостехиздат, М., 1955.
4. Каменский Г. А. ДУ, 6, № 8, 1970.
5. Гельфанд И. М., Фомин С. В. Вариационное исчисление. Физматгиз, М., 1961.
6. Понтрягин Л. С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. Физматгиз, М., 1961.
7. Ахиев С. С. ВИНТИ, Деп. № 296—77, 19 стр. 8. Милюткин В. П. Автоматика и телемеханика, № 6, 1968.

АГУ и.м. С. М. Кирова

Поступило 21. XII 1977

С. С. Ахиев

#### ВАРИАСИЈА МЭСЭЛЭЛЭРИНИН БЭ'ЗИ СИНИФЛЭРИ ЫАГГЫНДА

Мәгаләдә йәһи типли бир синиф вариасија мәсәләләринин гојулдушу верилмиш вә онларин өјрәнилмәси методу кәстәрилмишдир. Алынган нәтижәләрин еффәктивлији мейл едән аргументли вариасија мәсәләлери үзәриндә пүмәјиш етдирилмишдир.

S. S. Akhiev

#### ON SOME CLASS VARIATIONAL PROBLEMS

In this paper some class variational problems are dealt and the investigation method of weak local minimum is shown. And the efficiency of the finite results is shown on the problems with the deflecting arguments.

З. А. ИСКЕНДЕР-ЗАДЕ, В. Д. ФАРАДЖЕВ, Т. Р. МЕХТНЕВ,  
Ш. А. АЛИХАНОВА, В. И. ШИЛЬНИКОВ

РАСЧЕТ ДИСПЕРСИОННОЙ КРИВОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ

ВЕТВИ КОЛЕБАНИЙ РЕШЕТОК InSe И GaSe

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

В последнее время большой интерес исследователей вызывает изучение акустических свойств слоистых и цепочечных кристаллов, обладающих сильной анизотропией различных физических свойств. Витинг [1] на основе линейно-цепочечной модели слоистых кристаллов методом подгонки, используя экспериментальные величины шести частот длинноволновых колебаний решетки GaSe по исследованию Раман-эффекта и инфракрасного отражения, определил силовые постоянные внутри- и межслоевого взаимодействия. С помощью этих постоянных им вычислены частоты остальных активных мод при  $\kappa = 0$  и показано удовлетворительное согласие с экспериментальными данными. В [2] из величин частот двух ИК-активных мод с использованием модели одного слоя вычислены две внутрислойные постоянные связи растяжения для InSe; значения частот всех активных мод InSe при  $\kappa = 0$  и на границе зоны Бриллюэна вычислены на основе линейно-цепочечной модели Витинга с использованием постоянных связи для GaSe и одной постоянной для InSe.

Нами на основе модели Витинга, с учетом дисперсии фононов вдоль оси цепочек рассчитана дисперсионная кривая колебаний решетки GaSe и InSe и проведено сравнение скоростей продольных и поперечных упругих волн, вычисленных из наклона акустической ветви, с экспериментальными данными.

Монокристаллы GaSe,  $\beta$ -GaSe и InSe обладают одинаковой слоистой структурой и кристаллизуются в гексагональной решетке с пространственной группой  $L_{6h}^4$ . В элементарную ячейку входят два слоя, 8 атомов, по 4 из каждого слоя. В приближении линейно-цепочечной модели, изображенной на рис. 1, дано расположение атомов вдоль

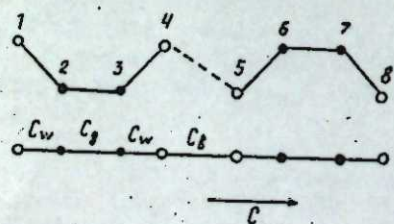


Рис. 1. Линейно-цепочечная модель GaSe(InSe)

оси  $C$ , сдвиг плоскостей одинаковых атомов относительно друг друга перпендикулярен оси  $C$  и описывается сдвиговыми постоянными  $C_w^s, C_g^s, C_b^s$ , а изменение расстояния между атомными плоскостями — постоянными растяжения  $C_w^c, C_g^c, C_b^c$ , где индекс  $w$  относится к связи между атомами металла (Ga или In) и халькогена ( $se$ ),  $g$  — между атомами металла и  $b$  — между слоями, т. е. между атомами Se—Se.

Пронумеруем атомы по порядку расположения их вдоль оси  $C$ : 1-ый атом Se с координатой  $x_1$ , 2—Ga с координатой  $x_2$ , 3—Ga ( $x_3$ ), 4—Se ( $x_4$ ), 5—Se ( $x_5$ ), 6—Ga ( $x_6$ ), 7—Ga ( $x_7$ ) и 8—e ( $x_8$ ). Вследствие

периодичности структуры с параметром ячейки, равным  $c$ , ближайшим соседом слева 1-го атома (Se) будет 8-ой атом (Se), а ближайшим соседом справа 8 атома (Se) будет 1-ый атом (Se).

Уравнения движения нормальных колебаний атомных плоскостей описываются системой

$$m_n \ddot{u}_n = \sum_l C_{nl} (u_n - u_l), \quad (1)$$

где  $m_n$  — масса  $n$ -го атома ячейки;  $u_n$  — смещение  $n$ -го атома;  $C_{nl}$  — силовая постоянная сдвига (shear) или растяжения (compressional) между атомами  $l$  и  $n$ .

Решение этой системы уравнений ищем в виде монохроматических волн:

$$u_j = \frac{1}{\sqrt{m_j}} A_j e^{-i\omega t + i\kappa x_j}, \quad j = (1, 2, 3, \dots, 8), \quad (2)$$

где  $x_1 = z'c$ ,  $x_2 = zc$ ,  $x_3 = -zc$ ,  $x_4 = -z'c$ ,  $x_5 = (z' + \frac{1}{2})c$ ,

$x_6 = (z + \frac{1}{2})c$ ,  $x_7 = (-z + \frac{1}{2})c$ ,  $x_8 = (-z' + \frac{1}{2})c$ ,  $A_j$  — амплитуда смещения  $j$ -го атома,  $\kappa$  — волновой вектор в направлении оси  $z$ .

Подставляя (2) и (1) для упругих волн, получим систему уравнений:

$$m_n \omega^2 A_n = \sum_l C_{nl} \left( \sqrt{\frac{m_n}{m_l}} e^{i\kappa(x_l - x_n)} A_l - A_n \right) \quad (3)$$

Полагая, что  $m_1 = m_4 = m_5 = m_8 = m_x$ ,  $m_2 = m_3 = m_6 = m_7 = m_y$  и с учетом взаимодействия только ближайших соседей, уравнения (3) в случае растяжения вдоль оси могут быть записаны в виде:

$$\begin{aligned} (c + d - \omega^2) A_1 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{-i\kappa l_1} A_2 - d e^{-i\kappa l_1} A_8 &= 0 \\ (a + b - \omega^2) A_2 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{i\kappa l_1} A_1 - b e^{i\kappa l_1} A_3 &= 0 \\ (a + b - \omega^2) A_3 - b e^{-i\kappa l_1} A_2 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{-i\kappa l_1} A_4 &= 0 \\ (c + d - \omega^2) A_4 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{i\kappa l_1} A_3 - d e^{i\kappa l_1} A_5 &= 0 \\ (c + d - \omega^2) A_5 - d e^{-i\kappa l_1} A_4 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{-i\kappa l_1} A_6 &= 0 \\ (a + b - \omega^2) A_6 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{i\kappa l_1} A_5 - b e^{i\kappa l_1} A_7 &= 0 \\ (a + b - \omega^2) A_7 - b e^{-i\kappa l_1} A_6 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{-i\kappa l_1} A_8 &= 0 \\ (c + d - \omega^2) A_8 - a \sqrt{\frac{m_y}{m_x}} e^{i\kappa l_1} A_7 - d e^{i\kappa l_1} A_1 &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $l_1 = (z' - z)c$ ,  $l_2 = -2zc$ ,  $l_3 = (-2z - \frac{1}{2})c$  — расстояния между

атомами 1—2, 2—3, 4—5,  $z = u - \frac{1}{4} = 0,094$ ,  $z' = u' - \frac{3}{4} = -0,148$ ;



$$\frac{C_w^c}{m_M} = a, \frac{C_g^c}{m_M} = b, \frac{C_w^c}{m_x} = c, \frac{C_b^c}{m_x} = d.$$

Отметим, что в случае сдвига  $C_w^c, C_g^c, C_b^c$  в уравнениях нужно заменить на  $C_w^s, C_g^s, C_b^s$ .

Нетрудно показать, что уравнения движения (4) распадаются на две системы уравнений относительно алгебраической суммы амплитуд одинаковых атомов ( $A_1 \pm A_5, A_2 \pm A_6, A_3 \pm A_7, A_4 \pm A_8$ ), расположенных в соседних слоях.

Для того, чтобы полученные системы уравнений имели нетривиальные решения, детерминанты, составленные из коэффициентов, должны равняться нулю.

$$\begin{vmatrix} a+b-\omega^2 & -b & -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} & 0 \\ -b & a+b-\omega^2 & 0 & -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} \\ -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} & 0 & c+d-\omega^2 & -de^{\frac{\kappa c}{2}} \\ 0 & -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} & -de^{\frac{\kappa c}{2}} & c+d-\omega^2 \end{vmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{vmatrix} a+b-\omega^2 & -b & -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} & 0 \\ -b & a+b-\omega^2 & 0 & -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} \\ -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} & 0 & c+d-\omega^2 & de^{\frac{\kappa c}{2}} \\ 0 & -a\sqrt{\frac{m_M}{m_x}} & de^{\frac{\kappa c}{2}} & c+d+\omega^2 \end{vmatrix} \quad (6)$$

Из (5) и (6), видно, что при  $\kappa = \frac{\pi}{c}$  детерминанты совпадают, т. е.

решения двух систем попарно равняются друг другу.

Силовые постоянные сдвига и растяжения (сжатия) для GaSe нами взяты у [1] и приведены в таблице. Для InSe силовые постоянные  $C_w^s, C_g^s, C_b^s, C_w^c, C_g^c$  взяты из [2], а данные для  $C_b^c$  в литературе отсутствуют. В таблице также приведены значения  $m_i$  и других параметров, используемые при вычислении колебательного спектра GaSe и InSe.

На рис. 2 представлен колебательный спектр решеток GaSe (а), InSe (б), рассчитанный согласно модели линейной цепочки.

Зависимость частоты акустических колебаний от волнового вектора в GaSe и InSe (рис. 3) линейна, наклон которой определяет скорость распространения соответствующей упругой волны вдоль оси z:

$$v_1 = \frac{\omega(C_w^c, C_g^c, C_b^c)}{\kappa}$$

$$v_t = \frac{\omega^{\kappa}(C_w^s, C_g^s, C_b^s)}{\kappa}$$

где  $v_1, v_t$  — скорость распространения продольной и поперечной волн.

	Ga Se	InSe
$m_M, 10^{-22} \text{ г}$	1,31	1,31
$m_M, 10^{-22} \text{ г}$	1,15	1,80
$c, 10^{-8} \text{ см}$	15,94	16,90 [3]
$z$	-0,73	-0,094 [3]
$z'$	-0,15	-0,143 [3]
$l_1, 10^{-8} \text{ см}$	0,075	0,234
$l_2, 10^{-8} \text{ см}$	-0,146	-0,168
$l_3, 10^{-8} \text{ см}$	-0,8	-0,8
$C_b^s, 10^3 \text{ дн/см}$	1,61 [1]	1,61 [1]
$C_w^s, 10^3 \text{ дн/см}$	99,8 [1]	87,5 [2]
$C_g^s, 10^3 \text{ дн/см}$	15,30 [1]	15,30 [1]
$v_1^{\text{рас}}, 10^5 \text{ см сек}^{-1}$	1,34	1,27
$v_t^{\text{изм}}, 10^5 \text{ см сек}^{-1}$	1,18 [5]	1,25 [4]
$C_b^c, 10^3 \text{ дн/см}$	9,24 [1]	6,54
$C_w^c, 10^3 \text{ дн/см}$	123 [1]	175 [2]
$C_g^c, 10^3 \text{ дн/см}$	108 [1]	330 [2]
$v_1^{\text{рас}}, 10^5 \text{ см сек}^{-1}$	3,02	2,62
$v_t^{\text{изм}}, 10^5 \text{ см сек}^{-1}$	2,48 [5]	2,62 [4]
	2,65 [6]	

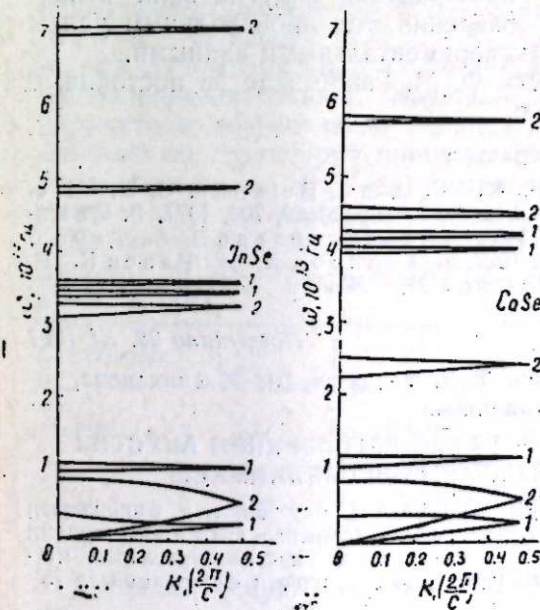


Рис. 2. Дисперсионные кривые  $\omega(\kappa)$  колебаний решеток GaSe и InSe для сдвиговых (1) и продольных (2) волн.

Расчетная величина скорости распространения поперечного звука, определенная по наклону прямой 1 рис. 3 для InSe хорошо согла-

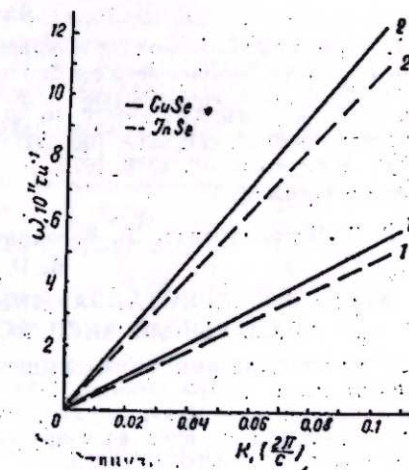


Рис. 3. Дисперсионные кривые акустических колебаний решеток GaSe и InSe для сдвиговых (1) и продольных (2) волн.

суется с экспериментальными данными [4]  $v_1^{\text{рас}} = 1,27 \cdot 10^5 \text{ см сек}^{-1}$ ,  $v_t^{\text{изм}} = 1,25 \cdot 10^5 \text{ см сек}^{-1}$ , что свидетельствует о применимости принятой модели. Неизвестная константа связи  $C_b^c$  для InSe определялась из численного расчета детерминантов (5) и (6) с вариацией параметра  $C_b^c$ .

УДК 518:539.3

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Ф. М. ГАШИМЗАДЕ, К. А. РУСТАМОВ, В. Я. ШТЕЙНШРАЙБЕР

УПРУГИЕ ПОСТОЯННЫЕ СОЕДИНЕНИЙ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ

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

Представляемая работа является по сути введением соображений симметрии в традиционное рассмотрение упругих постоянных (УП) и нахождением их численных значений для соединений со структурой шпинели— $A_2BX_4$ , динамическая матрица для которых вычисляется в рамках модифицированной модели жестких ионов.

От классической модели жестких ионов [1] она отличается тем, что в ней короткодействующая некулоновская часть динамической

матрицы является обобщением на случай  $\vec{q} \neq 0$  ( $\vec{q}$  — фоновый волновой вектор) модели силовых постоянных, предложенной в [2]. Таким образом, в рамках этой модели элементы динамической матрицы зависят от двух эффективных зарядов  $e_A, e_X$  и четырех силовых констант  $f_1, f_2, f_3, f_4$  имеющих смысл зарядов  $A$  и  $X$  ионов и соответствующих растяжению связи  $B-X$ , изгибу угла  $X-B-X$ , растяжению связи  $A-X$ , изгибу угла  $X-A-X$ , соответственно, которые определялись путем подгонки теоретических значений оптических частот к их экспериментальным значениям. Нами приводятся значения этих параметров, эффективных зарядов и силовых констант для двух соединений со структурой шпинели— $Al_2MgO_4, CdIn_2S_4$ . Для  $Al_2MgO_4$  определены  $e_A, e_X, f_1, f_2, f_3, f_4$  производилось по 5 комбинационно активным и 4 инфракрасно активным поперечным от частотам, для  $CdIn_2S_4$ , кроме этих, использовались и 4 инфракрасно активные продольные  $\omega_L$  частоты, что сыграло решающую роль при дальнейших вычислениях.

Соединение	$f_1$ ( $10^{-3}$ дн/А°)	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$e_A$ ( $10^{-10}$ СГ(Э))	$e_X$
$Al_2MgO_4$	1,87	-0,114	2,73	-0,126	$\pm 9,89$	$\mp 7,07$
$CdIn_2S_4$	0,995	-0,05	0,995	-0,027	$\mp 8,01$	$\pm 4,998$

Динамическую матрицу вблизи  $\vec{q} = 0$  можно разложить в ряд по  $\vec{q}$  (в случае ионных кристаллов речь идет только о регулярной при  $\vec{q} \rightarrow 0$  части динамической матрицы, что как раз и существенно для вычисления упругих постоянных [1]), что запишем в виде:

$$D(\vec{q}) = D(0) + D(\epsilon\vec{q}) \quad (1)$$

( $\epsilon$  — малый параметр), где согласно Борну, второй член можно рассматривать как возмущение к первому,

На рис. 4 представлена связь между расчетной величиной скорости звука в InSe от варьируемого параметра силовой постоянной  $C_b^c$ . Расчетная величина совпадает с измеренной скоростью продольного звука  $2,62 \cdot 10^5$  см/сек при силовых постоянных:  $C_g^c = 3,3 \cdot 10^5$  дн/см,  $C_w^c = 1,75 \cdot 10^5$  дн/см и  $C_b^c = 6,54 \cdot 10^3$  дн/см. Таким образом, константа связи ближайших атомов между слоями в  $20 \div 40$  раз меньше константы связи атомов внутри слоя. Следует указать на удовлетворительное согласие расчетной величины скорости продольного и поперечного звука  $3,02 \cdot 10^5$  см/сек и  $1,34 \cdot 10^5$  см/сек с ранее проведенными данными для GaSe, определенными из измерений скорости ультразвуковых волн [5] и бриллюэновского рассеяния света [6]. Таким образом, упрощенная линейно-цепочечная модель структуры слоистых кристаллов InSe и GaSe удовлетворительно описывает колебательный спектр их решеток в направлении оси С. Однако она не позволяет получить сведений о колебательном спектре и вычислить скорость распространения упругих волн в направлении под произвольным углом к оси С и провести сравнение с экспериментальными данными.

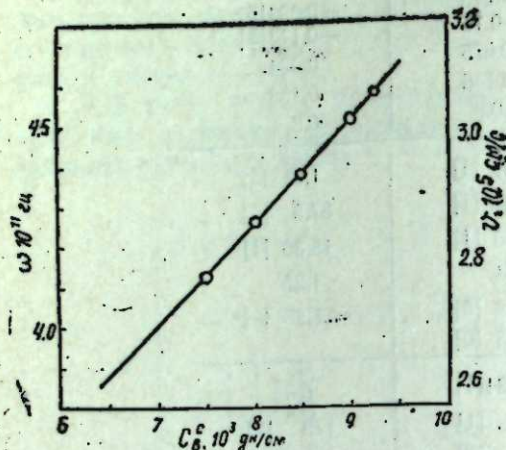


Рис. 4. Связь между расчетной величиной скорости продольных волн вдоль оси z для InSe и силовой постоянной связи Se—Se между слоями.

Авторы приносят благодарность Ф. М. Гашимзаде за постоянный интерес к работе и ее обсуждение.

Литература

1. Wicling T. J. Sol. St. Commun., 12, 931, 1973. 2. Belenki G. L., Aleeva L. N., Nani R. Ch., Salaev E. Yu. Phys. Stat. Sol., (b) 82, 705, 1977. 3. Семилетов С. А., Кристаллография, 3, 288, 1958. 4. Искендерзаде З. А., Фараджев В. Д., Агаев А. И., ФТТ, 19, 851, 1977. 5. Халилов Х. М., Рзаев К. И., Кристаллография, 11, 926, 1966. 6. Yamada M., Wasa K., Hamaguchi S. J. Phys. Soc. Japan., 40, 1778, 1976.

Институт физики

Поступило 23. XI 1977

З. Э. Искендерзаде, В. Ч. Фаратов, Т. Р. Мехдиев, Ш. Э. Элиханова, В. И. Шилников

InSe ва GaSe КРИСТАЛЛАРЫНЫН ГЭФЭС РЭГСЛЭРИНИН АКУСТИК БУДАҒЫНЫН ДИСПЕРСИЈАСЫНЫН ҺЕСАБЛАНМАСЫ

Лапы кристалларын хэти-зэнчирвары моделиндэ С оху боюнча фононларын дисперсиясыны нэзэр алмагла InSe ва GaSe кристалларында гэфэс рэгслэринин дисперсия эприси һесабланмышдыр. Узундалгалы областа акустик будагларын мейлиндэн тапымыш узунуна ва ениэ далгаларын јайылма сүр'эти экспериментал тәјин олунмуш гижмәгләрә уғундур.

Z. A. Iskender-zade, V. D. Farajev, T. R. Mekhtiev, Sh. A. Alikhanova, V. I. Shilnikov

CALCULATION OF ACOUSTIC MODE PHONON DISPERSION CURVES LATTICE VIBRATIONS IN InSe AND GaSe

On the basis of a linear-chain model taking into account dispersion of phonons along the c-axis the dispersion curves lattice vibrations in InSe and GaSe calculated. The longitudinal and transverse acoustic wave velocities, calculated from slope of the acoustic mode dispersion curves in the long-wavelength range came to good agreement with the experimental value.

Запишем динамическую матрицу не в обычных смещениях как в [1], а в базисных функциях неприводимых представлений группы симметрии кристалла, тогда, очевидно, что  $D(0)$  в (1) примет блочно-диагональный вид, а  $D(\vec{eq})$  останется, в общем-то, произвольным. Перед этим, из базисных функций векторных представлений нетрудно выделить соответствующие акустическим колебаниям, которые мы будем располагать первыми в колонне базисных функций.

На первом этапе нужно решить задачу на собственные значения и найти соответствующие собственные функции невозмущенной динамической матрицы, что, предположим, мы и сделали. Тогда получим набор собственных чисел,  $n_m$ -кратно выраженных  $\omega_c^2(m)$ , которым будут соответствовать собственные функции

$$|v(n)\rangle = \sum_{l'=1}^{L_m} C_{m,n}^{l,l'} |m(l'|n)\rangle,$$

где  $C_{m,n}^{l,l'}$  — численные коэффициенты,  $|m(l'|n)\rangle$  —  $n$ -я базисная функция  $l$ -го неприводимого представления  $m$ , входящего в разложение колебательного представления  $L_m$  раз. Очевидно, что при этом первым трем строкам динамической матрицы  $D_{ij}(0)$  ( $i, j \leq 0$ ), т. е. ее акустической части будет соответствовать трехкратно вырожденное собственное число  $\omega_{ак}^2 = 0$ .

Тогда, полученная из обычной теории возмущений применительно к акустической части полной динамической матрицы формула может быть переписана в базе собственных функций  $D_{ij}(0)$ . А именно,

$$D_{ij}(\vec{q}) = D_{ij}(\vec{eq}) -$$

$$(i, j \leq 3)$$

$$- \sum_m \sum_{l=1}^{L_m} \sum_n \sum_{l',l''=1}^{L_m} \frac{\langle i | D(\vec{eq}) | m(l'|n)\rangle \langle m(l''|n) | D(\vec{eq}) | j \rangle C_{m,n}^{l,l'} C_{m,n}^{l'',l''}}{\omega_{m,l}^2} \quad (2)$$

Штрих при знаке суммирования по  $m$  означает, что по векторному представлению, соответствующему акустическим колебаниям суммирование не ведется, собственные функции  $D_{ij}(0)$ , соответствующие его трехкратно вырожденному собственному числу  $\omega_{ак}^2 = 0$ , суть базисные функции упомянутого представления, которые представлены в выражении (2) как  $|i\rangle, |j\rangle$  ( $i, j \leq 3$ ). Если теперь вспомнить, во-первых, о лемме, что  $F_1(x) = \int f_1(x) dx$  отличен от нуля только тогда, когда  $f_1(x)$  преобразуется по единичному представлению, а, во-вторых, о том, что мы довольствуемся вторым порядком по  $q_\mu$  в разложении (2), то из этого сразу следует, что, если  $m$ -векторное представление, то матричный элемент  $\langle i | D(\vec{eq}) | m(l'|n)\rangle$  от величин первого порядка по  $q_\mu$  в разложении (1) равен нулю. А матричные элементы от величин более высокого порядка по  $q_\mu$  в сумме по  $m$  в (2) должны быть отброшены в силу того, что они приводили бы к величинам более, чем второго порядка по  $q_\mu$ . Следовательно,

$D_{ij}(\vec{eq})$  ( $i, j \leq 3$ ) в (2) суть матричные элементы от величин второго порядка по  $q_\mu$ , сумма же по  $m$  в (2) не включает векторные представления. Если же  $m$  не является векторным представлением, то по уже указанным причинам в сумме по  $m$  в (2) оставляются матричные элементы  $\langle i | D(\vec{eq}) | m(l'|n)\rangle$  только от величин первого порядка по  $q_\mu$ .

Введем следующие обозначения:  $|e_i^{ак}\rangle$  —  $i$ -я базисная функция векторного представления, соответствующего акустическим колебаниям,

$$D_{i,l} = \frac{\partial}{\partial q_l} D(\vec{q}) \Big|_{\vec{q}=0} \quad \text{и} \quad D_{i,l} = \frac{\partial^2}{\partial q_l \partial q_l} D(\vec{q}) \Big|_{\vec{q}=0}.$$

Тогда, используя разложение колебательного представления на неприводимые части для соединений со структурой шпинели [2], а также таблицу коэффициентов Клебша—Гордана для группы  $O_h$  [3], получим следующие выражения для УП соединений этого типа:

$$\frac{c_{11}}{\rho} = \frac{1}{2} \langle e_1^{ак} | D_{11} | e_1^{ак} \rangle - \frac{|\langle e_1^{ак} | D_{11} | \Gamma_1(1|1) \rangle|^2}{\omega_{\Gamma_1}^2} -$$

$$- \frac{|\langle e_1^{ак} | D_{11} | \Gamma_{12}(1|2) \rangle|^2}{\omega^2},$$

$$\frac{c_{44}}{\rho} = \frac{1}{2} \langle e_1^{ак} | D_{22} | e_1^{ак} \rangle -$$

$$- \sum_{l=1}^3 \left| \sum_{l'=1}^3 \frac{\langle e_1^{ак} | D_{22} | \Gamma'_{25}(l'|3) \rangle}{\omega_{\Gamma'_{25,l}}} C_{\Gamma'_{25,3}}^{l,l'} \right|^2,$$

$$\frac{c_{12}}{\rho} = \langle e_1^{ак} | D_{12} | e_2^{ак} \rangle - \frac{1}{2} \langle e_1^{ак} | D_{22} | e_1^{ак} \rangle -$$

$$- \frac{|\langle e_1^{ак} | D_{11} | \Gamma_1(1|1) \rangle|^2}{\omega_{\Gamma_1}^2} + \frac{|\langle e_1^{ак} | D_{11} | \Gamma_{12}(1|2) \rangle|^2}{2\omega_{\Gamma_{12}}^2},$$

где  $\rho$  — массовая плотность;  $c_{11}$ ,  $c_{12}$  и  $c_{44}$  — три независимые УП имеющиеся в кубических кристаллах.

Заметим, что физические требования, выраженные в свойствах симметрии УП, налагают на производные динамической матрицы следующее ограничение:

$$\langle e_1^{ак} | D_{22} | \Gamma'_{15}(1|3) \rangle = 0.$$

Иными словами, в упругие постоянные отличный от нуля вклад дают взаимодействия акустических ветвей только с комбинационно активными оптическими ветвями.

В рамках модифицированной модели жестких ионов, при условии  $u = 3/8$  ( $u$  — структурный параметр), наложенном на короткодействующую часть динамической матрицы это условие выполняется тождественно. Используя базисные функции соответствующих неприводимых представлений [2], а также значения параметров модели, имеющиеся в приведенной таблице, для УП  $\text{CdIn}_2\text{S}_4$  были получены следующие значения:

$$c_{11} (10^{11} \text{ дн./с.м}^2) = 6,56; \quad c_{44} = 0,755; \quad c_{12} = 2,80.$$

Для УП  $\text{Al}_2\text{MgO}_4$  получались нефизические значения, такие как  $c_{11} < 1$ . Причиной этому является то, что при определении параметров теории  $e_A, e_X, f_1, f_2, f_3, f_4$  для  $\text{Al}_2\text{MgO}_4$  не использовалась информация о разнице  $\omega_L - \omega_T$ , ограничивающей величины эффективных зарядов.

К сожалению, значения УП для  $\text{CdIn}_2\text{S}_4$  не были экспериментально определены, что лишило нас возможности соответствующих сравнений. Значение же температуры Дебая, вычисленное по известным УП для  $\text{CdIn}_2\text{S}_4$ ,  $\theta_D^{\text{теор}} = 175^\circ\text{K}$ , графическим методом Маркуса [4] продемонстрировало хорошее согласие с показанием эксперимента  $\theta_{\text{калор}}^{\text{экспер}} = 181^\circ\text{K}$  [5].

Последнее обстоятельство является главным аргументом в пользу модифицированной модели жестких ионов, применительно к соединениям со структурой шпинели.

#### Литература

1. Борн М., Хуан Кунь. Динамическая теория кристаллической решетки. ИЛ, 1958.
2. Bruesch P., D'Ambrogio F. Phys. Stat. Sol. (b), 50, 513, 1972.
3. Koster, G. F., Properties of the 32 Point Groups, Massachusetts, 1963.
4. Физическая акустика. Под ред. У. Мэсона, т. III, ч. Б. Мир\*, 1963.
5. Mamedov K. K., Phys. Stat. Sol. (a), 9, K 149, 1972.

Институт физики

Поступило 21. XI 1977

Ф. М. Гашимзаде, К. Э. Рустамов, В. Я. Штейншрайбер

### ШПИНЕЛ ТИПЛИ БИРЛЭШМЭЛЭРИН ЭЛАСТИКЛИК САБИТЛЭРИ

Симметрия нәзәријәсинин тәтбиги әсасында шпинел типли бирлэшмәләрин эластиклики сабитләри үчүн компакт ифадәләр алынмышдыр. CdIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> үчүн бу сабитләрин вә Дебай температурунун әдәди гиймәтләри һесаблинмыш вә экспериментлә тутушдурулмушдур.

F. M. Gashimzade, K. A. Rustamov, V. I. Shteinshreiber

### ELASTIC CONSTANTS FOR THE COMPOUND WITH SPINEL STRUCTURE

The compact expressions for the elastic constants for the compound with spinel structure have been obtained. The numerical estimates of elastic constants and Debye temperature have been calculated for CdIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.

Чл.-корр. АН Азерб. ССР М. И. АЛИЕВ, Д. Г. АРАСЛЫ, Р. Э. ГУСЕЙНОВ

### РОЛЬ ЧЕТЫРЕХФОНОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФОНОН-ФОНОННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АНТИМОНИДА ГАЛЛИЯ

Несмотря на то, что исследованию теплопроводности соединения GaSb посвящено много работ [1÷4], количественный анализ экспериментальных данных по фононной теплопроводности при высоких температурах ( $T > \theta_D$ ) не проведен. Такой анализ позволил бы оценить вклады различных поляризованных ветвей акустических колебаний в теплопроводность решетки, роль оптико-акустического взаимодействия и многофононных процессов в фонон-фононном рассеянии при высоких температурах.

С этой целью, методом светового импульсного нагрева [5], в интервале температур  $300 \div 700^\circ\text{K}$  измерена температуропроводность ( $\alpha$ )  $p$ -GaSb с  $p = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . По измеренным значениям была вычислена общая теплопроводность  $\kappa_{\text{общ.}} = \rho C \alpha$ . Значения  $\rho$  и  $C$  взяты из работы [6]. Расчеты показали, что  $\kappa$ , обусловленная носителями тока пренебрежимо мала (при  $700^\circ\text{K}$   $\kappa_{\text{и}} \sim 3\% \kappa_{\text{общ.}}$ ). На рисунке приведена температурная зависимость фононной теплопроводности. Как видно из рисунка, наблюдается сильная температурная зависимость  $\kappa_{\text{ф}}$  ( $\kappa_{\text{ф}} \sim T^{-1.4}$ ).

Для количественного анализа экспериментальных результатов по фононной теплопроводности GaSb было применено приближение времени релаксации и рассчитаны вклады трех поляризованных ветвей акустических фононов в теплопроводность. Вклад каждой ветви может быть представлен в виде:

$$\kappa_i = \frac{\kappa}{6\pi^2 \bar{v}_i} \int_0^{\tau_{cl} \omega_1} \frac{h^{*2} \omega^2}{\kappa^2 T^2} \cdot \frac{\exp \frac{h^* \omega}{\kappa T}}{\left( \exp \frac{h^* \omega}{\kappa T} - 1 \right)^2} \cdot \omega^2 d\omega, \quad (1)$$

где:  $i$  — характеризует поляризационную ветвь,  $\kappa$  — постоянная Больцмана;  $\bar{v}_i$  — групповая скорость фононов;  $\omega_1$  — максимальное значение частоты фононов отдельной поляризационной ветви на границе зоны Бриллюэна;  $\tau_{cl}$  — комбинированное время релаксации всех процессов рассеяния фононов соответствующей поляризации.

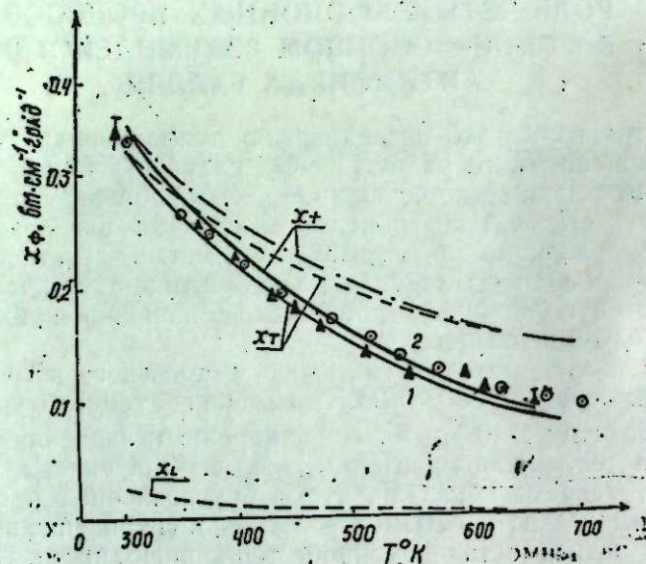
При учете лишь трехфононных процессов ( $\tau_{3\text{ф}}$ ) и рассеяния фононов на точечных дефектах ( $\tau_{\text{т.д.}}^{-1} = A\omega^4$ , комбинированное время релаксации можно представить в виде  $(\tau_{cl})^{-1} = A\omega^4 + (\tau_{3\text{ф}})^{-1}$ , где параметр  $A$  определяется известным соотношением Клеменса [7].

Из-за сильного различия граничных частот продольных и поперечных акустических ветвей в соединении GaSb при расчете  $\kappa_{\text{ф}}(T)$ , фононную теплопроводность можно представить в виде суммы отдельных составляющих:  $\kappa_{\text{ф}} = \kappa_L + \kappa_{T1} + \kappa_{T2}$  и тем самым рассчитать вклады продольных  $\kappa_L$  и поперечных низкочастотных  $\kappa_{T1}$  и высокочастотных  $\kappa_{T2}$  акустических фононов в теплопроводность решетки.

\*  $h^*$  — Постоянная Планка

Для проведения таких расчетов была применена модель Холланда [8], согласно которой релаксационные соотношения  $N$  и  $U$ -трехфононных процессов продольных и поперечных фононов имеют вид:

$$\begin{aligned} (\tau_{3\phi L})^{-1} &= (\tau_L)_N^{-1} + (\tau_L)_U^{-1} = B_L \omega^2 T^3 \\ (\tau_{3\phi T})^{-1} &= (\tau_{T1})_N^{-1} + (\tau_{T2})_U^{-1} = B_{TN} \omega T^4 \\ (\tau_{3\phi T2})^{-1} &= (\tau_{T2})_N^{-1} + (\tau_{T2})_U^{-1} = B_{TN} \omega T + B_{TU} \frac{\omega^2}{sh \frac{\hbar^* \omega}{kT}} \end{aligned} \quad (2)$$



Фононная теплопроводность GaSb: 1—наши данные, 2—взяты из [10], пунктирные линии—расчеты по модели Холланда [8] без учета четырехфононных процессов, сплошные линии—с учетом четырехфононных процессов.

$$A = 0,8 \cdot 10^{14} \text{ сек}^{-3}; B_L = 0,22 \cdot 10^{22} \text{ сек} \cdot \text{град}^{-3};$$

$$B_{TN} = 0,2 \cdot 10^{10} \text{ град}^{-4}; B_{TU} = 3,2 \cdot 10^{18} \text{ сек};$$

$$B_{11} = 1,23 \cdot 10^{22} \text{ сек} \cdot \text{град}^{-2}$$

Результаты расчетов  $\kappa_\phi$  по модели Холланда, с учетом рассеяния фононов на точечных дефектах, представлены на рисунке пунктирными линиями, в сопоставлении с экспериментальными результатами (точки). Необходимые для расчетов сведения о частотах и скоростях продольных и поперечных фононов в GaSb взяты из [9]. Расчеты показали, что вклад низкочастотных поперечных фононов  $\zeta_{T1}$  в  $\kappa_\phi$  пренебрежимо мал при 300°K, поэтому на рисунке температурная зависимость  $\kappa_T$  не приводится. Вклад продольных фононов  $\kappa_L$ , вносящих при 300°K лишь 5% в  $\kappa_\phi$ , уменьшается с температурой как  $T^3$  и составляет при 700°K доли процента  $\kappa_\phi$ . При температурах выше 500°K, фононная теплопроводность обусловлена только высокочастотными поперечными фононами. Из рисунка видно, что модель Холланда не описывает температурную зависимость  $\kappa_\phi(T)$  в GaSb. Для объяснения наблюдаемой зависимости  $\kappa_\phi(T) \sim T^{-1,4}$  GaSb, в комбинарованное время релаксации высокочастотных поперечных фононов, наряду с трехфононными, были включены и четырехфононные процессы с временем релаксации вида:  $(\tau_{4\phi})^{-1} = B_{11} \omega^2 T^2$ . Результаты расчетов  $\kappa_\phi$  с учетом четырехфононных процессов представлены на рисунке сплошными линиями. Следует отметить, что модель Холланда и

учет четырехфононных процессов позволяют количественно описать поведение  $\kappa_\phi$ , наблюдаемое не только в наших экспериментах, но и результаты других авторов. На рисунке наряду с нашими данными представлены экспериментальные результаты по  $\kappa_\phi$  GaSb, полученные в [10] и объясняемые авторами оптико-акустическим взаимодействием.

Таким образом, количественный анализ  $\kappa_\phi$  соединения GaSb показал, что основной вклад в теплопроводность решетки при высоких  $T$  вносят высокочастотные поперечные акустические фононы и в межфононном рассеянии наряду с трехфононными существенную роль играют и четырехфононные процессы.

#### Литература

1. Иоффе А. В., Иоффе А. Ф. ДАН СССР, 97, 5, 1954, 98, 757, 1954.
2. Abdullayev G. B., Aliev M. I., Safaraliev G. J. Phys. Stat. Sol., 17, 777, 1966.
3. Briggs A. G., Challs L. J., Sheard F. W. Phys. C. Sol. St. Phys, V3, 6-7, 1967.
4. Амирханов Х. И., Магомедов Я. Б. ФТТ, 8, 1, 1966 5, Алнев М. И., Гусейнов Р. Э., Араслы Д. Г. ИФЖ, 22, 1055, 1972.
5. Маделунг О. Физика полупроводниковых соединений A<sup>III</sup> B<sup>V</sup>, Мир, М., 1967.
6. Klemens P. G. Phys. Rev. 119, 507, 1960.
7. Holland M. G. Phys. Rev. 132, 2461, 1963; B3, 3575, 1971.
8. Guiller G. Le, Albany H. J., J. Phys, 31, 495, 1970.
9. Steigmeier E. F. Kudman J. Phys. Rev. 141, 767, 1966.

Институт физики

Поступило 25. XI. 1977.

М. И. Алиев, Д. Г. Араслы, Р. Э. Гусейнов

#### GaSb-ун ФОНОН-ФОНОН ГАРШЫЛЫГЛЫ ТЭ'СИРИНДЭ ДӨРДФОНОНЛУ ПРОСЕСЛЭРИН РОЛУ

Мөгалэдэ GaSb-ун 300 ÷ 700°K температур интервалында фонон истилик кечирмэси кэмијјэтчэ тэдгиг едилмишдир. Гэфэс истилик кечирмэсинин эсасэн енинэ акустик фононарла олмасы вэ фононарлардын сепилмэсиндэ үчфононлу просеслэрлэ јанашы дөрдфононлу просеслэрин дэ эсас рол ојнадыгы көстөрилмишдир.

M. I. Aliev, D. G. Arasly, R. E. Guseinov

#### FOUR-PHONON PROCESSES IN THE THERMAL CONDUCTIVITY OF GaSb

The quantity analysis of the phonon thermal conductivity has been made for GaSb in the temperature range 300°—700°K.

It has been shown that the basic contribution to the lattice thermal conductivity is due to the transverse phonons and the role of four-phonon processes is essential together with three-phonon processes.

Чл.-корр. АН Азерб. ССР А. А. АБДУЛЛАЕВ, А. М. БАЙРАМОВ

**О РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ НЕФТЕДОБЫЧИ НА МНОГОПЛАСТОВЫХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

Все управление в системе нефтедобывающего производства (НДП) НГДУ служит средством направленного изменения динамики добычи путем перераспределения отборов и закачки жидкости по скважинам. Управление процессом разработки нефтеносного пласта осуществляется в соответствии с долгосрочными целями и составляет основу перспективного планирования. При этом в основе разработки месторождения лежит принцип максимизации конечной нефтеотдачи. Использование экономико-математических моделей, учитывающих лишь статические режимы, позволяет оптимизировать процесс управления НДП на некоторый момент времени. Однако такая стратегия управления не может быть применена для разработки месторождения на весь период эксплуатации пласта, так как в процессе разработки из-за нарастающего обводнения пласта имеются все условия статической оптимизации режимов работы скважин. Поэтому оптимизацию нефтедобычи необходимо проводить с учетом динамических процессов обводнения.

Использование экономико-математических моделей, учитывающих динамические режимы разработки многопластового нефтяного месторождения позволит народному хозяйству получить значительный эффект, с одной стороны, за счет оптимизации добычи нефти по интервалам планового периода и наиболее полного использования имеющихся ресурсов и природных запасов, а, с другой стороны, за счет оптимизации режимов работы скважин, позволяющих увеличить текущую нефтедобычу при значительном уменьшении количества добываемой попутной воды.

Данная статья посвящена вопросам выбора режимов работы скважин на многопластовых нефтяных месторождениях таким образом, чтобы при выполнении технологических ограничений минимизировать количество нефти, которое остается в пласте к концу периода разработки  $T$ . Решение указанной задачи позволит увеличить коэффициент конечной нефтеотдачи путем выбора рационального режима эксплуатации.

**Постановка задачи оптимизации режимов работы скважин**

Относительно многопластового нефтяного месторождения сделаем следующие предположения:

Месторождение состоит из  $n$  горизонтальных пластов с различными проницаемостями  $\kappa_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ), чередующихся с проницаемыми перемычками  $\kappa_j^0$  ( $j = \overline{1, n-1}$ );

вследствие малой проницаемости перемычки  $\kappa_j^0 \ll \kappa_i$ , горизонтальная фильтрация в перемычке пренебрежимо мала по сравнению с вертикальным движением;

используется расчетная схема фильтрации Мятнева—Гиринского [1].

Задача оптимального управления многопластовым нефтяным месторождением с учетом двухфазности потока и наличием капиллярного скачка может быть сформулирована следующим образом.

Требуется найти режим работы скважин, максимизирующий количество нефти, добытое из пласта за заданное время.

$$Q(T) = \sum_{i=1}^n m_i \iint_{\Omega} [\sigma_i(x, y, 0) - \sigma_i(x, y, T)] dx dy \quad (1)$$

Функция распределения насыщенности  $\sigma(x, y, t)$  и давление  $P_i(x, y, t)$  по пластам удовлетворяют системе дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} m_i \frac{\partial \sigma_i}{\partial t} &= \text{div } \kappa \kappa_i^n(\sigma_i) \text{ grad } P_i^p + \text{div } \kappa \kappa_i^n(\sigma_i) \text{ grad } P_i^k + \\ &+ \alpha_{ij}^n (P_{i+1}^n - P_i^n) - \alpha_{ij-1}^n (P_i^n - P_{i-1}^n) + \alpha_{ij}^k (P_{i+1}^k - P_i^k) - \\ &\quad - \alpha_{ij-1}^k (P_i^k - P_{i-1}^k) \\ &\text{div } \kappa [\kappa_i^n(\sigma_i) + \kappa_i^p(\sigma_i)] \text{ grad } P_i^p + \text{div } \kappa \kappa_i^n(\sigma_i) \cdot \text{grad } P_i^k + \\ &+ \alpha_{ij}^{n+p} (P_{i+1}^p - P_i^p) - \alpha_{ij-1}^{n+p} (P_i^p - P_{i-1}^p) + \alpha_{ij}^k (P_{i+1}^k - P_i^k) - \\ &\quad - \alpha_{ij-1}^k (P_i^k - P_{i-1}^k) = 0 \\ &\quad i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n-1} \end{aligned} \quad (2)$$

при следующих граничных и начальных условиях в начальный период времени  $t=0$

$$\sigma_i(x, y, 0) = \sigma_i^{\text{зад}}(x, y) \quad x, y \in \Omega \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$P_i^p(x, y, 0) = P_i^p(x, y) \quad x, y \in \Omega$$

на внешнем контуре  $\Gamma_0$  пластов (контур нагнетательных скважин)

$$\sigma_i(x, y, t) = \sigma_i^{\text{вн}}(x, y, t) \quad x, y \in \Gamma_0 \quad t \in (0, T)$$

$$P_i^p(x, y, t) = P_i^{\text{вн}}(x, y, t) \quad (4)$$

на внутренних контурах (контуре эксплуатационных скважин),

$$\Gamma_j, j = \overline{1, N}$$

$$\sigma(x, y, t) = \sigma_{cj}(t) \quad (5)$$

$$\int_{\Gamma_j} \frac{\partial \sigma}{\partial n}(x, y, t) = 0 \quad (6)$$

$$P_i^p(x, y, t) = P_{cj}(t) \quad (7)$$

$$\kappa [\kappa_p(\sigma_{cj}) + \kappa_n(\sigma_{cj})] \int_{\Gamma_j} \frac{\partial P_i^p}{\partial n} ds = q_j \quad (8)$$

$$P_{cj}(t) > P^{\text{min}}(t) \quad j = \overline{1, N} \quad t \in (0, T), \quad (9)$$

$$q_1(t) \geq 0$$

где  $\Omega$ —двумерная область,  $m_i$ —пористость  $i$ -го пласта  $\kappa \kappa_i^n(\sigma)$ ;  $\kappa \kappa_i^p(\sigma)$ —гидропроводности нефти и воды  $i$ -го пласта, являющиеся заданной функцией координат и насыщенности,  $\sigma_i(x, y, t)$ —функция распределения нефтенасыщенности в  $i$ -ом пласте,  $P_i^p(x, y, t)$ ,  $P_i^k(x, y, t)$ —функция распределения давления, соответственно в водяной и нефтяной фазе в  $i$ -ом пласте,  $P_i^p(x, y, t) - P_i^k(x, y, t) = P_i^k$ —известная



функция нефтенасыщенности  $\frac{\partial u}{\partial n}(x, y, t)$  — производные функции  $u(x, y, t)$  вдоль внутренней нормали к границе,

$$\operatorname{div} \kappa \operatorname{grad} P = \frac{\partial}{\partial x} \kappa \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \kappa \frac{\partial P}{\partial y}$$

$$\alpha_{ij}^n = \frac{\kappa_j^0}{\kappa_i^n h_i h_j^0}; \quad \alpha_{ij}^p = \frac{\kappa_j^0}{\kappa_i^p h_i h_j^0};$$

$$\alpha_{ij}^{n+p} = (\alpha_{ij}^n + \alpha_{ij}^p) = \left( \frac{1}{\kappa_i^n} + \frac{1}{\kappa_i^p} \right) \frac{\kappa_j^0}{h_i h_j^0}$$

$\kappa_j^0, h_j^0$  — соответственно гидропроводность и мощность перемычки  $h_i$  — мощность  $i$ -го пласта

$$P^n = \langle P_i^n(x, y, z, t) \rangle = \frac{1}{h_i} \int_{z_{i-1}}^{z_i} P_i^n(x, y, z, t) dz$$

$$\sigma_i(x, y, t) = \langle \sigma_i(x, y, z, t) \rangle = \frac{1}{h_i} \int_{z_{i-1}}^{z_i} \sigma_i(x, y, z, t) dz$$

Условия (5) и (7) означают, что давления и насыщенность вдоль контура скважин являются лишь функциями времени, что вполне естественно ввиду малости радиуса скважин. Как известно,

$$q_j = [\kappa_n(\sigma_{cj}) + \kappa_p(\sigma_{cj})] \int_{\Gamma_j} \frac{\partial P_p}{\partial n} ds + \kappa_n(\sigma_{cj}) \int_{\Gamma_j} \frac{\partial P_k}{\partial n} ds \quad (8)$$

Ввиду больших градиентов давлений в окрестности скважин вторым членом в выражении (8) можно пренебречь, что эквивалентно условию

$$\kappa_n(\sigma_{cj}) \frac{dP_k(\sigma_{cj})}{d\sigma} \int_{\Gamma_j} \frac{\partial \sigma}{\partial n} ds = 0$$

или

$$\int_{\Gamma_j} \frac{\partial \sigma}{\partial n} ds = 0$$

Полученное соотношение обосновывает граничное условие (6).

В связи с тем, что  $\sigma_i(x, y, 0) = \sigma_i^{\text{зад}}(x, y)$  — функция заданная, то для целевой функции имеем

$$Z(\sigma) = \sum_{l=1}^n m_l \iint_{\Omega} \sigma_l(x, y, T) dx dy \rightarrow \min \quad (10)$$

Введем следующую функцию управления

$$G_i(x, y, t) = P_i^n(x, y, t) + \int_0^t \frac{\kappa_i^n(\xi)}{\kappa_i^n(\xi) + \kappa_i^p(\xi)} \frac{dP_i^k}{d\xi} d\xi = P_i^k(x, y, t) + f_{11}[\sigma(x, y, t)]$$

Системы (2)–(9) примут вид

$$m_i \frac{\partial \sigma_i}{\partial t} = \operatorname{div} \kappa \kappa_i^n(\sigma_i) \operatorname{grad} G_i + \operatorname{div} \kappa \kappa_i^n(\sigma_i) c_i(\sigma_i) \operatorname{grad} \sigma_i + \alpha_{ij}^n (G_{i+1} - G_i) - \alpha_{ij}^{n-1} (G_i - G_{i-1}) + \alpha_{ij}^n (f_{2i+1} - f_{2i}) - \alpha_{ij}^{n-1} (f_{2i} - f_{2i-1}) - \operatorname{div} \kappa [\kappa_i^n(\sigma_i) + \kappa_i^p(\sigma_i)] \operatorname{grad} G_i + \alpha_{ij}^{n+p} (G_{i+1} - G_i) -$$

$$- \alpha_{ij}^{n+p} (G_i - G_{i-1}) + \alpha_{ij}^n (f_{2i+1} - f_{2i}) - \alpha_{ij}^{n-1} (f_{2i} - f_{2i-1}) - \alpha_{ij}^p (f_{1i+1} - f_{1i}) + \alpha_{ij}^{p-1} (f_{1i} - f_{1i-1}) = 0,$$

где

$$f_{2i}(\sigma) = P_i^k(\sigma) - f_{11}(\sigma) \quad c(\sigma_i) = \frac{df_{2i}(\sigma_i)}{d\sigma_i} = \frac{d}{d\sigma_i} [P_i^k(\sigma) - f_{11}(\sigma)]$$

$$G_i(x, y, 0) = G_i^0 = P_i^0(x, y) + f_{11}[\sigma_i^0(x, y)] \quad x, y \in \bar{\Omega} \\ \sigma_i(x, y, 0) = \sigma_{i0}(x, y)$$

$$G_i(x, y, t) = G_i^k(x, y, t) = P_i^k(x, y, t) + f_{11}[\sigma_i^k(x, y, t)] \quad x, y \in \Gamma_0$$

$$\sigma_i(x, y, t) = \sigma_i^k(x, y, t) \quad y, x \in \Gamma_0, \quad t \in (0, T) \quad i = \overline{1, n} \quad (12)$$

$$\sigma_i(x, y, t) = \sigma_{icj}(t) \quad x, y \in \Gamma_j \\ \int_{\Gamma_j} \frac{\partial \sigma_i}{\partial n}(x, y, t) ds = 0 \quad \left. \begin{array}{l} t \in (0, T) \quad j = \overline{1, N} \quad i = \overline{1, n} \end{array} \right\} \quad (13)$$

$$G_i(x, y, t) = G_i(t) = P_i(t) + f_{11}[\sigma_i(t)] \quad x, y \in \Gamma_j$$

$$\kappa [\kappa_i^n(\sigma_{cj}) + \kappa_i^p(\sigma_{cj})] \int \frac{\partial G_i}{\partial n} ds = q_j(t)$$

$$G_{cj}(t) \geq P_j^{\min}(t) + f_{11}[\sigma_{cj}(t)] \\ q_j(t) \geq 0 \quad (14)$$

$$i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, N} \quad t \in (0, T).$$

Таким образом задача оптимального управления, приведенная выше, может быть сформулирована следующим образом.

Требуется найти  $G(x, y, t)$  и  $\sigma(x, y, t)$ , связанных условиями (11), при граничных и начальных условиях (12), (13), а также

$$G(x, y, t) \in U_0[t, \sigma(x, y, t)] \quad (15)$$

и доставляющих минимум функционалу (10), где

$$G(x, y, t) = (G_1, G_2, \dots, G_n) \quad \sigma(x, y, t) = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$$

$$U_0 = \{G(x, y, t) : \operatorname{div} \kappa [\kappa_i^n(\sigma_i) + \kappa_i^p(\sigma_i)] \operatorname{grad} G_i + \alpha_{ij}^{n+p} (G_{i+1} - G_i) -$$

$$- \alpha_{ij}^{n+p} (G_i - G_{i-1}) + \alpha_{ij}^n (f_{2i+1} - f_{2i}) - \alpha_{ij}^{n-1} (f_{2i} - f_{2i-1}) - \alpha_{ij}^p (f_{1i+1} - f_{1i}) + \alpha_{ij}^{p-1} (f_{1i} - f_{1i-1}) = 0 \quad x, y \in \Omega.$$

$$G_i(x, y, t) = P_i^k(x, y, t) + f_{11}[\sigma_i^k(x, y, t)] \quad x, y \in \Gamma_0$$

$$G_i(x, y, t) = G_{cj}(t) \quad x, y \in \Gamma_j$$

$$\int_{\Gamma_j} \kappa [\kappa_i^p(\sigma_{cj}) + \kappa_i^n(\sigma_{cj})] \frac{\partial G}{\partial n} ds = q_j(t)$$

$$G_{cj}(t) \geq P_j^{\min}(t) + f_{11}[\sigma_{cj}(t)] \quad q_j(t) \geq 0 \\ i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, N}$$

### Алгоритм решения

Допустим, что  $G_*(x, y, t)$  и  $\sigma_*(x, y, t)$  — некоторое „диспетчерское“ решение, т. е. решение, удовлетворяющее уравнению (11) и условиям (12), (13), (14). В качестве такого решения можно взять решение при статической оптимизации. Решению  $(\sigma_*, G_*)$  отвечает некоторое значение функционала

$$Z_* = m \iint_{\Omega} \sigma_*(x, y, t_*) dx dy$$

Вводя новые переменные  $\sigma = \sigma_* + \delta\sigma$ ,  $G = G_* + \delta G$  линеаризуем уравнение (11)

$$m_1 \frac{\partial \delta\sigma_1}{\partial t} = \operatorname{div} \kappa \frac{d\kappa_1^H}{d\sigma_1}(\sigma_*) \delta\sigma_1 \operatorname{grad} G_* + \operatorname{div} \kappa \frac{d\kappa_1^H(\sigma_*)}{d\sigma_1} \delta\sigma_1 \operatorname{grad} f_1 +$$

$$+ \operatorname{div} \kappa \kappa_1^H \frac{df_1(\sigma_*)}{d\sigma_1} \operatorname{grad} \delta\sigma_1 + \operatorname{div} \kappa \kappa_1^H \operatorname{grad} \delta G + \alpha_{ij}^{H_1} (\delta G_{i+1} - \delta G_i) -$$

$$- \alpha_{ij-1}^{H_1} (\delta G_i - \delta G_{i-1}) \quad (16)$$

$$\operatorname{div} \kappa [\kappa_1^H(\sigma_*) + \kappa_1^B(\sigma_*)] \operatorname{grad} \delta G_i + \alpha_{ij}^{H+B}(\sigma_*) (\delta G_{i+1} - \delta G_i) -$$

$$- \alpha_{ij-1}^{H+B}(\sigma_*) (\delta G_i - \delta G_{i-1}) = 0 \quad i = 1, n$$

При следующих начальных и граничных условиях

$$\left. \begin{aligned} \delta G_1(x, y, t) &= 0 \\ \delta\sigma_1(x, y, t) &= 0 \end{aligned} \right\} x, y \in \Gamma_{01}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta\sigma(x, y, t) &= \delta\sigma_{cj}(t) \\ \int_{\Gamma_j} \frac{\partial \delta\sigma}{\partial n}(x, y, t) ds &= 0 \end{aligned} \right\} x, y \in \Gamma_j \quad j = \overline{1, N} \quad t \in (0, T)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta\sigma(x, y, 0) &= 0 \quad x, y \in \overline{\Omega} \\ \delta G_i(x, y, t) &= \delta G_{cj}(t) \end{aligned} \right\}$$

$$\kappa(\kappa_1^H + \kappa_1^B) \int_{\Gamma_j} \frac{\partial \delta G_i}{\partial n}(x, y, t) ds = \delta q_1$$

Замечание. Так как  $\kappa_n(\delta) + \kappa_n(\sigma)$  мало изменяется при изменении насыщенности [2] и  $\kappa(x, y)$  определяется с большой погрешностью (это связано с тем, что значения погрешности заданы только на скважинах и для определения  $\kappa(x, y)$  необходимо применять различные методы интерполяции), то мы предположили

$$\kappa_n(\sigma_* + \delta\sigma) + \kappa_n(\sigma) \approx \kappa_n(\sigma_*) + \kappa_n(\sigma_*)$$

$$\alpha_{ij}^H(\sigma_* + \delta\sigma) \approx \alpha_{ij}^H(\sigma_*) \quad \alpha_{ij}^{H+B}(\sigma_* + \delta\sigma) \approx \alpha_{ij}^{H+B}(\sigma_*)$$

$$\alpha_{ij}^{H+B}(\sigma_* + \delta\sigma) \approx \alpha_{ij}^{H+B}(\sigma_*)$$

$$\alpha_{ij}^H(\sigma_* + \delta\sigma) \cdot f_{21}(\sigma_* + \delta\sigma) \approx \alpha_{ij}^H(\sigma_*) \cdot f_{21}(\sigma_*)$$

$$\alpha_{ij}^B(\sigma_* + \delta\sigma) \cdot f_{11}(\sigma_* + \delta\sigma) \approx \alpha_{ij}^B(\sigma_*) \cdot f_{11}(\sigma_*)$$

Таким образом наша задача состоит в том, чтобы так выбрать  $\delta G(x, y, t) = (\delta G_1, \delta G_2, \dots, \delta G_n)$ , чтобы  $\delta G(x, y, t) = (\delta G_1, \delta G_2, \dots, \delta G_n)$  удовлетворила системе дифференциальных уравнений (16) при выбранных граничных условиях (17) и минимизировала функционал (18):

Для решения задачи (16)–(18), найдем функцию  $\psi(x, y, t) = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n)$  удовлетворяющую в интервале  $(0, T)$  линейному дифференциальному уравнению

$$m_1 \frac{\partial \psi_1}{\partial t} = \kappa \frac{d\kappa_1^H}{d\sigma}(\sigma_*) \operatorname{grad} G_1^* \operatorname{grad} \psi_1 + \kappa \frac{d\kappa_1^B}{d\sigma}(\sigma_*) \operatorname{grad} f_{11}(\sigma_*) \operatorname{grad} \psi_1 -$$

$$- \operatorname{div} \kappa \kappa_1^H(\sigma_*) \frac{df_{11}}{d\sigma} \operatorname{grad} \psi_1 \quad i = \overline{1, n} \quad (19)$$

При следующих начальных и граничных условиях:

$$\left. \begin{aligned} \psi(x, y, t) &= 0 \quad x, y \in \Gamma_0 \quad \psi(x, y, T) = 1 \quad x, y \in \overline{\Omega} \\ \psi(x, y, t) &= \psi_{cj}(t) \quad x, y \in \Gamma_j \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$\int_{\Gamma_j} \left\{ \left[ \kappa \kappa_1^B(\sigma_*) \frac{df_{11}}{d\sigma}(\sigma_*) \right] \frac{\partial \psi_1}{\partial n} - \left[ \kappa \frac{d\kappa_1^H}{d\sigma}(\sigma_*) \frac{\partial G_1(\sigma_*)}{\partial n} \right] \psi_1 \right\} ds = 0$$

Нетрудно проверить, что при этом приращение функционала (18) может быть записано в виде

$$\delta q_1(T) = m_1 \int_0^T \int_{\Omega} \delta\sigma_1(x, y, T) dx dy = \int_0^T \left\{ \int_{\Omega} \psi_1 [\operatorname{div} \kappa \kappa_1^H(\sigma_*) \operatorname{grad} \delta G_1 + \right.$$

$$\left. + \alpha_{ij}^H(\sigma_*) (\delta G_{i+1} - \delta G_i) - \alpha_{ij-1}^H(\sigma_*) (\delta G_i - \delta G_{i-1})] dx dy \right\} dt \quad (21)$$

$$i = \overline{1, n}$$

Следовательно, для выбора  $\delta Q = \{\delta q_1, \delta q_2, \dots, \delta q_n\}$  необходимо решить следующую статическую задачу оптимизации

$$\min \left\{ \int_{\Omega} \psi_1(x, y, t) [\operatorname{div} \kappa \kappa_1^H(\sigma_*) \operatorname{grad} \delta G_1 + \alpha_{ij}^H(\sigma_*) (\delta G_{i+1} - \delta G_i) - \right.$$

$$\left. - \alpha_{ij-1}^H(\sigma_*) (\delta G_i - \delta G_{i-1})] dx dy = \min \left\{ \int_{\Omega} \delta G_1 \operatorname{div} \kappa \kappa_1^H(\sigma_*) \operatorname{grad} \psi_1 + \right.$$

$$\left. + \psi_1 [\alpha_{ij}^H(\sigma_*) (\delta G_{i+1} - \delta G_i) - \alpha_{ij-1}^H(\sigma_*) (\delta G_i - \delta G_{i-1})] dx dy + \right.$$

$$\left. + \sum_{j=1}^N \int_{\Gamma_j} \left[ \kappa \kappa_1^H(\sigma_*) \psi_1 \frac{\partial (\delta G_1)}{\partial n} ds - \int_{\Gamma_j} \kappa \kappa_1^H(\sigma_*) \frac{\partial \psi_1}{\partial n} \delta G_1 ds \right] \right\} \quad (22)$$

$$i = \overline{1, n}$$

При условии, что

$$\operatorname{div} \kappa [\kappa_1^H(\sigma_*) + \kappa_1^B(\sigma_*)] \operatorname{grad} \delta G_i + \alpha_{ij}^{H+B}(\sigma_*) (\delta G_{i+1} - \delta G_i) -$$

$$- \alpha_{ij-1}^{H+B}(\sigma_*) (\delta G_i - \delta G_{i-1}) = 0$$

$$\delta G_i = \delta G_{cj} \quad x, y \in \Gamma_j \quad j = \overline{1, N}$$

$$\int_{\Gamma_j} [\kappa_1^H(\sigma_*(x, y, t)) + \kappa_1^B(\sigma_*(x, y, t))] \frac{\partial \delta G_i}{\partial n}(x, y, t) ds = q_1$$

$$q_1 > 0 \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, N}$$

$$\delta G_{cj} \geq P_{cj}^{\min} + f_{11}[\sigma_{cj}(x, y, t)]$$

Алгоритм решения имеет следующий вид.

1. Из решения линейного дифференциального уравнения (19) при граничных и начальных условиях (20) находим функцию

$$\psi(x, y, t) = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n)$$

2. Вычисляем из решения статической оптимальной задачи (21)–(22)

$$\delta G = (\delta G_1, \delta G_2, \dots, \delta G_n) \quad \text{и} \quad \delta Q = (\delta q_1, \delta q_2, \dots, \delta q_n)$$

3. А из решения линейного дифференциального уравнения (16) при граничных условиях (17), находим

$$\delta\sigma = (\delta\sigma_1, \delta\sigma_2, \dots, \delta\sigma_n).$$

#### Литература

1. Гусейн-заде М. А. Особенности движения жидкости в неоднородном пласте. Изд-во "Недра", М., 1965. 2. Коллинз Р. Течение жидкостей через пористые материалы. Изд-во "Недра", М., 1965.

Нефтехимавтомат

Поступило 23. X 1977

А. А. Абдуллаев, А. М. Бајрамов

## ЧОХЛАЛЫ НЕФТ ЈАТАГЛАРЫНДА ОПТИМАЛ НЕФТ ЧЫХАРЫЛМАСЫНЫН БЭ'ЗИ МЭСЭЛЭЛЭРИНИН НЭЛЛИ

Мөгаләдә чохлајлы нефт јатагларында сулашманын динамик процесләрини нәзәрә алмагла нефтчыхармада оптимал идарәетмә мәсәләсинин нәлл алгоритми верилмишдир.

Көстәрилмишдир ки, бу динамик оптимал идарәетмә мәсәләсинин бәлзи бир нечә статик мәсәләләрин нәллине кәтирир.

Верилән алгоритм әсасында гујуларын иш режими елә сечилир ки, истисмарын сонунда лајда галан нефтин мигдары минимум олсун.

A. A. Abdullaev, A. M. Bayramov

## ABOUT THE DETERMINATION OF SOME PROBLEMS IN OPTIMAL OILEXTRACTION IN MULTISTRATUM OIL LAYERS

This paper suggests the algorithm of the solution for the problem on optimal controlling oil extraction in multistratum-oil layers considering the dynamic processes of supplying water.

It is shown that the solution of this dynamic problem for optimal controlling converges to a set of statistic problem solution. On the basis of this algorithm boring well conditions of work are chosen in such a way as to limit the quantity of remaining oil in the stratum by the end of the work of the well.

АЗӘРБАЈЧАН ССР ЕЛМЛӘР АКАДЕМИЈАСЫНЫН МӘ'РУЗӘЛӘРИ

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ТОМ XXXIV ЧИЛД

№ 3

1978

УДК 547. 592. 15 + 592.2

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И. Г. МУРСАКУЛОВ, А. Г. ТАЛЫБОВ, М. М. ГУСЕЙНОВ,  
М. Р. АСЛАНОВА, В. А. СМИТ, С. Ш. ВЕРДИЕВА

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЦИКЛОПЕНТЕНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ С ТЕТРАФТОРБОРАТОМ НИТРОНИЯ

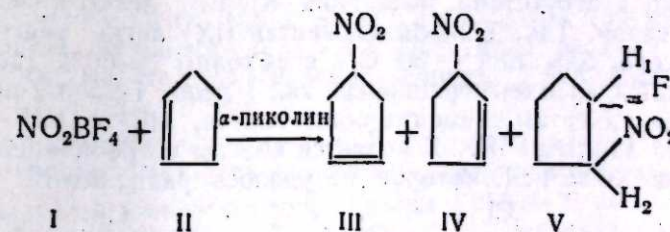
(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР С. Д. Мехтиевым)

Тетрафторборат нитрония  $\text{NO}_2\text{BF}_4$  (I) ранее был успешно применен для нитрования различных ароматических соединений [1], а также в качестве катализатора катионной полимеризации олефинов [2]. Попытки использовать его для нитрования парафинов привели к очень низким выходам целевых нитропарафинов [3], что не позволяет считать этот метод препаративно полезным. Имеется также несколько сообщений об использовании  $\text{NO}_2\text{BF}_4$  в качестве специфического нитрующего агента для частных случаев [4]. Однако сведений о нитровании олефинов с помощью I в литературе не имеется.

Ранее мы изучили взаимодействие циклогексена с I с целью обработки условий, обеспечивающих наибольший выход продуктов мононитрования\*. В результате этих исследований было найдено, что при реагировании  $\text{NO}_2\text{BF}_4$  с циклогексеном в растворе жидкого  $\text{SO}_2$  или в смешанном растворителе  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ : сульфолан = 3:1 и в присутствии  $\alpha$ -пиколина в качестве акцептора протонов с хорошими выходами образуются продукты мононитрования — непредельные нитроциклогексены и предельные нитрофторциклогексаны.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследований по взаимодействию I с цикlopентеном, 1-метилциклопентеном и 1-хлорциклопентеном.

Было найдено, что при реагировании  $\text{NO}_2\text{BF}_4$  с цикlopентеном (II) в аналогичных с циклогексеном условиях с 75 %-ным выходом образуется смесь трех основных продуктов в соотношении III:IV:V = 22:19:59.

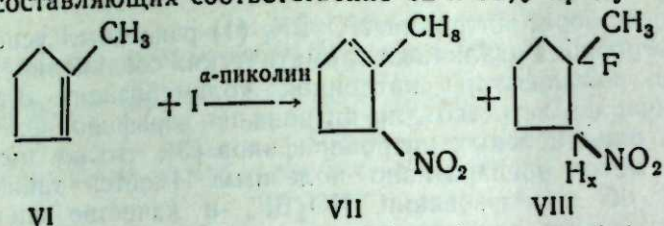


Из этой смеси методом препаративной ГЖХ в индивидуальном виде удалось выделить лишь соединение V, строение которого было доказано ИК-, ПМР- и масс-спектроскопическими методами. Поскольку разделить соединения III и IV не удалось, то доказательство строения их, соответственно, как 4-нитро- и 3-нитроциклопентенов основывалось на следующих фактах: элементарный состав смеси III и IV соответствовал составу нитроциклопентена; в ИК-спектре смеси наблюдался

\* Подробно результаты этих исследований будут опубликованы в ЖОРХе.

двойной набор полос поглощения симметричного ( $1335$  и  $1360$   $\text{см}^{-1}$ ) и антисимметричного ( $1520$  и  $1555$   $\text{см}^{-1}$ ) валентных колебаний  $\text{NO}_2$ -группы; анализ ПМР-спектра смеси подтверждает наличие в ней как соединения III, так и IV—сигналы протонов в  $\alpha$ -положении к нитрогруппе проявляются в виде сложных мультиплетов с  $\delta = 5,0$  м. д. (III) и  $5,32$  м. д. (IV), сигналы протонов двойной связи в случае III имеют вид виртуального синглета с  $\delta = 5,59$  м. д., а в соединении IV—сложный мультиплет с  $\delta = 6,15$  м. д., несимметричный дублет с  $\delta = 2,93$  м. д. и сложный мультиплет с  $\delta = 2,47$  м. д. являются сигналами метиленовых групп в III и IV соответственно. Кроме указанных соединений в реакционной смеси содержалось небольшое количество (3–4 %) продукта, который не удалось идентифицировать.

Взаимодействие I с 1-метилциклопентеном (VI) с общим выходом (80%) приводит к образованию смеси мономерных нитросоединений VII и VIII, составляющих соответственно 32 и 53% продуктов реакции:

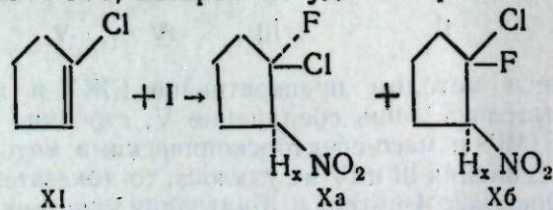


2-метил-3-нитроциклопентен-1 (VII) и 1-метил-, 1-фтор-, 2-нитроциклопентан (VIII) были выделены в чистом виде методом препаративной ГЖХ и идентифицированы на основании физико-химических характеристик, ИК- и ПМР-спектров. Интересно отметить, что величина константы спин-спинового взаимодействия в ПМР-спектре VIII ( $J_{\text{H}_x, \text{F}} = 19,5$   $\text{гц}$ ) указывает на транс-расположение атомов фтора и  $\text{H}_x$ . Следовательно, атака  $\text{NO}_2$ -группы и фтора по двойной связи 1-метилциклопентена, вопреки ожидаемому, протекает как аномальное цис-присоединение.

Кроме соединений VII и VIII в смеси содержатся еще два продукта нитрования (суммарное содержание 15%), которое выделить не удалось. Судя по относительным временам удерживания при ГЖХ хроматографировании, эти соединения [являются изомерными метилнитроциклопентенами.

При переходе к олефинам с малореакционной двойной связью нитрование в присутствии акцепторов протонов оказалось невозможным. Однако в отсутствие последних  $\text{NO}_2\text{BF}_4$  легко присоединяется к двойной связи. Так, 1-хлорциклопентен (IX) легко реагирует с I в среде жидкого  $\text{SO}_2$  при  $-30^\circ\text{C}$  и с выходом  $\sim 60\%$  дает продукт X. Последний был идентифицирован как 1-фтор-, 1-хлор-2-нитроциклопентан по результатам элементарного анализа, ИК- и ПМР-спектрами.

Судя по данным ГЖХ X является смесью стереоизомеров в соотношении  $\text{X}_a; \text{X}_b \approx 1:1$ , которое не удалось разделить.



#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Все ГЖХ анализы проводились в следующих условиях: стеклянные колонки  $200 \times 0,4$  см, наполненные 5%-ным силиконовым эластомером XE-60 на хроматоне AW,  $40$   $\text{мл/мин}$ .  $\text{N}_2$ ,  $120^\circ\text{C}$ , ДПИ. Пре-

паративные ГЖХ разделения осуществлялись на стеклянных колонках  $200 \times 1$ , 5% XE-60 на хроматоне AW,  $100$   $\text{мл/мин}$   $\text{N}_2$ ,  $140^\circ\text{C}$ , проба  $250$   $\text{мг}$ .

ИК-спектры снимались на спектрометре UR-10 в области призм  $\text{NaCl}$  и  $\text{LiF}$ . ПМР-спектры снимались на приборе BS 487B, фирмы Tesla, в  $\text{CCl}_4$ , TMS,  $\delta$  шкала. Во всех ПМР-спектрах интегральные интенсивности сигналов протонов соответствовали сделанному отношению.

Элементарные анализы всех синтезированных соединений соответствовали теоретически вычисленным.

Взаимодействие  $\text{NO}_2\text{BF}_4$  (I) с циклопентеном (II). К суспензии  $3,27$  г I в  $30$   $\text{мл}$  сухого  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  и  $10$   $\text{мл}$  сульфолана при  $-15$ – $20^\circ\text{C}$  в течение  $10$   $\text{мин}$  прибавляли охлажденный раствор  $1,53$  г циклопентена в  $10$   $\text{мл}$   $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  и  $1,9$   $\text{мл}$   $\alpha$ -пиколина (при использовании в качестве растворителя жидкого  $\text{SO}_2 + \text{CH}_2\text{Cl}_2$  реакцию проводили при  $-50$ – $60^\circ\text{C}$ ). Реакционная смесь перемешивалась при  $-5$ – $10^\circ\text{C}$  еще  $20$   $\text{мин}$  до полного растворения I и выливалась в перемешиваемую смесь  $50$   $\text{мл}$   $n$ -гексана и  $50$   $\text{мл}$  водного раствора бикарбоната натрия. Органический слой отделяли, водный экстрагировали  $n$ -гексаном ( $2 \times 25$   $\text{мл}$ ). Объединенный экстракт промывали водой, сушили над  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , гексан удаляли, остаток перегоняли в вакууме. Получено  $2,17$  г продуктов нитрования с т. кип.  $46$ – $70^\circ\text{C}/4$   $\text{мм}$ . Препаративной ГЖХ из этой смеси было выделено  $0,84$  г индивидуального V и  $0,55$  г смеси III и IV.

1-фтор-2-нитроциклопентан (V), т. кип.  $73$ – $75^\circ\text{C}/5$   $\text{мм}$ ,  $n_D^{20}$   $1,4504$ . ИК-спектр: интенсивные полосы поглощения при  $1375$  и  $1560$   $\text{см}^{-1}$ , соответствующие поглощениям симметричного и антисимметричного валентных колебаний  $\text{NO}_2$ -группы, отсутствует поглощение двойной связи; ПМР-спектр: широкий мультиплет с центром  $4,75$  м. д.—сигнал  $\text{H}_2$  частично перекрывающийся с двойным мультиплетом  $\text{H}_1$  с центром  $5,1$  м. д. и  $J_{\text{H}_1, \text{F}} = 48$   $\text{гц}$ , остальные протоны кольца проявляются в виде сложного мультиплета в области  $1,5$ – $2,9$  м. д. В масс-спектре V имеются пики с  $m/e$   $133$  ( $\text{M}^+$ ),  $113$  ( $\text{M}^+ - \text{HF}$ ),  $87$  ( $\text{M}^+ - \text{NO}_2$ ) и  $67$  ( $\text{M}^+ - \text{NO}_2 - \text{HF}$ ).

Смесь нитроциклопентенов III и IV имела т. кип.  $41$ – $42^\circ\text{C}/3$   $\text{мм}$  и  $n_D^{20}$   $1,4673$ . ИК- и ПМР-спектры этой смеси даны в обсуждении результатов экспериментов.

Взаимодействие  $3,6$  г 1-метилциклопентена с  $6,22$  г I по аналогичной методике дало  $4,8$  г продуктов реакции с т. кип.  $42$ – $70^\circ\text{C}/3$   $\text{мм}$ . Из этой смеси препаративной ГЖХ было выделено  $0,91$  г VII и  $1,67$  VIII.

2-метил-3-нитроциклопентен-1 (VII), т. кип.  $42$ – $44^\circ\text{C}/3$   $\text{мм}$ ,  $n_D^{20}$   $1,4678$ . ИК-спектр: интенсивные полосы поглощения при  $1370$  и  $1557$   $\text{см}^{-1}$  ( $\nu \text{NO}_2$ ), слабое поглощение при  $1650$   $\text{см}^{-1}$  ( $\nu \text{C}=\text{C}$ ). ПМР-спектр: уширенный синглет с  $\delta = 1,7$  м. д. ( $-\text{C}=\text{C}-\text{CH}_3$ ), мультиплет

с центром  $2,38$  м. д. ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ), сигнал  $-\text{CH}-\text{NO}_2$ , внешне похожий на дублет, имеет  $\delta = 5,13$  м. д. сигнал  $-\text{C}=\text{CH}-$  в виде широкого синглета с  $\delta = 5,78$  м. д.

1-метил-1-фтор-2-нитроциклопентан с т. кип.  $65$ – $66^\circ\text{C}/3$   $\text{мм}$  и  $n_D^{20}$   $1,4663$ . ИК-спектр: полосы поглощения при  $1380$  и  $1560$   $\text{см}^{-1}$  ( $\nu \text{NO}_2$ ), отсутствует поглощение  $\text{C}=\text{C}$ -связи. ПМР-спектр: дублет

с  $\delta = 1,52$  м. д. и  $J_{\text{CH}_2, \text{F}} = 21$  гц.  $\left( \begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{F} \end{array} \right)$ , наложенные мультиплеты

метиленовых протонов в области 1,5—2,8 м. д., двойной триплет  $-\text{CH}-\text{NO}_2$  с  $J_{\text{H,CH}_2} = 7$  гц и  $J_{\text{H,F}} = 19,5$  гц.

Взаимодействие I с 1-хлорциклопентеном (IX). К суспензии 5,24 г I в 50 мл жидкого  $\text{SO}_2$  при  $-30^\circ \text{C}$  в течение 15 мин прикапывали 3,8 г IX в 15 мл  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ . Реакционная смесь перемешивалась при  $-20-25^\circ \text{C}$  еще 30 мин и разлагалась в 100 мл гексана и 100 мл водного раствора бикарбоната натрия. После обычной обработки получено 3,7 г 1-фтор-1-хлор-2-нитроциклопентана с т. кип.  $52-54^\circ \text{C}/3 \text{ мм}$  и  $n_D^{20}$  1,4645. ИК-спектр: поглощение при 1370 и  $1565 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu \text{ NO}_2$ ), отсутствует поглощение  $\text{C}=\text{C}$ -связи. ПМР-спектр: мультиплетные сигналы протонов циклопентанового кольца в области 1,8—2,8 м. д., сложный мультиплет  $-\text{CH}-\text{NO}_2$  с  $\delta = 5,0$  м. д.

### Выводы

1. Исследовано взаимодействие циклопентена, 1-метилциклопентена и 1-хлорциклопентена с тетрафторборатом нитрония.
2. Показано, что основными продуктами реакции, получающимися с 60—80%-ными выходами, являются соответствующие продукты мононитрования—непредельные нитросоединения и предельные нитрофтораддукты.

### Литература

1. Kuhn S. J., Olah G. A. J. Am. Chem. Soc., 83, 4564, 1961; Olah G. A., Kuhn S. J. J. Org. Synth., 47, 56, 1967; Lynch B. M., Chen C. M., Wiegfield Yuk—Yung. Canad. J. Chem., 46, 1141, 1968. 2. Olah G. A. et al. J. Am. Chem. Soc., 82, 423, 1960. 3. Olah G. A., Olah J. A. J. Am. Chem. Soc., 93, 1259, 1971. 4. Olah G. A., Kuhn S. J. Chem. and Ind., 98, 1956; G. A. Olah, M. Nojima, Synth., No. 12, 785, 1973; Scheinbaum M. J., Dines M. J. Org. Chem., 36, 3611, 1971.

Институт хлороорганического синтеза

Поступило 5. IX 1977

И. Г. Мурсакулов, А. Н. Талыбов, М. М. Хусейнов, М. Р. Асланова,  
В. А. Смит, С. Ш. Вердиева

### ТСИКЛОПЕНТЕН ВЭ ОНУН ТӨРЭМЭЛЭРИНИН НИТРОНИЈУМТЕТРАФЛОРБОРАТ ИЛЭ ГАРШЫЛЫГЛЫ ТЭСИРИ

Мөгаләдә нитронийтетрафторборатын тсиклопентен, 1-метилтсиклопентен 1-хлортсиклопентен илэ гаршылыгылы тэсир реакциясы тэдгиг олуи мушдур.

I. G. Mursakulov, A. N. Talybov, M. M. Huseinov, M. R. Aslanova,  
V. A. Smit, S. Sh. Verdieva

### REACTION OF CYCLOPENTEN AND ITS DERIVATIVES WITH NITRONIUM TETRAFLUOREBORATE

The reaction of the cyclopenten, 1-methylcyclopentene and 1-chlorocyclopenten with the nitronium tetrafluoroborate was shown to produce the mononitroproducts—unsaturated nitrocompounds and nitrofluoroadducts, as a major products, in yields 60—80%.

УДК 551.252 (479.24)

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

В. И. АЛИЕВ, Э. С. СУЛЕЙМАНОВ

### НОВЫЕ ДАННЫЕ О КЫЗЫЛБУЛАГСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ МЕДИ (МАЛЫЙ КАВКАЗ)

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

Месторождение известно с конца XIX в., но начало изучаться в начале нашего столетия. Первые сведения о нем содержатся в работах Н. Леднева, Л. Конюшевского, Е. Хаустова. Позже (1929—1932 гг.) Кызылбулагское месторождение изучалось и разведывалось А. Соловкинским и И. Баркановым.

Район месторождения расположен в зоне сопряжения Агдамского и Карабахского антиклинориев и характеризуется преимущественным развитием среднеюрских вулканогенно-осадочных пород. Вулканические породы представлены лавовой, пирокластической и субвулканической фациями. В разрезе среднеюрских вулканитов преимущественное развитие имеют породы андезитового и андезито-дацитового составов. Субвулканические тела имеют еще более кислый состав и представлены липарито-дацитами и липаритами. Вулканогенные породы переслаиваются с горизонтами и прослойками туфоконгломератов, туфогравелитов и туфопесчаников. Среднеюрские вулканогенно-осадочные породы в ряде мест прорваны небольшими штоковидными интрузивами диоритовых порфиритов и кварцевых диоритов верхнеюрского возраста.

Участок месторождения сложен агломератовыми и глыбовыми туфами андезито-дацитового и дацитового состава (рис. 1). На участке месторождения широко развиты разнонаправленные разрывные нарушения, по зонам которых породы раздроблены, гидротермально изменены, а на поверхности каолинизированы и сильно обохрены. Эти разрывные структуры четко группируются в следующие две системы: 1) выраженные по простиранию и падению довольно протяженные разрывы меридиального направления с крутыми падениями на восток, реже на запад; 2) малопротяженные и маломощные по сравнению с первыми разрывы северо-восточного, реже близширотного простирания с падением на северо-запад и юго-восток. Разрывы первой системы являются сколовыми и характеризуются неоднократным возобновлением по ним тектонических подвижек. Они отличаются строгой ориентированностью обломков, сильной и тонкой расщепленностью и притертой слагающего материала. Разрывные нарушения второй системы часто сопровождаются маломощной (до 5 м) зоной мелкой трещиноватости, расщепленкой и более поздним глыбовым дроблением вмещающих пород (рис. 1).

Как зоне одного из крупных меридиальных разрывов со стороны его лежащего бока приурочено, давно известное на месторождении относительно небольшое линзовидное рудное тело, падающее под углом 40—45° на восток. Рудное тело имеет выход на поверхность

и поэтому руды его в верхней части сильно окислены с интенсивным развитием вторичных минералов меди (халькозин, ковеллин, малахит и др.) и железа. Среди лимонит-гетитовой массы участками встречаются небольшие скопления гематита и магнетита. В 1929—1931 гг. это рудное тело было вскрыто штольной на 50 м ниже его выхода на поверхность. На горизонте штольной руды практически свежие и

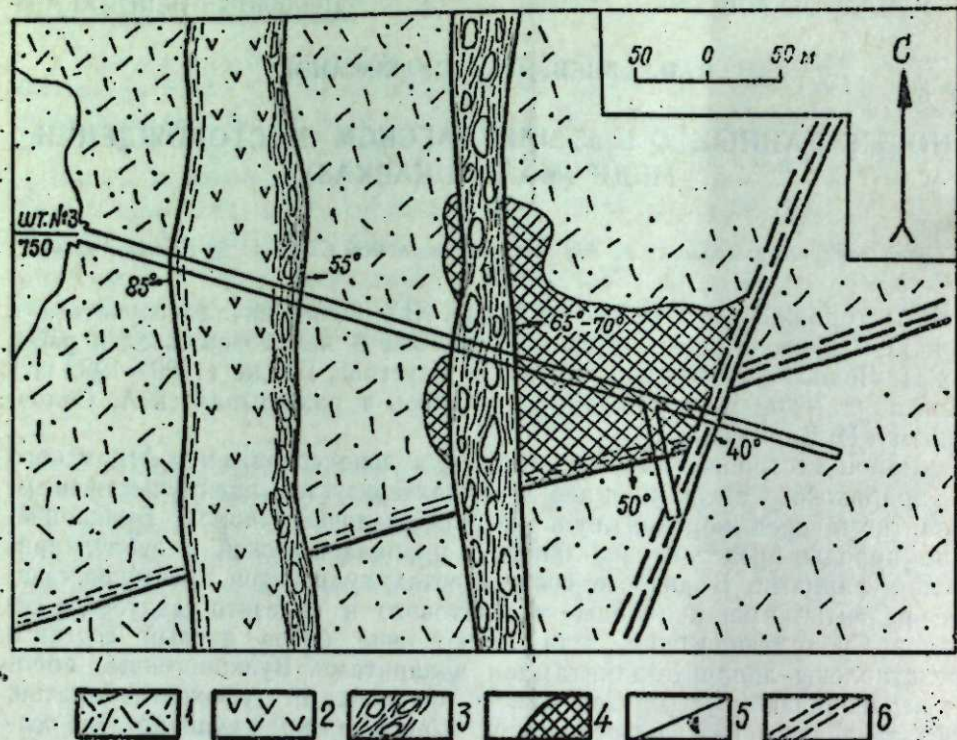


Рис. 1. Геолого-структурный план-горизонта шт. № 3: 1—агломеративные туфы андезито-дацитового и дацитового составов; 2—субвулканические тела дацитов и липарито-дацитов; 3—зона смятия; 4—рудные тела; 5—разрывные нарушения; 6—зоны мелкой трещиноватости и расщепления.

состоят главным образом из пирита и халькопирита с примесью магнетита (содержание его на отдельных участках достигает 20%), сфалерита, галенита, гематита и тетраэдрита. Оруденение носит вкрапленно-прожилковый характер. По данным разведочных работ 1929—1931 гг. (И. Барканов), а затем 1956 г. (Р. Рафибейли) сульфидная минерализация к югу и северу полностью затухает. Это послужило основанием для отрицательной оценки перспектив месторождения на выявление промышленных концентраций меди.

Однако поисково-ревизионные работы с бурением скважин, проведенные на участке месторождения в 1968—1972 гг. (А. Исмаилов) показали значительно более широкое проявление здесь сульфидной минерализации. Это послужило основанием для прохождения шт. № 3, которая на глубине вскрыла крупную, ранее неизвестную, рудную залежь вкрапленно-прожилковых пирит-халькопиритовых руд.

Меднорудное тело приурочено к висящему боку крупного разлома меридиального простирания с углом падения (65—70°) на восток и не имеет никакой геометрической связи с небольшим рудным телом, ранее околоченным на дневной поверхности (рис. 2). Этот разлом ограничивает рудное тело с запада, а с востока оно ограничивается

более поздним близмеридиональным разрывом с углом падения 50° на юго-восток.

Медное оруденение представлено в виде тонких разноориентированных прожилков халькопирита в сочетании с небольшими гнездовидными скоплениями сплошного пирито-халькопиритового агрегата. Неупорядоченная тектоническая трещиноватость участка сульфидной минерализации обусловила сетчатое строение рудного тела и его в целом штокерковую форму.

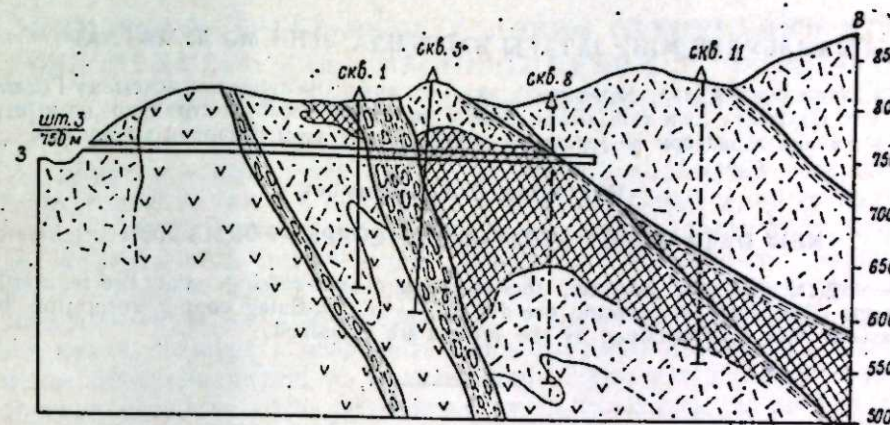


Рис. 2. Геолого-структурный разрез по шт. № 3 (условные обозначения см. на рис. 1)

Устанавливается четкая горизонтальная зональность в строении рудного тела, которая выражена в изменении его минерального состава от периферических зон к центру. Так, во внешней зоне наблюдается интенсивная пиритизация, которая в сторону центра рудного тела постепенно ослабевает, одновременно появляются вкрапленники и небольшие гнездовидные обособления сфалерита и галенита. В этой же зоне встречаются редкие прожилки и мелкие гнездовидные скопления халькопирита. Ближе к центру количество халькопирита в руде постепенно увеличивается при соответствующем уменьшении пирита. Сфалерит и галенит практически исчезают полностью. В центральной части рудного тела медная минерализация достигает максимума. Здесь прожилков и гнездовидных обособлений халькопирита очень много и руда участками представляет собой сплошной халькопиритовый агрегат. В нем пирит содержится лишь в виде небольшой примеси. В зоне разрыва, ограничивающего рудное тело с запада, внешняя пиритовая зона отсутствует, она вероятно, сброшена по этому разрыву на северо-восток.

На участке сульфидной минерализации вмещающие породы, представленные кислыми вулканитами, подверглись интенсивному метасоматическому изменению и сильно окварцованы, что свидетельствует о гидротермальном генезисе месторождения.

В заключение авторы считают нужным отметить, что все полученные новые данные свидетельствуют о большой перспективе Кызылбулагского месторождения и указывают на возможность открытия на площади месторождения в зоне гидротермального изменения пород новых рудных залежей.

#### Литература

1. Барканов И. В. Геолого-минералогический очерк Мехманинской группы полиметаллических и медных месторождений. Труды Азгеолбюро Заггеолтреста, вып. 1, 1935.
2. Коношевский Л. К. Медные, свинцовые и цинковые месторож-

В. И. Алиев, Е. С. Сулейманов

### ГЫЗЫЛБУЛАГ МИС ЈАТАҒЫ ҲАҒҒЫНДА ЈЕНИ МӘ'ЛУМАТЛАР

Мәгаләдә муәллифләр тәрәфиндән әлдә едилмиш мә'луматлар әсасында Гызылбулаг мис јатағында јени тапылмыш филиз чисминин кеоложи-структур вәзијјәти, филизләшмәнин характери вә јерләшмә ганунаујунлуғлары нәзәрдән кечирилир.

V. I. Aliev, E. S. Suleimanov

### NEW DATA ABOUT KYZYL-BULAG COPPER FORMATION

Geological-structural position, the character of ore-bearing, and the regularity of placing of recently discovering ore deposits at Kyzyl-Bulag copper formation on the basis of new data obtained by the authors are examined.

УДК 553.499(479.24)

ГЕОЛОГИЯ

Акад. М. А. КАШКАЙ, А. А. МАГРИБИ, А. Г. АЛЛАХЯРОВ, Б. Н. ЭФЕНДИЕВ

### ЛИТОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ОРУДЕНЕНИЯ РТУТИ (НА ПРИМЕРЕ РЯДА МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА)

Вопросы генезиса ртути представляют чрезвычайный интерес как в теоретическом, так и в практическом аспекте. Оруденения ее приурочены к различным типам пород, относящихся по возрасту от древнейших до четвертичного включительно. Вместе с тем, наиболее характерны месторождения, располагающиеся среди следующих формаций: вулканогенных—65%, серпентинитов—17% и осадочных—8% [3]. Если генезис вулканогенных и осадочных типов ртутного оруденения более или менее обосновывается, по крайней мере, приближенно однозначно, то пространственная связь оруденения ртути (казалось бы полярного для этого металла условий образования) с ультраосновными породами вызывает довольно много вопросов, которые в конце-то концов стараются решать очень просто. Принято считать, что оруденение ртути среди ультраосновных пород возможно лишь привнесом ее в конечную теле-термальную стадию гидротермального процесса кислых магм. Однако, учитывая, что немалый процент ртутного оруденения был встречен среди гипербазитов, причем непосредственное знакомство с таковыми в Калифорнии, Нью-Альмадене и Сономе, а также детальное изучение более 100 ртутных проявлений и отдельных месторождений в Центральной части М. Кавказа нас убедило, что ртутное оруденение, наряду с упомянутыми, генетически и пространственно связано с производными ультраосновной магмы. Этот взгляд М. А. Кашкай [2] теоретически обосновывает следующим образом. Верхнемагнийная ультраосновная магма, формирующаяся в рифтовой зоне, характеризуется, наряду с другими элементами, ртутной спецификой. При серпентинизации перидотитов и пироксенитов, наряду с Si и другими элементами выделяется Hg, затем с серой концентрировался в трещинах, пустотах и порах пород. Затем при протрузии гипербазитов ртуть, сера и сернистые газы частично выделялись из них и откладывались вторично как в самих гипербазитах (особенно избирательно в лиственитах), так и во вмещающих их породах. Поэтому ртутные оруденения, кроме ультраосновных пород и их метаморфических разновидностей, обнаруживаются в вулканогенных, карбонатных и других породах мела. Возможно нахождение ртути также в юрских образованиях. Таким образом, стратиграфический фактор утрачивает прямое значение в размещении ртутного оруденения. Вместе с тем, как показывают результаты геологических исследований, ртутоносность различных стратиграфических подразделений юры и мела далеко не равнозначны. В пределах Агканинского рудного поля в Кельбаджарском районе (Агканиское месторождение, Армудлинское, Излибулагское, Бениосуинское, Мерджименское и Черектарское рудопроявления ртути) не представляется возможным выделить породы, благоприятные и неблагоприятные для локализации ртутной минерализации. Породы, характеризующиеся повышенной ртутоносностью, на одних участках, на других оказываются менее ртутоносными или

вовсе лишенными ее. Так, из многочисленных лиственитовых тел в пределах рудного поля только в некоторых отмечена наиболее интенсивная минерализация киновари. Кварц-серицит-хлоритовые сланцы в пределах Агканского месторождения развиты широко и они раздроблены, перемятые многочисленными разрывными нарушениями, но оруденение ртути в них отмечено только в центральной части второй ртутьносной зоны, на всяком боку лиственитов (рис.). Такие случаи наблюдаются

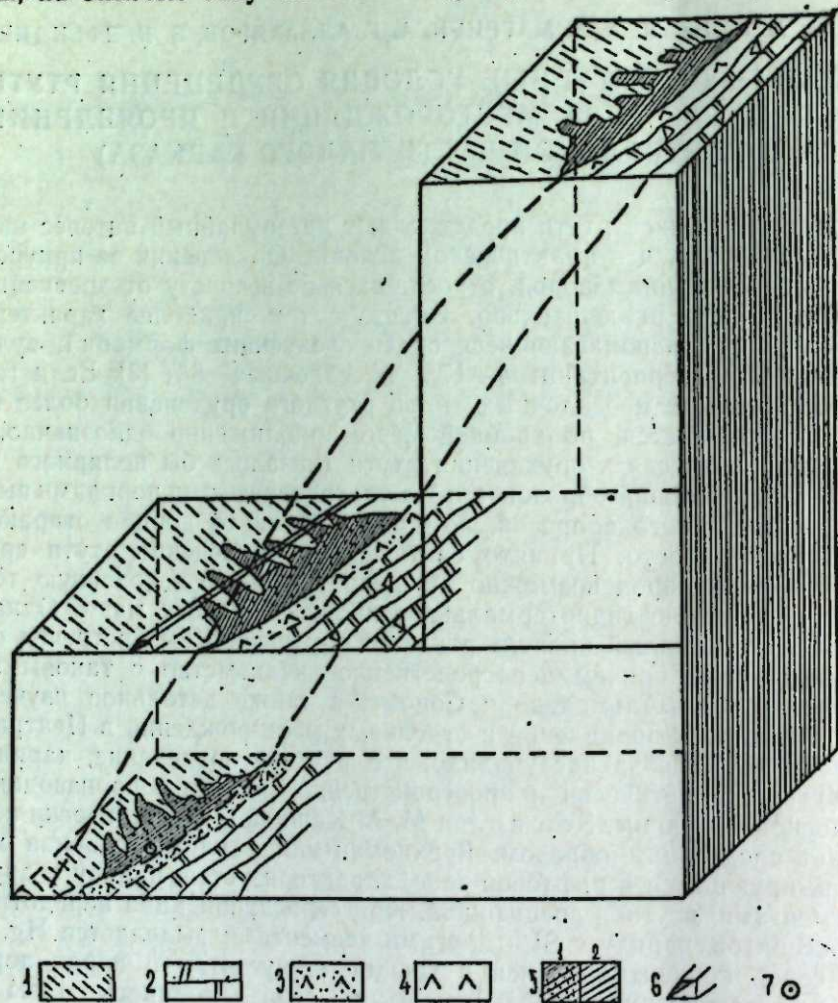


Рис. Блок-диаграмма рудного тела в центральной части второй рудной зоны Агканского месторождения: 1—кварц-серицит-хлоритовые сланцы сантона; 2—перекристаллизованные известняки титона (?); 3—листвениты с минерализацией ртути; 4—листвениты без минерализации; 5—сланцы с минерализацией ртути (1); сланцы без минерализации (2); 6—горизонт штольни № 4 и штрека № 1; 7—подземная буровая скважина.

и на других участках рудного поля. Однако представляется возможным выделить породы, могущие быть в определенных условиях благоприятными для локализации ртутного оруденения. К ним относятся листвениты, известняки, песчаники, тектонические брекчии и др. Аналогично другим ртутным месторождениям Севано-Карабахского ртутного пояса в пределах Агканского рудного поля как стратиграфические, так и литологические факторы не имеют прямого отношения к размещению ртутных проявлений и месторождений.

Анализ накопленных фактических материалов позволяет заключить,

что в образовании ртутных проявлений и месторождений ведущее значение имеют тектонические факторы. Все ртутные месторождения и проявления в пределах Севано-Карабахской тектоно-магматической зоны приурочены к Сарыбабинскому синклинию, в заложении и развитии которого главную роль сыграли продольные глубокозалеженные разломы, являющиеся проводниками различных магматических образований. Эти разломы и залегающие в их зонах крупные разрывные нарушения продолжительное время оказывались тектонически активными. Указанные зоны являлись основными факторами в образовании ртутных месторождений и проявлений. Одной из этих зон разрывных нарушений, контролирующей положение Агканского рудного поля, является Дериндересчай-Сарыдаш-Агканская. Эта зона разрывных нарушений имеет сложное строение и далеко прослеживается в северо-западном направлении до бассейна Дериндересу и северо-восточном побережье оз. Севан. К юго-востоку от Агканского месторождения, на правом склоне р. Аралыгчай эти разрывы сочленяются с Карабахским взбросо-надвигом крупным краевым разломом восточной части Малого Кавказа. Зона состоит из ряда разномасштабных разрывов. Располагаясь субпараллельно, разрывы простираются в северо-западном направлении по азимуту 250—310°. Прослеживаясь на расстоянии от первых десятков метров до 0,8 км, они создают блоки и клинья пород, часто интенсивно дробленных в результате неоднократных тектонических подвижек и на всем своем протяжении обнаруживают ртутьносность. В пределах этой зоны выявлены Агекушское, Сараланджакское, Дериндересунское, Агканское месторождения ртути и ряд других ртутных проявлений, которые указывают на рудоконтролирующие значения этих разрывов.

Зона разрывов в пределах Агканского рудного поля образует ступенчато-блоковое строение. Наиболее хорошо выраженных продольных блоков в пределах рудного поля насчитывается три.

Блок 1 составляет южную часть Агканского рудного поля и сложен вулканогенно-осадочными образованиями альб-сеноманского яруса. Ширина блока в пределах рудного поля составляет около 3 км, а длина—около 7 км. В пределах блока развиты многочисленные разрывные нарушения, которые часто сопровождаются гидротермально измененными породами. В средней части этого блока расположено Излибулакское ртутное проявление, а в юго-восточной части — Мерджименское.

Блок 2 примыкает к первому блоку, ограничиваясь с северо-востока Агканским разломом, сложен вулканогенно-осадочными образованиями нижнего сенона, пересеченными разноориентированными и разрывными нарушениями, имеющими северо-западное и северо-восточное простирание. Разрывные нарушения, как и в первом блоке сопровождаются раздроблением и гидротермальным изменением пород. Продольные разрывы очень часто пересечены и смещены поперечными разрывами, широко развитыми в пределах рудного поля. Они ориентированы, в основном, в северо-восточном и близмеридиональном направлениях с падением на СЗ под углом 45—60°. Поперечные разрывы здесь отличаются небольшой протяженностью. В узлах пересечения этих разрывов встречаются промышленные скопления оруденения ртути. В средней части блока выявлены Агканское месторождение и Бениусунское проявление ртути.

Блок 3 примыкает ко второму блоку с северо-востока. Он с СВ ограничивается Левчай-Шорбулагским разломом. Блок на СЗ сложен известняками кампан-маастрихта, а на ЮВ — вулканогенно-осадочными образованиями сенона, протрудированными гипербазитами и интродированными габброидами. В средней части блока выявлено Армудлинское проявление ртути.



В пределах Агканинского рудного поля поперечные разрывные нарушения как и продольные образуют ступенчато-блоковую структуру. Резко выраженным представителем поперечных разрывных нарушений является Черектар-Агканинский разлом, по которому опущены мощные верхнесенонские известняки.

Анализ материалов по Агканинскому месторождению и близко расположенных рудопоявлений позволяет заключить, что размещение ртутных скоплений тяготеет к зоне поперечной структуры или же к узлам пересечения их с продольными.

Следует отметить, что Агканинское рудное поле изучено весьма слабо. Сравнительно хорошо, но далеко недостаточно изучено Агканинское месторождение. В пределах месторождения выявлено 4 рудных тела, но ни одно из них пока детально не исследовано. Рудное тело, выявленное в центральной части ртутносной зоны № 2, приурочено к поперечной структуре, к всеяческому контакту лиственитов с раздробленными кварцсерицит-хлоритовыми сланцами. Среднее содержание ртути по рудному телу на дневной поверхности составляет 0,25%. Такое же содержание оруденения обнаружено на глубине 45 м от дневной поверхности подземными горными выработками (штольня № 4), но здесь рудное тело не оконтурено. Ниже этого горизонта с целью изучения рудного тела пройдена всего одна подземная скважина, в которой выявлено, что ртутное оруденение в лиственитах с глубиной увеличивается. В лиственитах, которые составляют лежащий бок данного рудного тела, на дневной поверхности содержание ртути не превышает 0,0002%, тогда как на глубине 70 м (подз. скв. № 4) в тех же лиственитах содержание ее доходит до 0,1%. Такая закономерность наблюдается и в пределах зоны № 1, где листвениты, слагающие зону на дневной поверхности, в отношении ртутносности ничем себя не обнаруживают, но на глубине 60—70 м (скв. № 14) содержание ртути в них доходит до 0,63%.

На юго-восточном фланге месторождения на глубине 157 м (скв. № 15) обнаружено ртутное оруденение, где на мощности 2,3 м содержание ртути составляет 0,44%. Оно приурочено к тектонической брекчии, которая на поверхности не фиксируется. Подобные результаты получены и по другим рудным телам Агканинского месторождения.

На Армудлинском рудопоявлении, расположенном на северо-западном фланге Агканинского месторождения и сложенным пелитоморфными известняками верхнего сенона, обнаружены две ртутносные зоны с содержанием ртути 0,1%. Рудопоявление изучено только редкой сетью канавных работ.

Рудопоявления Мерджимен, Бениосу и Излибулак почти не изучены.

Геолого-структурные особенности и полученные результаты подтверждают, что Агканинское рудное поле представляет несомненный интерес в отношении обнаружения промышленного скопления ртутного оруденения [1].

Необходимо продолжить изучение Агканинского месторождения на глубину с целью оконтуривания выделенных рудных тел и выявления новых слепых рудных тел, обнаружение которых не исключено.

Литолого-структурные особенности Армудлинского рудопоявления доказывают, что при ее изучении необходимо обратить особое внимание на низы карбонатного разреза. Предполагается, что обнаруженные ртутные оруденения на поверхности являются индикаторами скрытых рудных скоплений.

Необходимо провести поисковые работы (геофизическими, геохимическими, шлиховыми, газортутными и др. методами) на рудопоявлениях Излибулак, Бениосу и Мерджимек.

Таким образом, Агканинское рудное поле остается еще слабо изучен-

ным и на него следует обратить более серьезное внимание в смысле планирования проведения здесь детальных и комплексных геолого-разведочных и научно-исследовательских работ.

#### Литература

1. Кашкай М. А., Магриби А. А., Аллахаиров А. Г., Эфендиев Б. Н. Об Агканинском месторождении ртути в Центральной части Малого Кавказа. «ДАН Азерб. ССР», № 2, 1974. 2. Кашкай М. А. О положении, генезисе гипербазитов и серпентинитов и одновременном развитии радиолярий (радиоляритов) в рифтовых зонах. «ДАН Азерб. ССР», № 1, 1976. 3. Moiseyev A. N. A non-magmatic source for mercury ore deposits. «Econ. Geol.» 1971, 66, № 4.

Институт геологии

Поступило 12. IV 1977

М. Э. Гашгај. Э. А. Магриби, Э. Н. Аллахјаров, Б. Н. Эфендијев

#### ЧИВЭ ФИЛИЗЛЭШМЭСИННИ ЛИТОЛОЖИ-СТРУКТУР ШЭРАИТИ (КИЧИК ГАФГАЗЫН МЭРКЭЗИ НИССЭСИНДЭ БИР СЫРА ЈАТАГ ВЭ ТЭЗАҺҮРЛЭРИН ТИМСАЛЫНДА)

Кичик Гафгазын мэркэзи ниссэсиндэ бир чох чивэ јатагларынын вэ тэзаһурлэринин өјрэнилмэси нэтичэсиндэ онларын мүхтэлиф типли вэ јашлы сүхурларда јерлэшмэси мүэјјэн едилмишдир.

Чивэ филизлэшмэси ултраэсаси магманын мөһсуллари илэ кепетик чөһөтдэн кениш алагөдардыр. Бу филизлэшмэ эсас етибарилэ ениш структур золагларын узунуна золагларла кэсншмэ дүјүнлэриндэ топлашыр.

M. A. Kashkai, A. A. Magribi, A. G. Allakhyarov, B. N. Ffendiev

#### LITHOLOGO-STRUCTURAL CONDITIONS OF QUICKSILVER ORE (ON THE EXAMPLE OF NUMBER OF DEPOSITS AND MANIFESTATIONS IN THE CENTRAL PART OF MINER CAUCASUS)

Investigated deposits and manifestations of quicksilver in the central part of Miner Caucasus are attributed to the rocks of different ages (till Jura to Miopliocene and compositions).

Quicksilver ore is connected genetically and with the derivatives of ultrabasic magma. The distribution of quicksilver congestions are attributed to the zones of cross structure or to the knots of crossing them with the longitudinal one.

А. А. БАЙРАМОВ, К. М. КЕРИМОВ

## ПРЕДМАЛОКАВКАЗСКИЙ ГЛУБИННЫЙ РАЗЛОМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ КОРЫ ВДОЛЬ НЕГО

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

Глубинные разломы—линсаменты, по У. Хоббсу, отражают первичные черты строения Земной коры, по отношению к которым геосинклинали являются вторичными—производными [13]. Зарождение многих таких разломов относится к самым ранним страницам истории Земли, а длительность их существования измеряется десятками, сотнями миллионов лет. Зачастую, они прорезывают всю земную кору и своими корнями доходят до низов верхней мантии. Поэтому вполне понятно, что глубинные разломы играют важную роль в развитии земной коры, предопределяя особенности магмапроявления, осадконакопления и характер складчатости. Одним из таких разломов коры в Закавказье, ограничивающим различные его блоки, является Предмалокавказское глубинное разрывное нарушение (рис. 1).

Как известно, в настоящее время еще нет единого мнения относительно этого разлома и о зоне его прохождения. Одни ученые [7, 9] вообще берут под сомнение его существование, а другие [9, 12] считают, что контактовая зона между северо-восточным склоном мегантиклинория Малого Кавказа и Куринской депрессией представляет собой крупную флексуру, севернее которой следует резкое возрастание мощности всей осадочной оболочки коры.

В последнее время здесь даже выделяют две флексуры, одна из них совпадает с Предмалокавказским разломом, другая—ограничивает на юге зону поднятия Малого Кавказа от его краевого прогиба [7, 9]. Только некоторые исследователи, соглашаясь с реальностью наличия рассматриваемого разлома, проводят его между Ждановской и Советлярской антиклинальными структурами [10].

В схеме тектонического районирования, приведенной на геологической карте Азербайджана, опубликованной в 1975 г., разлом этот получил свое отражение в виде сложнопостроенного дизъюнктива, разбитого на ряд отрезков, сдвинутых друг относительно друга на разную величину [5].

Необходимость исследования рассматриваемого разлома продиктована тяготением к нему ряда месторождений полезных ископаемых и, особенно, нефтегазовых [8].

Анализ, накопленных за последнее десятилетие геолого-геофизических материалов по юго-западному борту Среднекуринской впадины позволяет пересмотреть существующие представления об этом региональном нарушении значительного разреза коры и проследить характер тектонической жизни района, его прохождения в течение всего мезокайнозоя.

На профилях КМПВ и ГСЗ (№№ 5, 12, 13, 14), пересекающих значительную часть Малого Кавказа, вдоль зоны распространения Предмалокавказского разлома отмечается резкое ухудшение качества сейсмического материала [3], в том числе сильное сокращение количества от-

ражающих площадок и заметная изменчивость их пространственной ориентации. Вместе с тем, по этой полосе наблюдается появление дифрагированных волн, а также резкое изменение на одной и той же преломляющей поверхности значений  $V_p$  продольных сейсмических волн [10]. Выделенная зона достаточно четко отражается и на характере сейсмологических полей [7, 12]. Здесь, в первую очередь, обращает на себя внимание зональность в расположении очагов наиболее крупных землетрясений. По этой полосе отмечаются также резкие изменения градиентов силы тяжести [6].

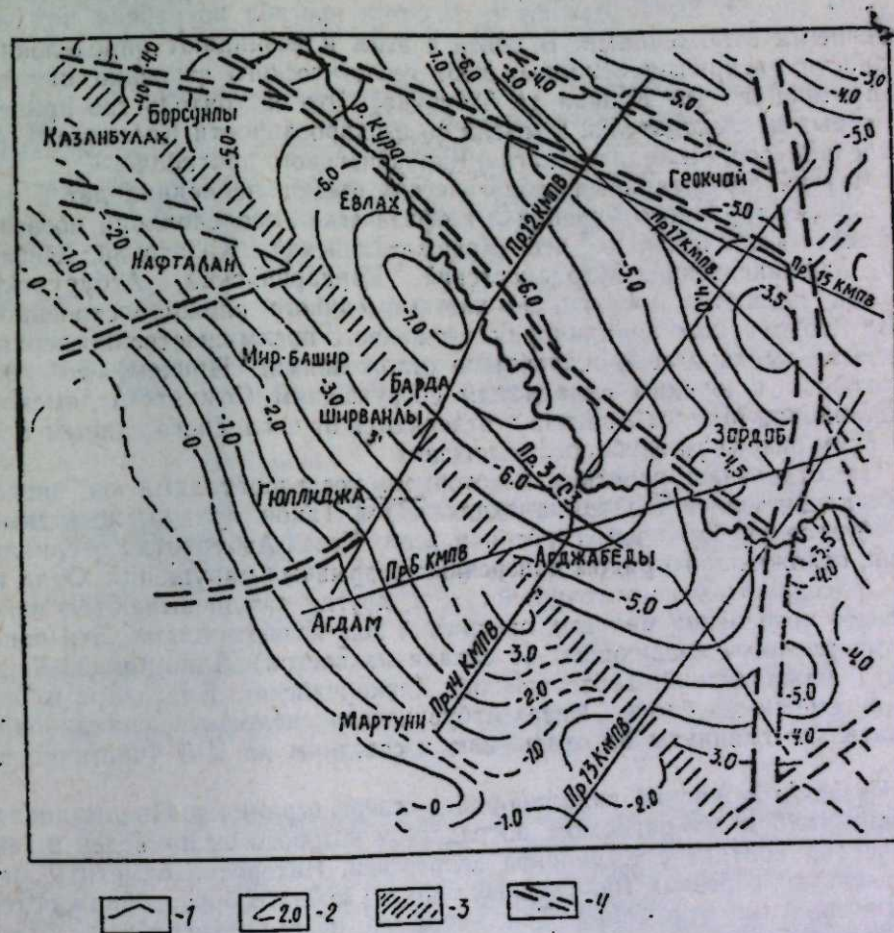


Рис. 1. Куринская впадина. Схема и глубин поверхности мезозойского комплекса отложений: 1—линии профилей ГСЗ—КМПВ; 2—линии равных глубин, км; 3—зона Предмалокавказского глубинного разлома; 4—глубинные разломы, менее выраженные на геофизических полях

Рассматриваемый разлом также четко выделяется высоким тепловым полем Земли на различных уровнях среза ее осадочного чехла [8]. И, наконец, на противоположных от разлома блоках наблюдаются значительные различия в мощностях и фациальных особенностях осадочных отложений мезокайнозоя. Так, например, на приподнятом блоке коры (в Сомхито-Агдамской зоне) мощности нормально-осадочного комплекса мела существенно сокращены (иногда до 300—500 м и менее) и они, частично, замещены вулканогенными образованиями, тогда как в опущенном блоке—в Евлах-Имшилинском синклинории, основная часть разреза меловых отложений представлена осадочными материалами с мощностью иногда до 2500 м и более.

Таким образом, все приведенные факты убедительно свидетельствуют о существовании Предмалокавказского глубинного разлома как крупного тектонического элемента, ограничивающего сооружение М. Кавказа и Куринской депрессии. Этим самым отвергается наличие региональной флексуры между названными структурами.

Следует, однако, отметить, что мегантиклинорий М. Кавказа сопрягается с Куринской депрессией посредством Казах-Агбурунского мелового прогиба, который отражает всю сложность истории тектонического развития смежных структур М. Кавказа — на юге и Куринской впадины — на севере. Значительная часть этого прогиба погребена под четвертичными отложениями. В связи с этим и возникают определенные трудности раскрытия основных черт геологического строения на всем его протяжении (от Казахстана до Агбуруна). Это обстоятельство привело некоторых исследователей к мысли об изолированности Казахского, Агджабединского, Мардакертского и Каркайчайского прогибов.

Материалы детальных геологических съемок последних лет с учетом данных глубокого бурения и геофизических исследований позволяют прийти к заключению, что Дашсалахлинский, Казахский, Дзегамский, Агджакентский, Мардакертский, Каркайчайский, Агбурунский прогибы являются составными частями единого сложнопостроенного Казах-Агбурунского синклинория, сложенного преимущественно верхнемеловыми вулканогенно-осадочными отложениями. Причем, все они примыкают к юрским складчатым сооружениям Сомхито-Агдамского антиклинория Малого Кавказа и отделяются от последнего единым Ясальским разрывом глубокого заложения.

На отдельных участках некоторыми исследователями он иногда идентифицировался с Предмалокавказским. Такой подход, по-видимому, обусловлен блоковым строением всего Казах-Агбурунского синклинория, осложненного рядом поперечных разрывных нарушений. Одни из них трассируются достаточно четко, а другие затушевываются из-за сильного погребения меловых отложений под четвертичными. Эти поперечные разломы следующие: (с запада на восток) Алпоутский, Таузский, Гянджачайский, Тертерчайский, Каркайчайский. Благодаря их наличию смежные блоки Казах-Агбурунского мелового синклинория значительно сдвинуты по отношению к соседним на ЮЗ (частично на СВ).

Казах-Агбурунский синклинорий с севера ограничен Предмалокавказским глубинным разломом, посредством которого он приведен в тектонический контакт с Куринской депрессией. Интересно отметить, что на отдельных отрезках (поперечных блоках) южного борта обнажаются разновозрастные отложения. Так, например, неоген-четвертичные отложения пользуются исключительно широким развитием к северу от Дзегамского прогиба, тогда как на западном и восточном блоках, относящихся соответственно к Акстафинскому и Нафталанскому прогибам, их место занимают палеогеновые отложения.

Чрезвычайно сложное строение имеет южный борт Куринской депрессии в районе Нафталана и Акстафы. В первом из них, в отличие от других зон, широким развитием пользуются майкопские нефтегазонасыщенные отложения, погребенные под четвертичными отложениями на юго-востоке, т. е. в пределах Предмалокавказского синклинория. Между Гянджачайским и Таузчайским поперечными разломами майкопские отложения срезаны продольным разломом, известным в геологической литературе под названием Куринской флексуры, благодаря чему меловые отложения приведены в тектонический контакт с неогеновыми. По всей вероятности, здесь Предмалокавказский разлом сопрягается с Куринской флексурой, благодаря чему блок, соответствующий Нафталанскому прогибу опущен на значительную глубину. Видимо, он вновь воздымается к северу от Кавказа — между Таузчайским и Алпоутским поперечными

нарушениями сдвигового характера. В свете отмеченного следует допустить, что здесь имеют развитие отложения майкопской свиты по аналогии с Нафталанским прогибом, т. е. Акстафинский погребенный прогиб имеет с Нафталанским идентичное строение, что значительно приближает их в отношении нефтегазонасыщенности недр. Оба они составляют северо-западное продолжение Предмалокавказского синклинория, брахиантиклинальные структуры которого являются сильно погребенными и сложены майкопскими и эоценовыми отложениями, являющимися высокоперспективными для постановки поисково-разведочных работ на нефть и газ.

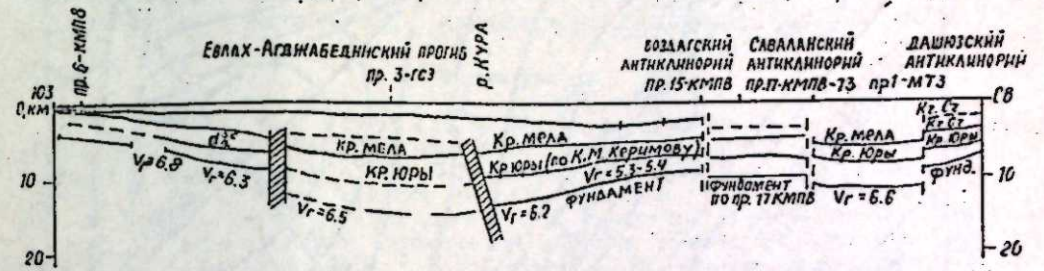


Рис. 2. Профиль 12-КМПВ через поперечное сечение Куринской впадины в районе наиболее погруженной части Евлах-Имишлинского прогиба.

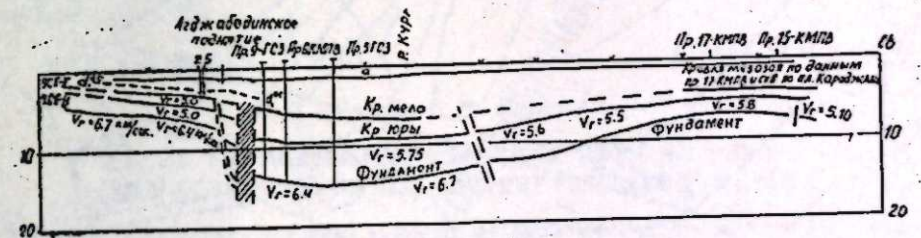


Рис. 3. Профиль 11-КМПВ через поперечное сечение Куринской впадины на востоке Евлах-Имишлинского прогиба.

Вдоль Предмалокавказского разлома периодически происходили подвижки коры, которые носили непрерывно-прерывистый характер и проявляли большую активность как в верхнем палеозое, так во всем мезозое и в последующие времена истории Земли.

Изложенное нашло отражение в резких изменениях мощностей и фаций отложений на противоположных сторонах от разлома. Так, в пределах Казах-Агбурунского синклинория мощность верхнего палеозоя колеблется от 1600 до 2000 м, тогда как в Предмалокавказском синклинории она значительно меньше. Мощность же юры по обе стороны от глубинного разлома достигает соответственно 2,5—3 и 4,5—5 км (рис. 2, 3), мела — 1,5—2 и 2,5—4 км (рис. 3).

К югу от Предмалокавказского разлома отложения майкопа отсутствуют. Следовательно, начиная с конца мела этот блок в составе Малого Кавказа стал вовлекаться в общее воздымание поверхности коры и к соответствующему размыву.

К северу от Предмалокавказского синклинория и его северо-западного продолжения (Нафталанский и Акстафинский прогибы) расположена наиболее глубоко прогнутая часть Среднекуринской депрессии — Евлах-Имишлинский синклинорий, характеризующийся наличием мощных неоген-четвертичных отложений. Согласно новейшим данным К. М.

Керимова [8] этот синклиниорий включает в своем разрезе мощные отложения мела и юры, достигающего соответственно 4000 и 4500 м. Здесь не установлено наличие верхне-палеозойских отложений, тогда как в геолого-геофизическом разрезе мегантиклинория Малого Кавказа они присутствуют и вулканогенно-осадочные образования верхнепалеозойского возраста являются продуктами субкветного вулканизма [4].

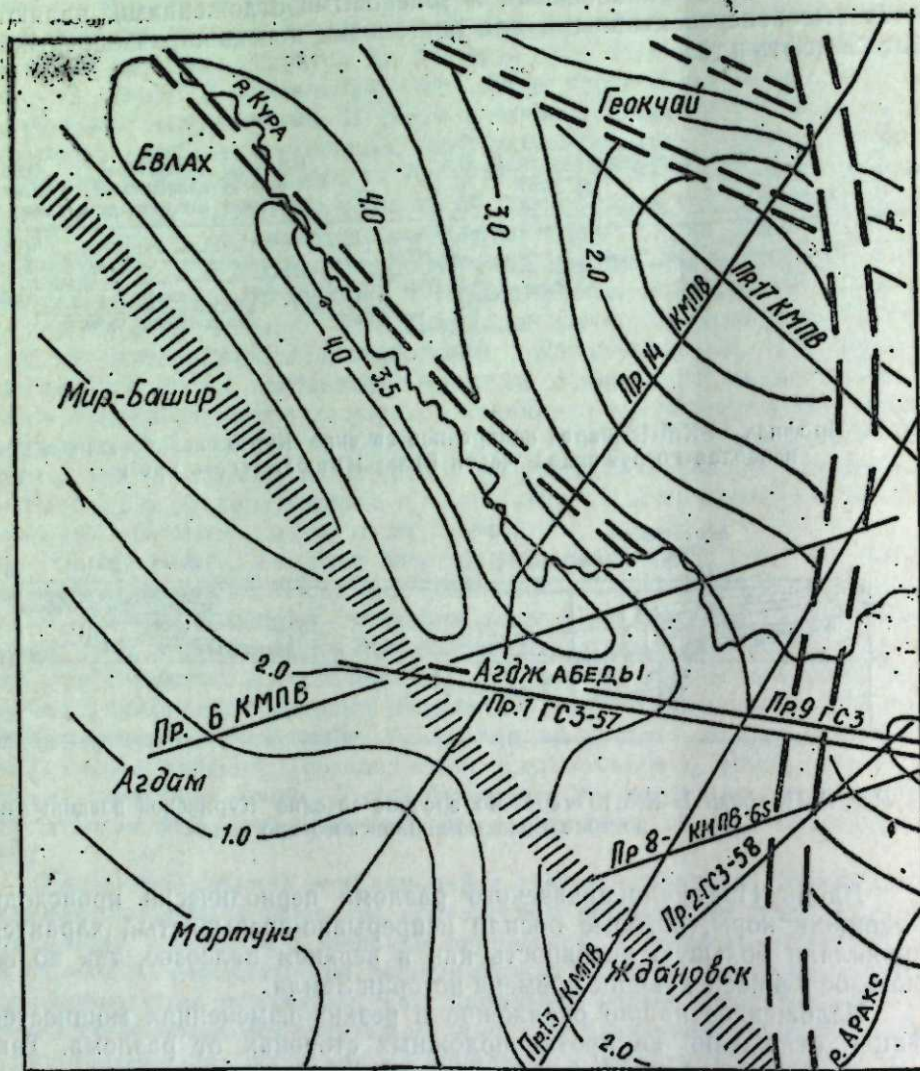


Рис. 4. Куринская впадина. Схема изомощностей отложений мелового возраста: 1—линии профилей ГСЗ-КМПВ; 2—линии изопакит, км; 3—Предмалокавказский глубинный разлом; 4—менее четко выраженные на геофизических полях глубинные разломы.

Таким образом, доюрским основанием разреза земной коры в пределах мегантиклинория М. Кавказа и Куринской депрессии (во всяком случае, ее южного борта) являются отложения различного возраста. По всей вероятности, это отличие привело к различным тенденциям в геологической жизни этих мегаструктур. Оно более четко стало вырисовываться начиная с конца палеогена, когда мегантиклинорий М. Кавказа стал испытывать постепенное воздымание, а Куринская депрессия,

наоборот, была вовлечена в интенсивное погружение. Оно, видимо, достигло своего апогея в четвертичное время, когда северные склоны Малого Кавказа были частично вовлечены в погружение и стали покрываться континентально-галечными образованиями.

Таким образом, становится совершенно убедительным факт разграничения Казах-Агбурунского синклиниория Малого Кавказа от Куринской депрессии крупным Предмалокавказским глубинным разломом, осложненным рядом поперечных сдвиговых нарушений. Возникновение этого разлома между двумя крупными складчатыми структурами генетически связано с более древними (домезозойскими) тектоническими процессами. Во всяком случае, время его заложения, вероятно, связано с герцинским, а возможно и с каледонским, складчатыми движениями.

#### Литература

1. Агабеков М. Г., Керимов К. М., Мошашвили А. Б., Хани В. Е. «Геотектоника», № 5, 1976.
2. Адамян М. А. Труды геол. ин-та АН Груз. ССР, геол. серия, 1968, вып. 16.
3. Бабазаде О. Б. Автореф. канд. дисс. Баку, 1973.
4. Мамедзаде А. Ш., Байрамов А. А. «Уч. зап. АГУ. серия геол.-геогр.», № 2, 1977.
5. Байрамов А. А., Гаджиев Т. Г., Ализаде С. А. Геологическая карта Азербайджана. Л., 1975.
6. Гаджиев Р. М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Азерб. недр., 1965.
7. Геология СССР, т. XVIII (Азерб. ССР). Изд-во «Недра», М., 1972.
8. Керимов К. М. Автореф. докт. дисс. Баку, 1975.
9. Куликов В. И. Труды ЛЗНИИ, № 11. Изд-во «Недра», М., 1964.
10. Раджабов М. М. Автореф. докт. дисс. М., ИФЗ АН СССР, 1974.
11. Шарданов А. Н., Хани В. Е. Геологическая история и строение Куринской впадины. Изд-во АН Азерб. ССР, 1952.
12. Шихалибеги Э. Ш. «Изв. АН Азерб. ССР, серия наук о Земле», № 1, 1970.
13. Хани В. Е. Общая геотектоника. М., 1973.

Азерб. отд. НИИ геофизики

Поступило 16. IX 1977

Э. Э. Байрамов, К. М. Керимов

#### КИЧИК ГАФГАЗ ГАБАҒЫ ДӘРИНЛИК ФАҒЫ ВӘ ОНУН БОЈУНЧА ЈЕР ГАБЫҒЫНЫҢ ҺӘРӘКӘТ ГАНУНАУЈУНЛУҒУ

Мәғаләдә Кичик Гафгаз габағы дәринлик фағының мөвчүдлүгү вә тектоник зиндәкаилығы һаггыда јени мә'луматлар верилмишдир. Мүәјјән едилмишдир ки, Кичик Гафгаз дәринлик фағы мәншәчә јер габығының каледон гырышыглыг һәрәкәтләри илә үзв сурәтдә бағлыдыр. Јура, Тәбашир ералары вә сонрақы заманларда о фәал ичкишаф кәсб етмиш вә Кичик Гафгазын шимал јамачларыны Күр депрессиясындан (ују-ғундан) ајырмышдыр. Фај боју Казах-Агбурун синклинориному Күр депрессиясының чәнуб структур элементи олан Јевлах-Имишли синклинориному илә тәмас едир.

А. А. Баграмов, К. М. Керимов

#### PREDMALOCAUCASIAN ABYSSAL BREAK AND THE REGULARITIES OF MOVING THE CRUST ALONG IT

Some new data of presence and tectonic life of Predmalocaucasian abyssal break are discussed in the article. It is obvious, that Predmalocaucasian abyssal break is genetically connected with the folded movements of Hercynian and possibly with Caledonian periods of earth's crust development. It continues its active life and demonstrates the North slope of megantiform of M. Caucasus from the Cura depression during the Yurassic, Cretaceous and other periods. Predmalocaucasian abyssal break makes contact between the zone of Kazah-Agburian synclinorium and the Cura depression along the zone of its spreading.

Ш. Б. АСЛАНОВ

### О ВЛИЯНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВМЕЩАЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РОСТРАХ АПТСКИХ БЕЛЕМНИТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР К. А. Али-заде)

Содержание и распределение некоторых химических элементов в раковинах организмов в определенной степени зависит от химического состава и литологического характера вмещающих отложений. Существующая система порода ↔ организм, взаимодействуя, приводит к заметным изменениям в характере распределения химических элементов как в породе, так и в организмах. Такая связь особенно отчетливо наблюдается в организмах, ведущих бентосный образ жизни.

В отличие от них довольно сложно выявление взаимосвязи между вмещающими отложениями и организмами, ведущими активноплавающий образ жизни. К таковым относились и белемниты. Как известно, белемниты, являясь обитателями пелагической зоны бассейнов, вели подвижный образ жизни. Процесс взаимообмена между химическим элементарным составом ростров и вмещающих пород, был возможен, по всей вероятности, лишь после гибели и захоронения самих организмов. Однако этот посмертный процесс не носил активный характер, т. к. с прекращением жизнедеятельности организмов, приостанавливаются по существу метаболические процессы. В этом случае обмен происходит исключительно путем диффузии, адсорбции и абсорбции.

Поэтому не случайно, что количественное содержание микроэлементов и характер распределения их в рострах аптских белемнитов юго-восточного окончания Большого Кавказа и во вмещающих глинистых отложениях отличаются существенным образом.

Проведенные полуколичественные спектральные анализы, а также анализы, проведенные методом пламенной фотометрии (около 250 проб) показали, что в глинистых отложениях, вмещающих ростры аптских белемнитов, присутствуют следующие элементы: Mg, Sr, Mn, Si, Fe, Al, Cu, V, Ti, Co, Ni, Cr, Ba, In, Pb, Na, K, Li, Rb, Cs. Из этих элементов в рострах аптских белемнитов отсутствует Cr, Ni, Co, In, а также Ba (исключение составляет только две пробы, в которых отмечено присутствие бария). Элементы Mg, Mn, Fe, Al, Sr, So, Na, K, Li, Rb, Cs постоянно содержатся в рострах белемнитов. Остальные же элементы, обнаруженные во вмещающих отложениях, не всегда содержатся в рострах.

При сравнительном анализе количественного содержания таких элементов, как Mg, Fe, Al, Si, Cu, Ti, Pb в рострах и вмещающих глинистых отложениях отмечаются существенные расхождения (рис. 1, 2). Так, содержание Mg в рострах белемнитов изменяется в значительных пределах — от тысячных долей процента до одного. В основном, содержание этого элемента в рострах составляет 0,1—0,3%. Вмещающие же отложения содержат Mg во всех исследованных образцах больше 1%. Такая же картина наблюдается по содержанию Si, Al и Fe. Выражаясь коли-

чественно в исследованных образцах ростров в пределах от тысячных до десятых долей процента, эти элементы так же, как и Mg содержатся во вмещающих отложениях больше 1%. Высокое содержание этих элементов во вмещающих отложениях, по всей вероятности, связано с минеральным составом глинистых осадков, а высокое же значение Cu, Ti, Pb, V во вмещающих отложениях связано, по-видимому, с высокой сорбиционной способностью глин.

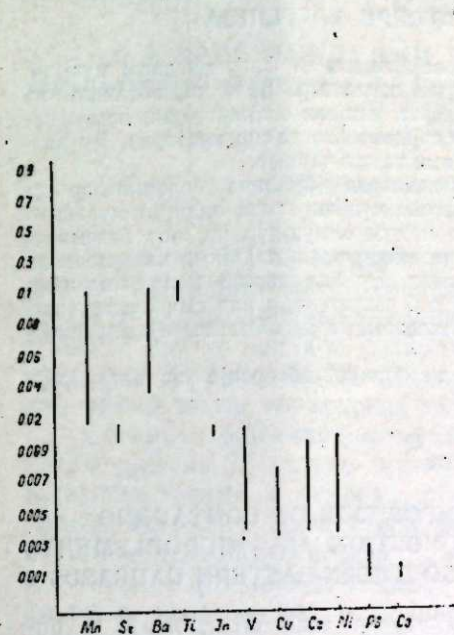


Рис. 1. Содержание некоторых элементов во вмещающих отложениях аптского яруса юго-восточного окончания Большого Кавказа.

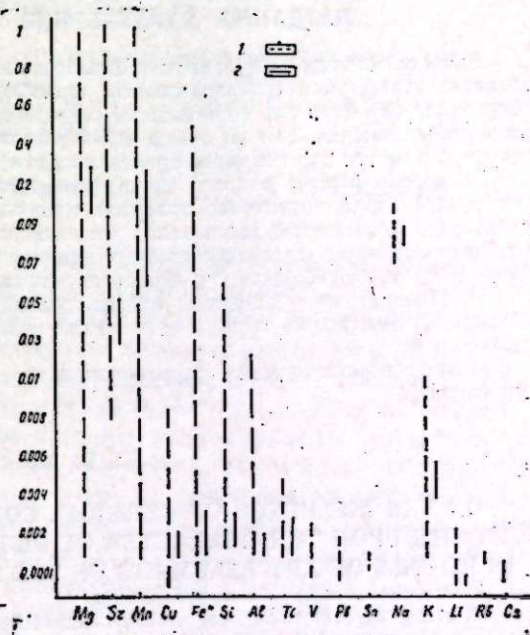


Рис. 2. Содержание химических элементов в рострах аптских белемнитов юго-восточного окончания Большого Кавказа: 1—предел колебания; 2—стабильная концентрация.

Наиболее близки по количественному содержанию в рострах и глинах такие элементы, как Sr, Mn. Правда, почти всегда содержание Sr в рострах несколько выше, чем во вмещающих глинах. В рострах этот элемент содержится в количестве 0,03—0,09%, а в глинах < 0,01—0,02%.

Содержание Mn в исследованных образцах (ростры и глина) изменяется в значительных пределах, в основном, от сотых долей до одного процента и больше. При этом не устанавливается какой-либо взаимосвязи между содержанием Mn во вмещающих отложениях и рострах. Так, анализ полученных данных показал, что содержание Mn в рострах аптских белемнитов из бассейна р. Чикильчай, района сел. Алтыгагач и др. более высокое, чем во вмещающих отложениях. Ростры же из бассейна р. Тударчай, при значительном содержании Mn во вмещающих породах содержат сравнительно малое его количество.

Таким образом, на основании изложенного не удастся установить существенное влияние химического элементарного состава вмещающих отложений на характер распределения и количественное содержание микроэлементов в рострах аптских белемнитов. Это, на наш взгляд, обуславливается двумя основными факторами: во-первых, отсутствием тесного прижизненного контакта белемнитов с донными осадками; во-вторых, довольно компактным сложением кристаллов кальцита, слагаю-

щих ростры белемнитов, которое препятствовало активной диффузии, адсорбции и абсорбции химических элементов из вмещающих отложений.

Институт геологии

Поступило 11. VII 1977

Ш. Б. Асланов

### ЭТРАФ ЧӨКҮНТҮЛЭРИНИН КИМЈӨВИ ТЭРКИБИНИН ЧЭНУБ-ШЭРГИ ГАФГАЗ АПТ БЕЛЕМНИТЛЭРИНИН РОСТРЛАРЫНДА МИКРОЕЛЕМЕНТЛЭРИН ПАЈЛАНМА ХАРАКТЕРИНЭ ТЭ'СИРИ НАГГЫНДА

Бэ'зи элементлэрин организм габыгларында пајланмасы вэ фаз мигдары мүүжэн дэрэчэдэ этраф чөкүнтүлэрин кимјөви тэркибиндэн асылдыр. Белэ ки, организм вэ чөкүнтүлэр бир-бири илэ гаршылыгы элагэдэ оларга, кимјөви элементлэрин һәм организм габыгларында, һәм дэ этраф чөкүнтүлэрдэ дэјишмэсинэ тэ'сир кестэрир. Бу һал хүсуси илэ бентос һэјат кечирэн организмлэрдэ ајдын нэзэрэ чарпыр.

Онлардан фэргли оларга, актив үзэн организмлэрдэ (буларга белемнитлэр дэ андирлэр) этраф чөкүнтүлэр арасында олан элагэни мүүжэн етмэк олдугча мүрэккэб мөсөлэдир. Апарылымыш тэдгигатлар нэтичэсиндэ мэлум олмушдур ки, апт белемнитлэринин рострлары вэ этраф кил сүхурлары микроэлементлэрин пајланма характери вэ фаз мигдары е'тибарилэ бир-бириндэн фэрглэнир. Бу һал эсасэн ики амил илэ: а) белемнитлэрин јашадыгы мүддэт эрзиндэ диб чөкүнтүлэри илэ сых элагэдэ олмамасы; б) Рострлары тэшкил едэн калцит кристалларынын јыгчамлыгы ајдынлашдырылыр.

Микроэлементлэ этраф сүхурлардан актив диффузија, абсорбија вэ адсорбија олунмурлар.

Sh. B. Aslanov

### ON THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION OF CONTAINING DEPOSITS UPON THE CHARACTER OF DISTRIBUTION OF MICROELEMENTS IN ROSTRA OF APT BELEMNITS OF THE SOUTHERN-EASTERN CAUCASUS

Existing system rock-organism, interacting between each other, brings to noticeable changes of the quantitative content of microelements both in containing deposits and in the shells. Such interaction is observed in the organisms, which lead benthos way of life.

In contrast to them organisms leading active swimming way of life (to them belemnites belong) haven't close contact in their life time with benthic sediments. Owing to this the influence of containing deposits upon the character of distribution and quantitative content of microelements in the shells doesn't bear considerable character.

The conducted analyses showed that rostra of belemnites and containing them clayey deposits differ from each other by the content of microelements.

According to our opinion such phenomenon is caused by two factors: firstly, by the absence of close contact of belemnites in their life time with containing deposits; secondly, by rather compact composition of calcite crystals, composing rostra, which prevents active diffusion, absorption, adsorption of chemical elements from containing deposits.

УДК

ГЕОЛОГИЯ

В. И. БАГИН, А. Г. РЗАЕВ

### О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ОСАДКОВ ВОСТОЧНО-ТИХООКЕАНСКОГО ПОДНЯТИЯ

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

В работе [1] был выполнен магнитно-минералогический анализ типичных представителей осадков Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП): металлоносных — станции 1002, 1005; красноцветных илов — станция 983 и осадков антарктической зоны — станции 984, 985, отобранных в 14 рейсе НИС «Дмитрий Менделеев». В исследованных осадках обнаружены титанистый магнетит, гидроокислы железа и маггемит.

Согласно магнитно-минералогическим исследованиям [1] и результатам работы [2] только титанистые магнетиты, которые не образуются непосредственно в осадках, могут нести остаточную намагниченность ориентационного происхождения, синхронную времени возникновения осадка и пригодную поэтому для палеомагнитных построений [3]. Что же касается гидроокислов железа, представленных в осадках главным образом парамагнитной (суперпарамагнитной) фракцией, то согласно данным, полученным в работе [1], они не могут внести существенного вклада в естественную остаточную намагниченность осадков.

Обнаруженный в исследуемых осадках маггемит является формой железа, типичной для аутигенных образований [4]. Он может быть приведен в осадок и образоваться непосредственно в нем за счет низкотемпературного окисления минералов титаномагнетитового ряда твердых растворов [5]. Образующаяся при этом намагниченность имеет химическое происхождение и поэтому, если ориентация зерна маггемита в осадке в период приобретения химической намагниченности уже невозможна, часть естественной остаточной намагниченности, связанная с этим минералом, будет несинхронна времени формирования осадка и не может быть использована для палеомагнитных построений.

Таким образом, на основании исследований, выполненных в работе [1], можно было с достаточной степенью уверенности утверждать, что лишь та часть стабильной естественной остаточной намагниченности, которая связана с титанистыми магнетитами, имеет ориентационное происхождение и синхронна по времени периоду формирования осадка.

В настоящей работе продолжено изучение происхождения естественной остаточной намагниченности типичных осадков ВТП. В связи с этим: а) проанализирована роль вязкой остаточной намагниченности по методике, предложенной в работе [3]; вязкая остаточная намагниченность  $I_{ГВ}$  оценена не только для натуральных осадков, но и осадков, подвергнутых химическому травлению [6, 7, 8]\*; б) при помощи метода лабораторного переосаждения, применимого к неконсолидированным

\* При химическом травлении из осадков в начальный момент выделяются наиболее подвижные формы железа. Поэтому возможна оценка вклада в суммарную  $I_{ГВ}$  вязкой намагниченности тонкодисперсных железосодержащих минералов.

осадкам, выполнена оценка происхождения естественной остаточной намагниченности.

Прежде чем перейти непосредственно к изложению результатов настоящей работы, хотелось бы сделать несколько замечаний относительно применения методики лабораторного переосаждения при решении поставленной задачи.

1. Метод переосаждения основан на предположении о различной степени ориентации магнитных моментов зерен по направлению действующего магнитного поля в момент приобретения осадком различных видов остаточной намагниченности. Кроме того, предполагается, что изменение напряженности геомагнитного поля в прошлом, по сравнению с современной напряженностью, не столь существенно, сколь велики различия в степени ориентации магнитных зерен при образовании разных видов остаточной намагниченности.

2. Коэффициент переосаждения, равный отношению древней стабильной части остаточной намагниченности к современной стабильной переосажденной остаточной намагниченности (с учетом некоторых поправок) [9, 10], близок к 1 в случае ориентационного происхождения стабильной части  $I_n$  и существенно больше 1 в случае химического или термоостаточного ее возникновения. При изучении осадков, непосредственно образовавшихся и отобранных со дна океана, вариант термоостаточного происхождения стабильной части  $I_n$ , по-видимому, следует считать исключительным явлением.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

##### 1. Анализ вязкой остаточной намагниченности $I_{rv}$ .

Рассмотрим вклад вязкой остаточной намагниченности  $I_{rv}$  в  $I_n$ . Переосажденные в лабораторном магнитном поле образцы осадков выдерживались в течение двух недель в положении «in situ» и такое же время в противоположном направлении [3]. Величина переосажденной остаточной намагниченности  $I_{nr} = \frac{I_{nr_1} + I_{nr_2}}{2}$ , где  $I_{nr_1}$  и  $I_{nr_2}$  — соответ-

ственно остаточные переосажденные намагниченности, измеренные после выдержки образцов в положении „in situ“ и в противоположном направлении. Вязкая компонента остаточной намагниченности вычислялась следующим образом:  $I_{rv} = \frac{I_{nr_1} - I_{nr_2}}{2}$ . Относительный вклад вяз-

кой компоненты остаточной намагниченности  $I_{rv}$  в остаточную намагниченность  $I_{nr}$  определялся как отношение  $I_{rv}/I_{nr}$  в процентах (табл. 1). Как видно из таблицы, относительный вклад  $I_{rv}$  в остаточную намагниченность  $I_{nr}$  варьирует для исследованных осадков в пределах 4,94—39,39%.

Таблица 1

Результаты анализа вязкой остаточной намагниченности естественных осадков

№ станции	$I_{nr_1} \times 10^6$ (гс)	$I_{nr_2} \times 10^6$ (гс)	$I_{nr} \times 10^6$ (гс)	$I_{rv} \times 10^6$ (гс)	$I_{rv}/I_{nr}$ (%)
983	23,03	12,69	17,86	5,17	28,94
984	22,22	10,76	16,49	5,73	34,75
985	16,55	7,20	11,88	4,68	39,39
1002	12,28	11,10	11,69	0,59	5,0
1005	28,11	31,03	29,57	1,46	4,94

После химического травления осадков отношения  $I_{rv}/I_{nr}$  резко уменьшается: 1,09—14% (табл. 2).

Таблица 2

Результаты анализа вязкой остаточной намагниченности осадков после химического травления

№ станции	$I_{nr_1} \times 10^6$ (гс)	$I_{nr_2} \times 10^6$ (гс)	$I_{nr} \times 10^6$ (гс)	$I_{rv} \times 10^6$ (гс)	$I_{rv}/I_{nr}$ (%)
983	2,83	3,75	3,29	0,46	14
984	3,36	3,17	3,26	0,09	2,76
985	9,82	8,94	9,38	0,14	4,69
1002	14,80	14,48	14,64	0,16	1,09
1005	6,85	7,10	6,97	0,12	1,72

##### 2. Лабораторное переосаждение осадков.

Эксперименты по лабораторному переосаждению как естественных, так и химически обработанных осадков, проводились дважды. Перед переосаждением в течение нескольких дней осадки размачивались в воде, тщательно перемешивались до получения густой однородной суспензии. Суспензия заливалась в контейнеры кубической формы с ребром 5 см, которые строго ориентировались по лабораторному магнитному полю. Опыт переосаждения проводился в лабораторном поле от 0,52 до 0,56 э. Наклонение поля в среднем составляло 70°. После подсыхания и уплотнения осадка из него вырезались кубики с ребром 24 мм и проводились измерения остаточной намагниченности  $I_{nr}$ . Величина  $I_{nr}$  вычислялась с учетом поправок за геомагнитную широту и потерю ферромагнитного материала при лабораторном переосаждении [9, 10]. Опыты переосаждения показали, что во всех случаях коэффициент переосаждения близок к 1: пределы изменения  $P$  от 0,89 до 1,18 (табл. 3).

Таблица 3

Результаты переосаждения естественных осадков

№ станции	$I_n \times 10^6$ (гс)	$I_{nr} \times 10^6$ (гс)	$I_{rs_1} \times 10^4$ (гс)	$I_{rs_2} \times 10^4$ (гс)	$I_{rs_1}/I_{rs_2}$	$H_{дп}/H_{совп}$	$P$
983	12,5	14,40	181,7	178,3	1,02	0,88	0,96
984	5,0	4,25	55,5	45,7	1,20	0,94	1,04
985	4,0	3,29	42,1	40,4	1,04	0,98	1,18
1005	22,5	28,1	303,7	294,1	1,03	0,87	0,89

С целью контроля полученных результатов проводилось повторное лабораторное переосаждение осадков после химического травления. Исходной величиной остаточной намагниченности экстрагированных осадков считалась намагниченность  $I_{nr}$ , искусственного создания в процессе первого переосаждения экстракций в лабораторном магнитном поле. После первого переосаждения экстрагированный осадок вновь размачивался, тщательно перемешивался и переосаждался вторично. Результаты показали, что после вторичного переосаждения величина  $I_{nr}$  близка  $I_{nr}$ , пределы изменения отношений — 0,78—1,06 (табл. 4). Опыт повторялся дважды и показал хорошую сходимость данных. Переосаждение экстрагированных осадков проводилось в кубических контейнерах с ребром 24 мм, измерения осадка проводились вместе с контейнером, что предупреждало потерю ферромагнитного материала при вырезании кубиков. Поэтому при переосаждении экстрагированных осадков не вводилось никаких поправок.

Таблица 4

Результаты переосаждения осадков после химического травления

№ станции	$I_{пр.} \times 10^3$ (гс)	$I_{пр.} \times 10^3$ (гс)	$P$
983	0,70	0,90	0,78
984	1,10	1,4	0,78
985	6,47	8,0	0,81
1002	9,04	12,8	0,71
1005	6,78	6,4	1,06

Анализ полученных результатов показывает следующее.

1. Относительный вклад вязкой остаточной намагниченности в  $I_{пр.}$  составляет 4,94—39,9%, причем наибольшая величина вязкой намагниченности зафиксирована в осадках антарктической зоны и красноцветных пелагических илах, а наименьшая — в металлоносных осадках. После химического травления осадков относительный вклад вязкой намагниченности резко меняется. При этом, для металлоносных осадков он по-прежнему остается наименьшим (1,09—1,72%), в то время как осадки антарктической зоны, обладавшие максимальной относительной вязкой намагниченностью, почти полностью теряют ее (2,76—4,69%). Почти на 50% меняется после травления вклад вязкой намагниченности в красноцветных илах.

Как уже отмечалось, при химическом травлении осадков в первую очередь удаляются наиболее тонкодисперсные зерна железосодержащих минералов (гидроокислы железа, тонкодисперсная фракция титанистого магнетита и маггемита). В металлоносных осадках содержится наибольшее количество тонкодисперсной фракции, представленной, главным образом, гидроокислами железа; отмечены гидроокислы железа и в красноцветных пелагических илах и лишь в осадках антарктической зоны они отсутствуют. Тем не менее наибольший относительный вклад вязкой намагниченности в  $I_{пр.}$  и максимальное его изменение при химическом травлении осадков наблюдается в случае осадков антарктической зоны. Отсюда следует важное следствие, подтверждающее один из выводов работы [1]: гидроокислы железа не только не вносят существенного вклада в стабильную часть  $I_{пр.}$ , но и не обуславливают вязкую намагниченность осадков. Таким образом, основная часть гидроокисной фракции осадков находится в парамагнитном состоянии.

Второе следствие, которое можно вывести на основе изучения вязкой остаточной намагниченности — это то, что основная часть вязкой остаточной намагниченности осадков обусловлена тонкодисперсной фракцией окислов железа и является, вероятно, результатом суперпарамагнитного ее поведения.

2. Опыты переосаждения показали, что стабильная часть естественной остаточной намагниченности изученных осадков имеет ориентационное происхождение. При этом, если относительно части намагниченности, связанной с титанистыми магнетитами этот результат был получен и ранее на основании работы [1], то относительно происхождения намагниченности маггемитов могут быть высказаны два варианта: а) маггемиты привнесены в осадки и приобрели ориентационную намагниченность; б) маггемиты образовались непосредственно в осадке в течение небольшого периода времени, когда осадки еще не успели в достаточной степени уплотниться — в этом случае осадки приобретают ориентационную намагниченность.

Итак, на основании магнитных исследований типичных осадков ВТП можно сделать окончательный вывод о том, что стабильная часть

$I_{пр.}$  независимо от происхождения ее носителей, имеет ориентационную природу, может считаться синхронной времени образования осадков и использоваться при палеомагнитных построениях.

## Литература

- Багин В. И., Печерский Д. А. Магнитно-минералогическое исследование металлоносных осадков и железо-марганцевых конкреций Восточно-Тихоокеанского поднятия. «Изв. АН СССР, серия Физика Земли», № 9, 1977.
- Kobayashi, K. Nomura, M. Ferromagnetic Minerals in the Sediment Cores Collected from the Pacific Basin. Journal of Geophysics, v. 40, num. 4, 1974.
- Хромов А. Н., Шолло Л. Е. Палеомагнетизм. Изд-во «Недра». Л., 1967. 4. Нагата Т. Магнетизм горных пород. «Мир». М., 1965. 5. Печерский Д. М. и др. Магнетизм и условия образования изверженных горных пород. Изд-во «Наука». М., 1975. 6. Бутузова Г. Ю. и др. Опыт применения хлорированного спирта для удаления свободных окислов и гидроокислов железа из современных осадков Санторинской вулканической зоны. «Литология и полезные ископаемые», № 4, 1967. 7. R. Chester, Nugher, M. J. A chemical technique for the separation of ferro-manganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. Chem. Geol. V.2, 1967. 8. Богданов Ю. А., Лукашин В. Н., Лебедев А. И., Гордеев В. В. Геохимия железа, марганца, никеля, кобальта, меди и цинка в океане. I Съезд Советских океанологов. Тез. докл., вып. 3. Геология морей и океанов. Изд-во «Наука». М., 1977. 9. Багина О. Л. Оценка природы естественной остаточной намагниченности по коэффициенту переосаждения. «Изв. АН СССР, серия Физика Земли», № 8, 1968. 10. Шмелева А. И. К методике изучения происхождения естественной остаточной намагниченности осадочных пород. Труды ВНИГРИ, вып. 204, 1963.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта  
АН СССР,  
Институт геологии им. Губкина  
АН Азерб. ССР

Поступило 19. X 1977

В. И. Багин, А. Г. Рзаев

ШӘРГИ САКИТ ОКЕАН ЧӨКҮНТҮСҮНҮН ГАЛХМАСЫНЫН ТӘБИИ ТӘБИИ ГАЛЫГ МАГНИТЛӘНМӘСИННИН МӘНШӘЈИ ҲАГГЫНДА

Мәғаләдә Шәрги Сакит океан галхмасынын типик чөкүнтүләринин галыг магнитләнмәсинин тәбиин мәншәји тәдқиғ олунмушдур.

Мүәјјән едилмишдир ки, галыг магнитләнмәсинин стабил һиссәси истигамәтли тәби-этә малик олмагла чөкүнтүнүн әмәлә кәлмәсилә һәмвахт һесаб едилир вә палеомагнит гурьмаларда истифаде олуна биләр.

V. I. Bagin, A. G. Rzayev

ABOUT THE ORIGIN OF NATURAL RESIDUAL MAGNETISM OF PRECIPITATION OF EAST-PACIFIC RAISING

The origin of natural residual magnetism of typical precipitation of East-Pacific raising is investigated. It's got that stable part of natural residual magnetism has orientational nature and may be considered synchronous to the time of precipitation and may be used at paleomagnetic constructions.



**КАШТАНОВЫЕ ГИПСОНОСНЫЕ (ГАЖЕВЫЕ) ПОЧВЫ  
ПРЕДГОРНОЙ ЧАСТИ КАРАБАХСКОЙ РАВНИНЫ  
И ВЛИЯНИЕ СКЕЛЕТНОСТИ  
ЭТИХ ПОЧВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

(Представлено академиком АН Азербайджанской ССР В. Р. Волобуевым)

Впервые гажевые почвы в Закавказье были обнаружены и описаны В. В. Богачевым (1926) в Кировабадском районе. В пределах этого массива они более подробно изучены Н. Г. Минашиной (1955).

Вопросами гажии в качестве почвообразующих пород и гажевых почв в дальнейшем занимались С. А. Захаров [8, 9], В. В. Акимцев (1928), Г. Д. Ахвледиани (1949, 1950), Б. А. Клопотовский [10], М. Э. Салаев (1958), Н. Г. Минашина (1955), Ш. Г. Гасанов (1960, 1961), М. П. Бабаев [4, 5].

Реликтовые гипсоносные (гажевые) солончаки были обнаружены В. А. Клопотовским в Южной Грузии, в долине р. Куры. Аналогичные породы описываются тем же автором в Кобыстане.

Перегонно-сульфатные (гажевые) почвы в каштановой зоне Приараксинской подгорной равнины в пределах Джебранльского и частично Физулинского районов, а также в Казахском впервые описаны Ш. Г. Гасановым (1960).

В Азербайджане гипсообразование происходит в двух направлениях: 1) элювиальными образованиями, оставшимися на месте своего возникновения в результате окисления сульфидов; 2) в нашем же случае как реликты древнего гидроморфного лугово-солончакового процесса (Розанов, 1955).

Рельеф местности распространения каштановых гипсоносных (гажевых) почв в предгорной части Карабахской равнины (в пределах Карабахской Научно-экспериментальной базы) представляет собой волнисто-холмистую равнину. Характерной чертой климата является продолжительный теплый период, мягкая малождливая зима, жаркое засушливое лето. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах 13,5—13,9°C. Количество среднегодовых осадков 345—405 мм, среднегодовая относительная влажность воздуха 66—70%.

Растительный покров характеризуется полынно-эфемеровой группировкой.

Такое сочетание климатических элементов с растительностью в основном определяет условия процесса почвообразования.

На территории предгорной части Карабахской равнины каштановые гипсоносные (гажевые) почвы не распространены сплошным покровом, а встречаются небольшими пятнами. Эти почвы в объекте исследования, как правило различаются между собой по мощности мелкоземистого слоя, по степени каменистости, скелетности и степени смывости. В основном эти почвы средне- и маломощные.

Изучение вопросов освоения перегонно-сульфатных (гажевых) земель под виноградники и плодовые насаждения имеет большое научно-производственное значение.

Г. Д. Ахвледиани (1950) выявил возможность использования маломощных перегонно-сульфатных (гажевых) почв под виноградники и

Таблица 1

Результаты физико-химического анализа гажевых почв (% на абсолютно сухую почву)

№ разреза	Глубина, см	Гигроск. влага	Гумус, %	Азот валовой, %	С:N	Фосфор валовой, %	CO <sub>2</sub> , %	Плотный остаток	Ca SO <sub>4</sub> 2 H <sub>2</sub> O	Скелетность	<0,001	<0,01	Средне мощные		Маломощные	
													Средне мощные	Маломощные	Средне мощные	Маломощные
6	0-20	5,83	3,30	0,21	9,1	0,21	7,31	0,079	1,25	—	40,88	63,80	—	—	—	—
	20-40	5,56	3,02	0,09	1,9	0,16	4,66	1,178	1,61	—	28,20	65,28				
	40-60	11,82	0,59	He опр.	He опр.	0,15	3,27	1,205	17,56	32,5	14,72	27,52				
	60-100	15,67	0,11	He опр.	He опр.	He опр.	2,55	1,221	16,29	24,5	14,72	21,80				
9	0-20	5,52	3,38	0,26	7,6	0,20	2,23	1,193	9,49	5,0	20,08	42,24	—	—	—	—
	20-40	5,93	3,02	0,21	8,3	0,18	1,71	1,150	9,44	4,5	24,44	43,92				
	40-60	15,85	2,85	0,09	1,8	0,16	1,77	1,177	19,24	13,5	0,48	15,52				
	60-80	16,20	0,80	He опр.	He опр.	He опр.	0,50	1,250	21,30	23,50	He опр.	He опр.				
80-100	21,10	0,31	He опр.	He опр.	He опр.	0,21	1,340	20,95	25,25	He опр.	He опр.					
7	0-17	6,84	2,90	0,20	8,4	0,18	4,17	1,203	2,24	5,5	17,72	41,28	—	—	—	—
	17-35	8,11	2,17	0,17	7,4	0,18	3,27	1,208	15,78	15,2	24,64	41,36				
	35-55	13,67	0,11	0,01	0,6	0,11	0,95	1,287	18,40	21,5	2,80	9,36				
10	0-17	6,76	2,22	0,16	8,1	0,17	2,57	1,173	15,03	—	14,80	30,80	—	—	—	—
	17-33	9,15	0,65	0,04	0,9	0,16	2,14	1,215	15,78	4,2	10,76	22,64				
	33-65	11,13	0,35	0,02	1,0	0,15	2,07	1,225	23,34	12,5	2,60	12,80				
	65-100	16,05	0,12	He опр.	He опр.	He опр.	1,94	1,305	24,54	15,0	2,50	8,40				
8	0-15	5,55	2,34	0,15	9,0	0,16	5,60	1,075	2,93	—	31,88	67,20	—	—	—	—
	15-23	5,88	2,15	0,14	8,9	0,13	4,24	1,154	3,35	2,5	21,56	57,48				
	37-60	14,68	0,23	0,05	2,6	0,10	3,87	1,350	2,47	15,8	27,40	57,28				

плодовые насаждения. По его данным, участки для закладки виноградной лозы и посадки плодовых насаждений нужно выбирать с расчетом, чтобы преобладали перегнойно-сульфатные (гажевые) почвы, подстилаемые гажей с 5—25 см (в среднем с глубиной 15 см).

Результаты его опытов показали, что плодовые насаждения на маломощных гипсоносных (гажевых) почвах после проведения соответствующих агротехнических мероприятий развиваются нормально. Годовой прирост веток превышает 40—50 см.

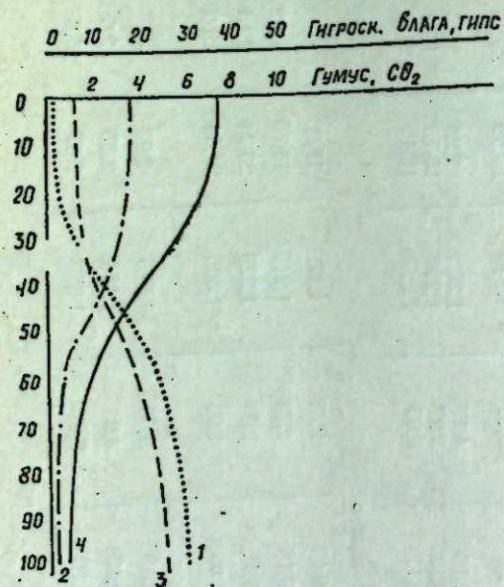


Рис. 1. Распределение гумуса, карбонатов, гигроскопической влаги и гипса в профилях каштановых гипсоносных (гажевых) почв: 1—гипс; 2—гумус; 3—гигроскопическая влага; 4—CO<sub>2</sub>.

При освоении этих почв под виноградники и плодовые насаждения, большое внимание должно быть уделено уничтожению закавказского мраморного хруща—вредителя плодово-виноградных насаждений Г. Д. Ахвледиани (1950).

Каштановые гипсоносные (гажевые) почвы исследуемой территории распространены на слабоволнистых, холмистых, а иногда и ровных частях территории, в настоящее время интенсивно используемые и под посевы зерновых культур.

С целью выявления различных свойств почв на величину урожая зерновых культур (озимая пшеница, сорт Бол-бугда) нами были проведены исследования их свойств и определена биологическая урожайность зерновых культур.

Проведенная аналитическая характеристика почвенных образцов среднемощных каштановых гипсоносных (гажевых) почв показала, что в перегнойно-аккумулятивном горизонте эти почвы содержат 3,0—3,3% гумуса, 0,18—0,22% азота. С глубиной происходит резкое убывание гумуса и азота (табл. 1). Характерным для этих почв является распределение по профилю гигроскопической влаги и карбонатов (рис. 1).

В табл. 1 указаны данные содержания в мало- и среднемощных каштановых гипсоносных (гажевых) почвах физической глины и песка.

Содержание Cl по всему профилю незначительное и в среднем не превышает тысячной доли процента. По составу воднорастворимых солей каштановые гипсоносные (гажевые) почвы относятся к типу сульфатного засоления (табл. 2). В анионной части содержание соли незна-

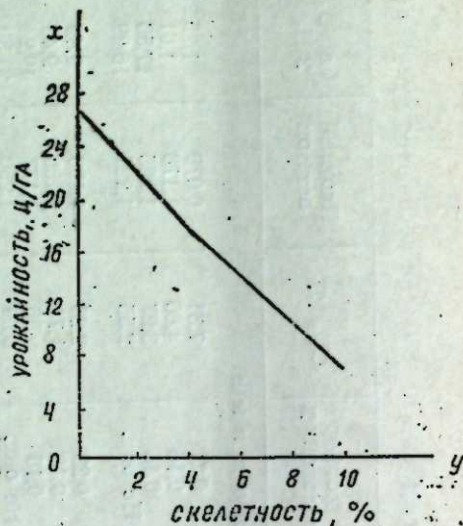


Рис. 2. Влияние скелетности на урожайность зерновых культур.

Таблица 2

Состав солей водной вытяжки, %

№ разреза	Глубина, см	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	NaSO <sub>4</sub>	NaCl
6	0—20	13,3	46,79	13,3	13,3	13,3
	20—40	1,60	79,20	5,60	3,20	2,40
	40—60	1,55	92,25	2,40	2,40	1,55
	60—100	1,53	90,84	3,82	1,53	2,29
7	0—17	1,94	85,44	5,83	4,85	1,94
	17—35	1,60	93,80	1,60	1,70	1,70
	35—55	1,46	82,32	4,92	5,65	5,65

чительно. Из катионов видное место принадлежит кальцию (Ca) 0,280—0,330%, что показано в табл. 2, где дается состав солей водной вытяжки.

Профиль этих почв, особенно почвообразующих и подстилающих пород, сильно скелетный и играет роль естественного дренажа. Скелетность (щебенистость) является существенным признаком агрономического качества почв. Она резко снижает качество почв и возможность на ней механизированной работы.

Нами установлено влияние скелетности почв на урожайность зерновых культур.

Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых культур и скелетностью каштановых гипсоносных (гажевых) почв составляет—0,99 (рис. 2). При увеличении скелетности почв соответственно уменьшается урожайность, т. е. происходит обратно пропорциональная зависимость.

По скелетности различают почвы (Качинский, 1958): несkeletalные, если в мелкоземистой части на скелетные отдельные приходится всего 0,5%, слабосkeletalные—0,5—5%, skeletalные—5—10%, сильносkeletalные—более 10%. Исходя из этого почвы исследуемой территории делятся на несkeletalные, слабосkeletalные и skeletalные.

На несkeletalных и слабосkeletalных можно получить высокий урожай, при наличии других положительных свойств почв.

Большое содержание щебня в почве резко снижает производительность зерновых культур (табл. 3).

Таблица 3

Степень скелетности и ее влияние на урожайность зерновых культур

Почвы	Степень скелетности	% скелета от веса почвы	Урожайность, ц/га
Каштановые гипсоносные (гажевые)	Несkeletalные	—	27
	Слабосkeletalные	4	18
	Сkeletalные	7	12

### Выводы

1. По своим морфолого-генетическим особенностям каштановые гипсоносные (гажевые) почвы характеризуются явным двучленным профилем: перегнойно-аккумулятивный гумусовый и скелетно-щебнистый—гажевый.

2. Выявлено, что степень гажевых образований и их скелетность заметно влияет на урожайность зерновых культур, тем самым и на балл бонитета почв.

3. Нескелетные почвы дают наивысший урожай, составляющий 27 ц/га. Скелетные, слабоскелетные, соответственно 18 и 12 ц/га.

#### Литература

1. Акимцев В. В. О перегнойно-сульфатных почвах. «Почвоведение», т. 5—6, 1931. 2. Ахвледиани Г. К. К вопросу о генезисе перегнойно-сульфатных почв Грузии. «Почвоведение», № 6, 1965. 3. Агаев Б. М., Бабаев Г. Г. О гипсоносных каштановых почвах, распространенных в юго-восточной окраине Малого Кавказа. «ДАН Азерб. ССР», т. XV, № 10, 1959. 4. Бабаев М. П. Некоторые особенности почвообразования в подгорной равнине Карабахской степи. «Изв. АН Азерб. ССР», № 2, 1969. 5. Бабаев М. П. О некоторых диагностических показателях каштановых гажевых почв подгорной равнины Карабахской степи. «Изв. АН Азерб. ССР», № 2, 1971. 6. Гасанов Ш. Г. Почвы приараксинской полосы и их рациональное использование. Баку, 1969. 7. Гасанов Ш. Г. О генезисе каштановых перегнойносульфатных (гажевых) почв Приараксинской полосы. «Изв. АН Азерб. ССР», № 1, 1965. 8. Захаров С. А. Краткий почвенно-географический очерк Азербайджана. Мат-лы по районированию Азерб. ССР, т. 1, вып. 2, 1926. 9. Захаров С. А. Почвы виноградных совхозов «Азвин», Баку, 1927. 10. Клопотовский Б. А. Реликтовые гипсовые солончаки («гажевые» почвы) Южной Грузии. «Почвоведение», т. 2, 1949. 11. Минашина Н. Г. Серо-коричневые гажевые (гипсоносные) почвы Кировабадского массива Азерб. ССР. Труды Почвенного ин-та им. Докучаева АН СССР, т. IV, М., 1953. 12. Салаев М. Э. Почвы Малого Кавказа. Изд-во АН Азерб. ССР. Баку, 1965.

Институт почвоведения и агрохимии

Поступило 24. VI 1977

С. Д. Якубова

#### ГАРАБАГ ДУЗУ ДАҒӘТӘЈИ КИССӘСИННИ КИПСЛИ-ШАБАЛЫДЫ (КӘЧЛИ) ТОРПАГЛАРЫ ВӘ БУ ТОРПАГЛАРДА СКЛЕТЛИЈИН ДӘНЛИ БИТКИЛӘРИН МӘҺСУЛДАРЛЫҒЫНА ТӘСИРИ

Гарабаг дүзүнүн дағәтәји кисли-шабалыды торпагларынын тәбии-тарихи, морфоложи вә кимјәви нишанәлериндән мәлум олмушдур ки, онларын әмәлә кәлмәсиндә калсиум-сульфатын мигдары әсас рол ойнайр.

Анализләрини нәтичәләри кәстәрмишдир ки, бу торпагларда гуру галығын мигдары 1%-дән артыг олмагла әсас јери калсиум-сульфат ( $\text{CaSO}_4$ ) тутур, үмуми киссин мигдары исә 1,5—8,3%-дир.

Мүәјјән едилишдир ки, склетлилик дәнли биткиләрини мәһсулдарлығына вә торпағын бонитет балына әкс тәсир едән амилләрдәндир.

Склетсиз торпаглар јүксәк (27 ц/га), зәиф склетли вә склетли торпаглар исә мұвафиг олараг аз (18 ц/га) вә 12 ц/га) мәһсул верир.

S. D. Yakubova

#### CHESTNUT GYPSEOUS SOILS OF FOOTHILLS OF KARABAKH PLAIN AND THE INFLUENCE OF THE SOIL SKELETON STRUCTURE ON THE CROP CAPACITY OF BREAD GRAINS

In this article the morphological-genetic peculiarities of chestnut gypseous soils and the influence of the degree of the soil skeleton structures on the crop capacity of bread grains are given.

Skeletonless soils give the highest crop capacity which composes 27 c/ha. Skeletal, weak skeletal soils give 18 and 12 c/ha, respectively.

УДК 575+577.581.15

ГЕНЕТИКА

Чл.-корр. М. А. Али-заде, Э. М. Ахундова

#### О НЕКРАТНОМ УВЕЛИЧЕНИИ КОЛИЧЕСТВА ДНК В КЛЕТКЕ ПОЛИПЛОИДНЫХ ФОРМ РОЗЫ (Rosa L.)

Продолжая свои исследования по установлению изменений содержания ДНК в клетке полиплоидных форм растений, которые были начаты с изучения полиплоидного ряда шелковицы мы решили изучить установленную закономерность у растений розы. В прежних наших работах было выявлено, что краткое увеличение ДНК в клетке полиплоидной шелковицы наблюдается до тетраплоидного уровня. Дальнейшее увеличение плоидности не приводит к соответственному краткому увеличению ДНК на клетку [1]. Эта закономерность была подтверждена рядом работ. Подобные результаты получены при изучении полиплоидного ряда хризантемы [2] и других растений. Однако некоторые исследователи установили, что у отдельных растений даже на тетраплоидном уровне соотношение 2:1 не поддерживается. Так, например, Edwards и др. [3] показали, что у тетраплоидного хлопчатника уровень содержания ДНК на ядро по сравнению с диплоидом находится в пределах 1,4:1, а не 2:1, т. е. не наблюдается кратное увеличение количества ДНК в клетке, имеющей удвоенный набор хромосом. Мы решили исследовать это явление на других растениях, располагающих полиплоидным рядом. В качестве такого объекта избрали розу (Rosa L.). Предварительные результаты этих работ показали, что у триплоидных и тетраплоидных видов розы содержание ДНК в клетке по сравнению с диплоидными видами увеличивается кратно к числу хромосом. У пентаплоидных и гексаплоидных видов подобное кратное увеличение количества ДНК в клетке не наблюдается, а количество ДНК на хромосому резко уменьшается [4].

В 1976 г. мы провели дальнейшие исследования, где изучали полиплоидные виды розы, выращенные на территории Ботанического Сада Ин-та ботаники АН Азерб. ССР\*. Пробы брались с молодых, но нормально распустившихся листьев, фиксировались и в дальнейшем в них определялось содержание нуклеиновых кислот. Методы определения нуклеиновых кислот и подсчет полученных данных на одну клетку и на геном описаны ранее [1].

Полученные данные, показывающие содержание ДНК у отдельных видов розы представлены в таблице.

Из приведенных в таблице данных видно, что при определении содержания нуклеиновых кислот не всегда можно оперировать показателями относительного содержания, выраженных в мг% на сухое вещество. Очень часто относительные показатели не вскрывают сущность природы изучаемых процессов. Характерными показателями в таких случаях являются данные абсолютного содержания на биологическую единицу, на растительную клетку. Результаты, приведенные в таблице, хорошо демонстрируют это положение. Как видно, относительное содержание ДНК в мг% на сухое вещество в пределах одной плоидности (на-

\* Мы выражаем благодарность канд. биол. наук У. Агамирову и А. Искендерову за предоставленную возможность пользоваться растительным материалом.

Вариант	Плоидность (x)	Содержание ДНК		
		мг % на сухое вещество	в одной клетке $\times 10^{-12}$	на геном $\times 10^{-12}$
1. R. beggeriana schrenk	2	69,9 ± 3,94	0,660	0,330
2. R. hugonis Hemsl	2	129,0 ± 1,0	0,659	0,330
3. R. olahurica Pall	2	75,1 ± 0,3	0,663	0,330
4. R. tschatgrelagi chrehan	2	115,8 ± 0,25	0,715	0,357
5. R. rugosa Thunb	2	60,8 ± 0,25	0,569	0,285
6. R. bella	4	83,3 ± 1,87	1,03	0,251
7. R. cinnamomea	4	123,0 ± 3,18	1,47	0,367
8. R. tomentosa smint	5	106,0 ± 4,26	0,890	0,178
9. R. sweginzowlio Koehne	6	54,2 ± 1,6	0,855	0,143

пример, диплоидов) резко различаются между собой, тогда как абсолютное содержание ДНК в пикограммах на клетку является стабильным.

В качестве примера можно привести показатели по двум диплоидным видам: у *R. beggeriana* относительное содержание ДНК было 69,9, а у *R. hugonis*—129,0 мг% на сухое вещество. На одну клетку или на геном эти виды содержат одинаковое количество ДНК—0,660 и 0,330 пикограммов, соответственно. Что же касается данных, характеризующих плоидность по содержанию ДНК в клетке или в геноме, то можно отметить специфический характер этого явления у розы. В этом случае мы также констатируем удвоение количества ДНК в соматической клетке розы на тетраплоидном уровне и стабильное содержание ДНК на геном у диплоидов и тетраплоидов. С другой стороны, результаты, приведенные в таблице, свидетельствуют о незначительном увеличении ДНК в клетке у пентаплоидных и гексаплоидных форм роз по сравнению с диплоидами и о резком уменьшении ДНК на геном.

Данные, характеризующие пентаплоидные и гексаплоидные формы обращают на себя внимание еще и тем (таблица), что пентаплоиды и гексаплоиды, которые характеризуют содержание ДНК на клетку значительно ниже данных тетраплоидных видов. В этом случае не только не наблюдается кратное увеличение количества ДНК на клетку у высокоплоидных форм розы, но даже резкое снижение количества ДНК по сравнению с тетраплоидами.

По-видимому, это явление может иметь место за счет повторяющихся последовательностей нуклеотидов на молекуле ДНК. Как известно, у большинства организмов 80—90% ДНК состоит из повторяющихся последовательностей, роль которых до сих пор как следует не установлена. При высокой степени полиплоидизации, вероятно, происходит иллюминация за счет этих, так называемых, повторов, потеря которых не влияет на основную функцию генетического аппарата клетки. Только этим можно объяснить значительные потери в массе ДНК при возникновении полиплоидных видов розы выше тетраплоидного уровня.

#### Литература

1. Ализаде М. А., Ахундова Э. М. Изменения в содержании нуклеиновых кислот в листьях полиплоидных форм шелковицы. АН СССР, т. 178, № 3, стр. 725, 1968.

2. Baetce K. P., Sparran A. U. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 58, № 3, p. 533, 1957.  
3. Edwards G. A., Endrizzi J. E. and Stein R. Genom DNA content and Chromosoma organisation in *Cossyrium Chromosoma* (Berl), 47, № 3, 309—326, 1974.  
4. Ализаде М. А., Ахундова Э. М. О незначительном увеличении ДНК в клетке высокоплоидных растений. 4-е Всесоюз. совещание по полиплоидии (тез. докл.). Изд-во «Наукова думка». Киев, 1975.

Институт генетики и селекции

Поступило 12. V. 1977

М. А. Элизаде, Е. М. Ахундова

#### ГЫЗЫЛКУЛ (ROSA L.) БИТҚИСИНИН ПОЛИПЛОИД ФОРМАЛЫ ҲҶЕЈРЭСИНДЭ ДНТ МИГДАРЫНЫН ДЭЈИШМӘСИ

Мәғаләдә гызылкул битқисинин нөвләриндән диплоид, тетраплоид, гексаплоид формалары вә онларын һүчејрәләриндә ДНТ-нин дәјишилмәси өјрәнилмишдир. Кестәрилмишдир ки, тетраплоид битқиләринин һүчејрәсиндә диплоидә нисбәтән ДНТ-нин мигдары ики дәфә артыр. Гексаплоид битқиләрдә һүчејрә тәркибиндә олан хромосомларын сајы 3 дәфә, ДНТ-нин мигдары исе 1,5 дәфә артыр. Бир генома дүшән ДНТ-нин мигдары диплоид вә тетраплоид формаларда дәјишилр, гексаплоиддә исе азалыр.

M. A. Ali-zade, E. M. Achundova

#### ABOUT THE UNFOLD INCREASE OF DNA AMOUNT IN THE CELL OF POLYPLOID FORMS OF ROSE (ROSA L.)

DNA content in the somatic cell of the polyploid species of rose was determined. Diploid, tetra-, penta- and hexaploid forms were studied. In tetraploids DNA amount in cell in comparison with diploid increases twice. In penta- and hexaploids fold increase is not observed. Somatic cell of these forms contains less DNA, than the cell of the tetraploid plants, in this case sharp decrease of DNA per genome was observed. The authors explain such decrease of DNA in cell by illumination of the repetitive sequences.

МАЛИК МАЪМУДОВ

ХӘТИБ ТӘБРИЗИЈӘ АИД ЕДИЛӘН БИР ӘЛЈАЗМАСЫ ҺАГГЫНДА

Академик И. Ј. Крачковски «Гафгаз чәһәсиндән Русија Елмләр Академијасынын Асија музејинә дахил олмуш әрәб әлјазмалары» адлы мәгаләсиндә XI әср Азәрбајҗан алимнә Хәтиб Тәбризинин (1030—1109) «Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи» әсәринин дә адыны чәкмишдир<sup>1</sup>. Һәлә бир нечә ил бундан әввәл биз һәмни әлјазма илә таныш олмуш вә онун Хәтиб Тәбризијә аид олмадығы еһтималыны ирәли сүрмүшдүк<sup>2</sup>. Бу саһәдә апардығымыз сонрақы ахтарышлар бизим еһтималымызын дүз-җүнлүҗүнү тәсдиғ етмишдир ки, инди онун нәтичәләрини елми иһтима-ијјәтә тәғдим едирик.

Орта әср филологлары Хәтиб Тәбризинин әсәрләри ичәрисиндә «Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи» тәдҗигатынын адыны чәксәләрдә, онун мәзмуну барәсиндә һеч бир мә'лумат вермәмишләр<sup>3</sup>. Һәтта Һачы Хәлифә кими мәшһур библиограф алим дә «Кафи» әсәриндән әтрафлы данышмаға еһтијач дүјмамышдыр<sup>4</sup>. Мәсәләни чәтинләшдирән әсас чәһәтләрдән бири дә будур ки, бир нечә алимнә «Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи» адында әсәри олмушдур. Бу исә тәдҗигатчылары чашдырмыш вә һансы «Кафи»нин кимә мәнсуб олмасы барәсиндә долашығ мұлаһизәләрә кәтириб чыхармышдыр.

Илк дәфә Авропа алимләриндән бөјүк алман шәргшүнасы Ч. В. Фрејтар Тәбризинин «Кафи» әсәриндән бәһс етмишдир<sup>5</sup>. Даһа сонра Һаммер-Пургшталл Азәрбајҗан алимнәин җарадычылығыны арашдыра-рағ онун «Кафи» китабынын да әһәмийәтинин гејд етмишдир<sup>6</sup>. Лакин нә Фрејтар, нә дә Һаммер-Пургшталл һәмни әсәрин мәзмуну барәсиндә һеч бир мә'лумат вермәмишләр. Қарл Брокелман исә «Кафи» әсәринин әл-җазмасынын Берлиндә сахландығыны гејд етмиш вә җалһыз онун шифрәсини кәстәрмәклә кифәјәтләнишдир<sup>7</sup>. Әлбәттә, тәкчә бу кичик гејдләрә әсасланмағла «Кафи» барәсиндә мүјјән гәнаәтә кәлмәк вә бу гәнаәт әсасында И. Ј. Крачковскинин гејд етдији Ленинград нүсхәси әтрафында мұлаһизә јүрүтмәк мүмкүн дејилдир. Лакин дикәр алман шәргшүна-сы В. Алвардын мә'луматлары бүтүн шүбһәләрә сон гојур. О, 1894-чү илдә нәшр етдији «Берлиндәки крал китабханасынын әлјазмаларынын сијаһысы (әрәб әлјазмалары)» адлы каталогунда Хәтиб Тәбризинин

<sup>1</sup> И. Ю. Крачковский. Избранные сочинения. VI, М.—Л., 1960, сәһ. 412.

<sup>2</sup> Малик Маһмудов. Хәтиб Тәбризи, Бақы, 1972, сәһ. 154—156.

<sup>3</sup> Әл-Әибари. Нузһәт әл-әһба фи табағат әл-удба ав әл-нуһат, Мисир, 1294 һ. сәһ. 444 (әрәб дилиндә); Јағут әл-Һәмәви. Иршад әл-әриб илә мә'рифәт әл-әдиб, VII, Гаһирә, 1925, сәһ. 287 (әрәб дилиндә); Ибн-Хәлиқани. Вафајат әл-әҗан, III, 1299, сәһ. 205 (әрәб дилиндә); Әл-Јафни. Мир'ат әл-һинан ва ибрат әл-җәған, III, Һәјдәрабад, 1338 һ. сәһ. 172 (әрәб дилиндә); Ташкәпрүзәдә. Мавдуат әл-улум, I, Дәрсәдәт, 1313 һ. сәһ. 247 (түрк дилиндә) вә с.

<sup>4</sup> Һачы Хәлифә. Кәшф әз-зунун, II, Дәрсәдәт, 1315 һ. сәһ. 254 (әрәб дилиндә).

<sup>5</sup> G. W. Freytag. Darstellung der Arabischen verskunst mit sechs Anhaltenen Bonn, 1830, pp. 36, 153.

<sup>6</sup> Hammer-Purcell. Literaturgeschichte der Araber, Sechter Band, 1855, pp. 602—604.

<sup>7</sup> C. Brockelmann. GAL, I, 331, SI 492.

«Кафи» әсәринин кениш тәсвирини вермишдир<sup>8</sup>. В. Алвардын «Кафи»јә вердији тәсвирлә Ленинград нүсхәсини тутушдурдугда ајдын олмушдур ки, онлар тамам башга-башга әсәрләрдир.

И. Ј. Крачковскинин ишарә етдији Ленинград нүсхәси чәми 22 вәрәгдән ибарәтдир<sup>9</sup>. Берлин нүсхәси исә 82 вәрәгдән артығдыр<sup>10</sup>. Һәм Берлин, һәм дә Ленинград нүсхәләринин илк вәрәгиндә әлјазманын ады «Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи» кими верилмиш, лакин мұәллифин ады гејд олунмамышдыр. В. Алвард кәстәрир ки, Берлин нүсхәсинин илк вәрәги сонрадан әләвәдир. Оун фикринчә әлјазманын илк вәрәги итдијиндән, буну она сонрадан әләвә етмишләр<sup>11</sup>. Беләликлә, һәр ики әлјазманын өзүндә мұәллифин ким олдуғуну билдирән һеч бир дәғиг ишарә јохдур. Лакин Берлин нүсхәсинин икинчи вәрәгиндә мұәллиф өзүнү мәшһур әрәб шаири Әбу-л-Әлә әл-Мәәрринин шакирди адландыр-мышдыр. Бундан чыхыш едән В. Алвард белә һесаб едир ки, әсәр Хәтиб Тәбризијә мәнсубдур<sup>12</sup>. Доғрудан да, Хәтиб Тәбризи Әбу-л-Әлә әл-Мәәрринин шакирди олмуш вә «Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи» адында илк әсәри дә о јазмышдыр. Әсәрин чох бөјүк елми гијмәтинә ишарә едән В. Алвард кәстәрир ки, белә бир трактаты анчағ Хәтиб Тәбризи јаза биләрди вә «буна көрә дә шүбһә етмирәм ки, бу әсәри Хәтиб Тәбризи јазмышдыр»<sup>13</sup>.

Бизчә, алман алимнә өз һөкмүндә тамамилә һағлыдыр. Белә ки, Берлин нүсхәсиндә елә мәсәләләр гојулмушдур ки, бунлар Хәтиб Тәбризинин тәдҗигат үслубуна, җарадычылығ истигамәтинә там мә'нада ујғун кәлир. Мә'лумдур ки, Хәтиб Тәбризи сөзләрин етимолокијасыны арашдырмаға һәмишә мејл етмиш, бу саһәдә хејли марағлы тәдҗигат апар-мышдыр<sup>14</sup>.

«Кафи»нин Берлин нүсхәсиндә дә сөзләрин етимолокијасына хүсуси диггәт јетирилмишдир<sup>15</sup>. Азәрбајҗан алимнә ше'рдә бәдин ифадә вә тәсвир васитәләринә јүксәк гијмәт верирди. В. Алвардын тәсвир етдији нүсхәдә дә бунлар мұәллифин диггәт мәркәзиндә дајанмышдыр<sup>16</sup>.

Лакин кәтирилән бүтүн бу дәлилләр нә гәдәр мәнтиғи олса да чидди елми нәтичә үчүн кифәјәт дејилдир. Бунун үчүн даһа башга бир мұһүм мәсәләни—«Кафи»нин Ленинград нүсхәсинин мұәллифи мәсәләсини ајдынлашдырмағ тәләб олунур. Бу саһәдә дә апардығымыз ахтарышлар В. Алвардын һөкмүнүн нә гәдәр доғру олдуғуну бир даһа тәсдиғ етди.

1905-чи илдә Гаһирәдә нәшр олунан «Әсас фәһиләрин әксәријјәтиндә истифадә олунан мұһүм мәтиләр мәчмуәси» китабынын 286—289-чү сәһифәләриндә «Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи» әсәринин мәтни чап едилмишдир<sup>17</sup>. Бу мәти Ленинград нүсхәси илә тутушдурулдуғда онларын ејни олдуғу ашкара чыхды. Лакин марағлы бурасыдыр ки, «Мәчмуә»дә дә «Кафи» мұәллифинин ады гејд олунмамышдыр. Ленинград нүсхәси илә таныш олмајан Авропа шәргшүнасы М. Плесснер белә бир еһтимал ирәли сүрүр ки, ола билсин, «Мәчмуә»дәки «Кафи»нин мұәллифи Хәтиб Тәбризидир<sup>18</sup>. Беләликлә, М. Плесснер дә бу мәсәләдә И. Ј. Крачковски илә бирләшир.

<sup>8</sup> Die handschriften-vezzeichnisse der königlichen Bibliothek zu Berlin. Vezzeich-niss der Arabischen handschriften von W. Ahlwardt. Sechster band. Berlin, 1894, pp. 323—325.

<sup>9</sup> Әл-Кафи фи елмеј әл-әруз ва-л-җавафи. В-1431, ЛО ИВАН СССР, рукописный фонд.

<sup>10</sup> В. Алвард. Кәстәрилән әсәри, сәһ. 325.

<sup>11</sup> Јенә орада, сәһ. 323.

<sup>12</sup> Јенә орада, сәһ. 324.

<sup>13</sup> Јенә орада.

<sup>14</sup> Бах: Малик Маһмудов. Кәстәрилән китабы, сәһ. 111—115.

<sup>15</sup> В. Алвард. Кәстәрилән әсәри, сәһ. 324.

<sup>16</sup> Јенә орада.

<sup>17</sup> Мәчмуә мни мұһиммәт әл-мутун әл-мустәмәлә мни гаһиб хавасс әл-фунун, әл-Гаһирә, 1313 һ.

<sup>18</sup> EJ, IV, 783.

Мисир алим Мəһəммəd Дəмənһури 1815-чи илдə «Эл-Қафи фи ел-меј эл-əруз ва-л-ґавафи» адлы эсэрə кениш шəрһ јазараг ону «Иршад эш-шафи» адландырмышдыр<sup>19</sup>. Бу шəрһин мугəддимəсиндə Дəмənһури һəмин эсəрин мугəллифини Әбу-л-Аббас Әһмəd ибн Шу'əјб эл-Гина'и (1454-чү илдə өлмүшдүр) олдуғуну хусуси гејд етмишдыр<sup>20</sup>. Гина'ини бу китабыны Ленинград нүсхəси вə «Мəчмуə»дəки мəтнлə тутушдурдуг-да онларын үчүнү дə ејни олдуғу ашкара чыхды. Белəликлə, гəти дејə билəрик ки, И. Ј. Крачковскини кəстəрдији «Қафи»ни Ленинград нүс-хəсини мугəллифи Хəтиб Тəбризи јох, Әбу-л-Аббас Әһмəd ибн Шу'əјб эл-Гина'идир.

Белə бир суал мејдана чыхыр: Нечə ола билмишдыр ки, И. Ј. Крач-ковски кими чидди вə сəлигəли бир алим бу мəсəлэлэрə лəзыми диггəт јетирмəмишдыр? Ону да элвə едək ки, о, һəмин мəгалəсини јазаркən В. Алвардын кəстəрилэн китабындан үч эсас мə'хəздən бири кими исти-фадə етмишдыр<sup>21</sup>. Јухарыдакы суалын чавабыны јенə дə И. Ј. Крач-ковскини өз тəдгигатында ахтармаг лəзым кəлир. О кəстəрир ки, Гафгаз чəбһəсиндən Асија музејинə дахил олан 1050 элјазманын ғыса мүддэтдə тəсвирини вермək тəлəб олундуғундан «ајры-ајры нүсхэлэрə чидди јанашмаг, јахуд онлары этрафлы тəсвир етмək фикриндən тамамилə да-шынамалы»<sup>24</sup> олмушдур. Демəли, кəркəмли шəргшүнас алим бир сыра элјазмалар кими «Қафи» эсəрини дə јохламамыш вə механики олараг ону Хəтиб Тəбризијə анд етмишдыр. Белə ки, һəм Хəтиб Тəбризи өзү, һəм дə онун «Қафи» эсəри Авропада кениш шəһрəт тапдығындан И. Ј. Крач-ковски Ленинград нүсхəсини дə Азэрбајчан алиминə мəхсус олдуғуну тэрəддүсүз гəбул етмишдыр.

Бүтүн дејилэнлэрдən белə бир нəтичə чыхыр ки, Хəтиб Тəбризини «Эл-Қафи фи ел-меј эл-əруз ва-л-ґавафи» эсəрини элјазмасы Берлин китабханасында мөвчуд олмушдур. В. Алварддан 40 ил сонра дикəр ал-ман шəргшүнасы К. Брокелман да буну тəсдиг етмишдыр<sup>23</sup>. Икинчи дүн-ја мұһарибəси илə əлагəдар олараг Берлин китабханасындакы элјазма-лар мұхтəлиф шəһрлэрə дашындығындан «Қафи»ни бу нүсхəсини инди һарада олдуғу мə'лум дејилдир. Һəмин нүсхəнин ахтарылыб тапыл-масы Азэрбајчан шəргшүнасларынын гаршысында дуран эн вачиб вэзи-фэлəрдən бири олмалыдыр. Һəтта «Қафи»ни дикəр элјазмалары элдə едилсə белə, Берлин нүсхəсини бөјүк елми əһмијјəти өз гүввəсини јенə дə итирмəјчəkдир. Белə ки, Берлин нүсхəси «Қафи»ни эн е'тибарлы вə эн гəдим элјазмасыдыр. Чүнки бу нүсхə 661 (1263) -чи илдə Шəрəфəd-дин Әбу Мəһəммəd Абдулла эл-Əнсарини рəһбэрлији алтында Әһмəd ибн Мəһəммəd ибн Әбд эр-Рəһман эл-Һүсəјни тэрəфиндən кəчүрүлмүш-дүр. Һəмин нүсхə 840 (1436) -чы илдə орижиналын əсли илə тутушдурул-мушдур<sup>24</sup>. Демəли, «Қафи»ни Берлин элјазмасы Хəтиб Тəбризини өз əли илə јаздығы нүсхədən кəчүрүлмүшдүр ки, бунун да тəнгиди мəтн үчүн мұстəсна əһмијјəти вардыр.

Ҷахын вə Орта Шəрг  
Халғлары Институту

Альнимышдыр 18. XI 1977

Малик Махмудов

#### ОБ ОДНОЙ РУКОПИСИ, ПРИПИСЫВАЕМОЙ ХАТИБУ ТАБРИЗИ

Академиком И. Ю. Крачковским было сообщено, что рукопись произведения Хатиба Табризи (1030—1109) «Ал-Кафи фи эл-меј ал-аруд ва-л-ґавафи» содержится в Ленин-граде.

<sup>19</sup> Мəһəммəd эл-Дəмənһури, Эл-Иршад эш-шафи элэ мəтн эл қафи фи ел-меј эл-əруз ва-л-ґавафи, эл-Ғаһира, 1957, (эрəб дилиндə).

<sup>20</sup> Јенə орада, сəһ 3—4.

<sup>21</sup> И. Ј. Крачковски. Кəстəрилэн эсəри, VI, сəһ. 385.

<sup>22</sup> Јенə орада, сəһ. 384.

<sup>23</sup> GAC, I 331, S I 492.

<sup>24</sup> В. Алвард. Кəстəрилэн эсəри, сəһ. 324—325.

Однако эта рукопись была сверена с берлинской рукописью, описанной немецким востоковедом В. Алвардом, вследствие чего выяснено, что ленинградская рукопись не относится к Хатибу Табризи. Исследования доказали, что ленинградский текст принадле-жит Абу-л-Аббасу Ахмед ибн Шу'айб ал-Кина'и (умер в 1454 г.), к которому в 1815 г. был написан комментарий египетским ученым Мухаммедом Даманхури. Таким образом, сведения И. Ю. Крачковского о содержании в Ленинграде рукописи произведения «Кафи» Хатиба Табризи ошибочны.

M. Makhmudov

#### ABOUT ONE OF THE MANUSCRIPTS ASCRIBING TO KHATIB TABRIZI

Academician E. Y. Krachkovsky was informed that the manuscript of the work by Khatib Tabrizi (1030—1109) "Al-Kafi fi elmay al-aruz va-l-gavafi" is kept in Le-ningrad now.

However, this manuscript was collated with Berlin manuscript described by Ger- man orientalist V. Ahlwardt, consequence of what was found out that the Leningrad manuscript does not belong to Khatib Tabrizi.

Investigations proved that Leningrad text belongs to Abu-l-Abbas Ahmed ibn Shuibe al-Kinat (died in 1454).

МҮНДӘРИЧАТ

Ријази физика

А. М. Абасов. Көчүрмә нәзәријәсинин бир «үмүмләшмиш» бирөлчүлү хәтти идеал олмајан контакт-сәрһәд мәсәләси һаггында . . . . . 3

Ријазијат

Раһа Мәһәммәд Баһа Әл-дин Аһами. Мүнтәзәм Бул чәбр-ләринни коһомолокијалары  
С. С. Һахияев. Вариасија мәсәләләринни бә'зи синифләри һаггында . . . . . 11

Јарымкечиричиләр вә диелектрикләр физикасы

З. Ә. Искәндәрзаде, В. Ч. Фәрәчов, Т. Р. Мейдијев, Ш. Ә. Әлиханова, В. И. Шильников. InSe вә GaSe кристалларының гәфәс рәгсләринни акустик будағының дисперсијасының һесаблинамасы . . . . . 16

Бәрк чисимләр физикасы

Ф. М. Һәшимзаде, К. Ә. Рүстәмөв, В. Ј. Штејншрайбер. Шпинел типли бирләшмәләрин еластиклик сабитләри . . . . . 21

Јарымкечиричиләр физикасы

М. И. Әлијев, Д. Һ. Араслы, Р. Ә. Һүсејнов. GaSb-ун фонон-фонон гаршылыгы тә'сириндә дәрдофонолу просесләрин ролу . . . . . 25

Нефтчыхарма

А. А. Абдуллајев, А. М. Бајрамов. Чохлајлы нефт јатагларында оптимал нефт чыхарымасының бә'зи мәсәләләринни һәлли . . . . . 28

Үзви кимја

И. Һ. Мурсакулов, А. Һ. Талыбов, М. М. Һүсејнов, М. Р. Асланова, В. А. Смит, С. Ш. Вердијева. Тсиклопентен вә онун төрәмәләринни нитронјумтет рафлорборат илә гаршылыгы тә'сири . . . . . 35

Фајдалы газынтылар

В. И. Әлијев, Е. С. Сүлейманов. Гызылбулаг мис јатағы һаггында јени мә'луматлар . . . . . 39

Кеолокија

М. Ә. Гашгај, Ә. А. Мәғриби, Ә. Һ. Аллаһјаров, Б. Һ. Әфәндијев. Чивә филизләшмәсинин литоложи-структур шәраити (Кичик Гафгазын мәркәзи һиссәсиндә бир сыра јатаг вә тәзаһүрләрин тимсалында) . . . . . 43

Кеофизика

Ә. Ә. Бајрамов, К. М. Керимов. Кичик Гафгаз габағы дәринлик фајы вә онун бојунча јер габығының һәрәкәт ганунаујунлуғу . . . . . 48

Палеобиокеокија

Ш. В. Асланов. Әтраф чөкүнтүләринни кимјәви тәркибинин Чәпуб-Шәрги Гафгаз апт белемнитләринни рострларында микроэлементләрин најланма характеринә тә'сири һаггында . . . . . 54

Кеолокија

В. И. Бағни, А. Һ. Рзајев. Шәрги Сакит океан чөкүнтүсүнүн галх-масының тәбии галыг магнитләймәсинин мәншәји һаггында . . . . . 57

Торпагшүнаслыг

С. Д. Јагубова. Гарабаг дүзү дағәтәји һиссәсинин килсли-шабалыды (кәчли) торпаглары вә бу торпагларда склетлијин дәнли биткиләрин мәнсулдар-лығына тә'сири . . . . . 62

Кенетика

М. А. Әлизаде, Е. М. Ахундова. Гызылкүл (Rosa L.) биткиси-нин полиплоид формалы һүчәјрәсиндә ДНТ мигдарының дәјишмәси . . . . . 67

Әдәбијатшүнаслыг

Малик Маһмудов. Хәтиб Тәбризијә анд едилән бир әлјазмасы һаггында . . . . . 70

СОДЕРЖАНИЕ

Математическая физика

А. М. Абасов. Об одной «обобщенной» линейной одномерной неидеальной контактно-краевой задаче теории переноса . . . . . 3

Математика

Рага Мохамед Баха Эль-Дин Агами. Когомологии равномерных булевых алгебр  
С. С. Ахиев. О некоторых классах вариационных задач . . . . . 11

Физика полупроводников и диэлектриков

З. А. Искендерзаде, В. Д. Фараджев, Т. Р. Мехтиев, Ш. А. Алиханова, В. И. Шильников. Расчет дисперсионной кривой акустической ветви колебаний решеток InSe и GaSe . . . . . 16

Физика твердого тела

Ф. М. Гашимзаде, К. А. Рустамов, В. Я. Штейншрайбер. Упругие постоянные соединений со структурой шпинели . . . . . 21

Физика полупроводников

Чл.-корр. АН Азерб. ССР М. И. Алиев, Д. Г. Араслы, Р. Ә. Гусейнов. Роль четырехфононных процессов в фонон-фононном взаимодействии антимионда галлия . . . . . 25

Нефтедобыча

Чл.-корр. АН Азерб. ССР А. А. Абдуллаев, А. М. Байрамов. О решении некоторых задач оптимизации нефтедобычи на многопластовых нефтяных месторождениях . . . . . 28

Органическая химия

И. Г. Мурсакулов, А. Г. Талыбов, М. М. Гусейнов, М. Р. Асланова, В. А. Смит, С. Ш. Вердијева. Взаимодействие циклопентена и его производных с тетрафторборатом нитрония . . . . . 35

Полезные ископаемые

В. И. Алиев, Э. С. Сулейманов. Новые данные о Кызылбулагском месторождении меди (Малый Кавказ) . . . . . 39

Геология

Акад. М. А. Кашкай, А. А. Мағриби, А. Г. Аллаһјаров, Б. Һ. Әфәндијев. Литолого-структурные условия оруденения ртуты (на примере ряда месторождений и проявлений в центральной части Малого Кавказа) . . . . . 43

Геофизика

А. А. Байрамов, К. М. Керимов. Предмалокавказский глубинный разлом и закономерности движения коры вдоль него . . . . . 48

Палеобиогеохимия

Ш. В. Асланов. О влиянии химического состава вмещающих отложений на характер распределения микроэлементов в рострах аптских белемнитов Юго-Восточного Кавказа . . . . . 54

Геология

В. И. Бағни, А. Г. Рзаев. О происхождении естественной остаточной намагнитченности осадков Восточно-Тихоокеанского поднятия . . . . . 57

Почвоведение

С. Д. Якубова. Каштановые гипсоносные (Гажевые) почвы предгорной части Карабахской равнины и влияние скелетности этих почв на урожайность зерновых культур . . . . . 62

Генетика

Чл.-корр. М. А. Ализаде, Э. М. Ахундова. О некротном увеличении количества ДНК в клетке полиплоидных форм розы (Rosa L.) . . . . . 67

Литературоведение

Малик Маһмудов. Об одной рукописи, приписываемой Хатибу Табризи . . . . . 70

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ввиду небольшого объема статей выводы помещаются лишь в необходимых случаях.

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

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

15. Редакция выдает автору бесплатно 15 отдельных оттисков статьи.

Сдано в набор 6/III-1978 г. Подписано к печати 18/V-1978 г. Формат бумаги 70×108 1/16. Бум. лист. 2,38. Печ. лист. 6,05. Уч.-изд. лист. 6,2. ФГ 05768. Заказ 147. Тираж 730. Цена 40 коп.

Издательство „Элм“. 370073, Баку-73, проспект Нариманова, 31.

Академгородок, Главное здание.

Типография „Красный Восток“ Государственного комитета Совета Министров Азербайджанской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Баку, ул. Ази Асланова, 80.