

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՐ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

XXXVII, № 2

1963

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Է. Կ. ԱՅՐԻՎՅԱՆ, կենսաբանական գի-
տությունների բեկնաձու, Ա. Թ. ՐԱՐԱՅԱՆ,
ՀՍՍՐ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ. ԹԱԻԼ-
ՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Հ.
ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ.
ՋԱԶԱՐՅԱՆ, կենսաբանական գիտու-
թյունների դոկտոր (պատ. խմբագրի տե-
ղակալ), Գ. Մ. ՂԱՐԻՐՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ թղ-
թակից-անդամ, Ս. Հ. ՄԻՐՉՈՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ
թղթակից-անդամ, Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՐ
ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Կ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՐ
ԳԱ ակադեմիկոս, Մ. Մ. ՋՐԱՇՅԱՆ, ՀՍՍՐ
ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Ս. Մ.
ՍԱԳՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՐ ԳԱ թղթակից-անդամ:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г.
АФРИКЯН, кандидат биологических
наук, А. Т. БАБАЯН, чл.-корресп. АН
АрмССР, Г. М. ГАРИБЯН, чл.-корресп.
АН АрмССР, М. М. ДЖРБАШЯН, ака-
демик АН АрмССР (отв. редактор), В. О.
КАЗАРЯН, доктор биологических наук
(зам. отв. редактора), С. А. МИР-
ЗОЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, С. С.
МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г.
НАЗАРОВ, академик АН АрмССР, О. М.
САПОНДЖЯН, чл.-корресп. АН АрмССР,
В. М. ТАРАЯН, чл.-корресп. АН АрмССР

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Մարեմաթիկա

Ա. Վ. Չարմազյան—*Dm* մակերևույթները *E2m* տարածությունում 49

Մեխանիկա

Մ. Մ. Մանուկյան—*Կոշտ սեպի ճնշումը կիսահարթության վրա ոչ հաստատո-*
ված սողրի պայմաններում 55

Ֆիզիկա

Յան Շի—*Ֆերիմագնիսական սեղոնանոց ուժից մագնիսական դաշտերում* 65

Հիդրոէներգետիկա

Կ. Խ. Հովսեփյուն—*Սխառնում աշխատող հիդրոսպրեյատի պատող մոմենտի*
փոփոխման ուղիղման որոշման մասին 73

Գեոֆիզիկա

Հ. Գ. Մադուբյուն, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս, Գ. Հ. Փիջյուն և Ս. Ս. Ֆարամազ-
յան—*Խենիումը Հայկական ՍՍՌ-ի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերում* 77

Բիոֆիզիկա

Գ. Վ. Փամալյան և Լ. Վ. Դավթյուն—*Մի շարք ամինոսպիրտների ազդեցու-*
թյունը գյուղատնտեսական կուլտուրաների սերմերի ծրման ընթացքում Ֆոսֆորա-
յին փոխանակման վրա 83

Ա. Շ. Գալստյան—*Հողի բիոլոգիական ակտիվության ուսումնասիրության*
մասին 89

Բույսերի բիոֆիզիկա

Ս. Յու. Զոլոտնիցկայա—*Սջլախոտ ցեղի հայկական ներկայացուցիչների ալ-*
կալոփոսթի կոմպլեքսի մասին 95

Ներկաբանություն

Մ. Ա. Մովսիսյան—*ՀՍՍՌ մերձերևանյան շրջանի դիպսոտար հատվածի*
սիթմիկ կառուցվածքի մասին 99

Ռադիոկենսաբանություն

Յու. Բ. Խեյֆեց և Ա. Լ. Շարադաշ—*Ճառագայթափոքրված լեյկոցիտներում գլի-*
կոպենի վաղ փոփոխությունների համեմատական սոսումնասիրությունը 105

Միկրոկենսաբանություն

Հ. Կ. Գաբրիելյան և Ա. Պ. Պետրոսյան—*Հայկական ՍՍՌ-ի հրաբխային բար-*
ձրավանդակի կարբոնատային կեղևի բիոգեն ծագման մասին 107

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Математика

- А. В. Чакмазян—О поверхности D_m пространства E_{2m} 49

Механика

- М. М. Манукян—О вдавливании жесткого клина в полуплоскость в условиях неустановившейся ползучести 55

Физика

- Ян Ши—Ферримагнитный резонанс в сильных магнитных полях 65

Гидроэнергетика

- К. Х. Овсепян—Об определении запаздывания изменения момента вращения при регулировании гидроагрегата, работающего в системе 73

Геохимия

- И. Г. Магакьян, академик АН Армянской ССР, Г. О. Пиджян и А. С. Фарамазян—Рений в медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР 77

Биохимия

- Г. В. Камалян и Л. В. Давтян—Действие ряда аминоспиртов на некоторые стороны фосфорного обмена при прорастании семян сельскохозяйственных культур 83
- А. Ш. Галстян—К изучению биологической активности почвы 89

Биохимия растений

- С. Я. Золотницкая—Об алкалоидном комплексе *Delphinium foetidum* Lomak 95

Геология

- М. С. Мовсесян—О ритмичном строении гипсоносной толщи Приереванского района Армянской ССР 99

Радиобиология

- Ю. Б. Хейфец и А. Л. Шабадаш—Сравнительное изучение ранних изменений гликогена в лейкоцитах при облучении *in vivo* и *in vitro* 103

Микробиология

- Г. К. Габриелян и А. П. Петросян—О биогенном образовании карбонатной корки на вулканических породах Армянской ССР 107

А. В. Чакмазян

О поверхности D_m пространства E_{2m}

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Л. Шагиняном 20/IV 1963)

Будем говорить, что поверхность X_m в проективном пространстве P_n нормализована двойственно, если она нормализована в смысле А. П. Нордена ⁽¹⁾ и ее нормаль первого рода содержит характеристику семейства гиперплоскостей, касающихся X_m .

В этой заметке мы рассмотрим поверхность X_m , вложенную в эвклидово пространство E_{2m} . Предположим, что нормальная плоскость поверхности X_m содержит характеристику главных касательных гиперплоскостей, т. е. удовлетворяет условиям двойственной нормализации ⁽²⁾.

При этом оказывается, что X_m , удовлетворяющая этим условиям при $m < 2m - 1$, образует определенный класс, который в дальнейшем будем обозначать через D_m .

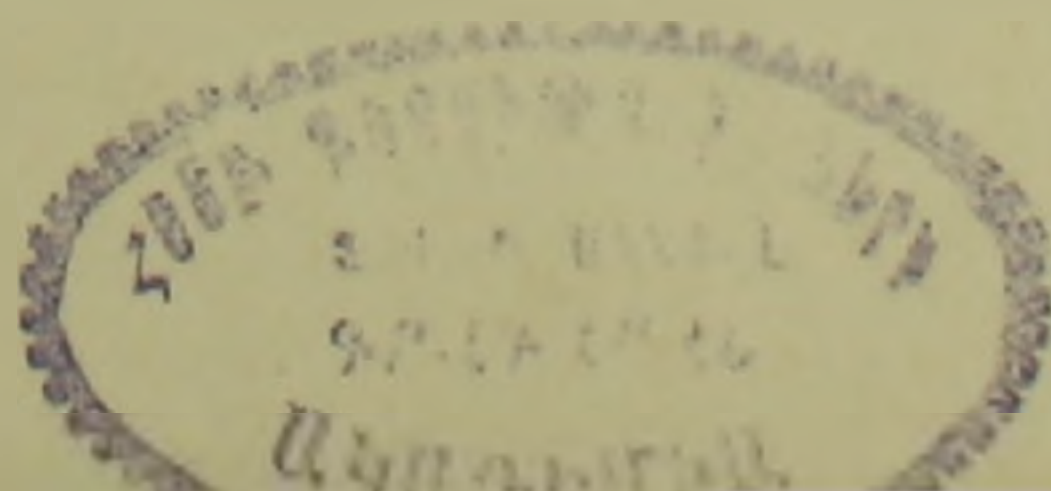
Пусть x — радиус-вектор точки поверхности, а X_0 и X_α ($\alpha = 1, 2, \dots, m-1$) направляющие вектора нормали 1-го рода. Тогда системы основных дифференциальных уравнения D_m имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \nabla_i x_i &= h_{ij} X_0 + h_{ij}^\alpha X_\alpha, & \partial_i X_\alpha &= -h_{\alpha i}^\beta x_\beta + h_{\alpha i}^\beta X_\beta, \\ X_i &= -h_i^\alpha x_\alpha, & (i, j, e &= 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где считается, что номер внизу под точкой опущен с помощью $g_{\alpha\beta}$, а ∇ — символ ковариантного дифференцирования во внутренней римановой связности, который используется для преобразования индексов.

Если составим условия интегрируемости системы основных дифференциальных уравнений (1), то получим следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} \text{I. } R_{kij}^\alpha &= h_{[i} h_{j]}^\alpha + h_{[i}^\alpha h_{j]}^\alpha, & \text{II. } \nabla_{[k} h_{j]}^\alpha &= 0, \\ \text{III. } \nabla_{[k} h_{j]}^\alpha + h_{[j}^\alpha h_{k]}^\alpha &= 0, & \text{IV. } h_{[i}^\alpha h_{j]}^\alpha &= 0, \\ \text{V. } \nabla_{[k} h_{j]}^\alpha - h_{[j}^\alpha h_{k]}^\alpha + h_{[j}^\alpha h_{k]}^\alpha &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$



где R_{kij} есть тензор кривизны внутренней геометрии D_m . Как известно, матрицу координаты тензора h_{ij} можно привести к диагональному виду. Тогда из (2·IV) следует, что матрицу координат тензоров h_{ij} приводят к диагональному виду. Действительно, из (2·IV) следует $h_{ij}^i h_{ji}^j = 0$ при $j \neq i$ или $h_{ij}^i h_{ji}^j = 0$, но так как $h_{ij}^i \neq 0$, то $h_{ji}^j = 0$.

Отсюда следует, что тензоры h_{ij} , h_{ij}^2 имеют общее главное направление (3).

Таким образом мы видим, что на поверхности D_m , вложенной в E_{2m} , тензоры h_{ij} , h_{ij}^2 имеют общие главные направления.

Обозначим орты главных направлений тензоров h_{ij} , h_{ij}^2 соответственно $(a_1, a_2, \dots, a_m)$, $(a_1^2, a_2^2, \dots, a_m^2)$. Но так как в нашем случае главные направления тензоров h_{ij} , h_{ij}^2 совпадают, то

$$\left. \begin{aligned} h_{ij} &= \varepsilon_0 a_1 a_j + \varepsilon_1 a_2 a_j + \dots + \varepsilon_{m-1} a_m a_j, \\ h_{ij}^2 &= \varepsilon_0^2 a_1 a_j + \varepsilon_1^2 a_2 a_j + \dots + \varepsilon_{m-1}^2 a_m a_j, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $(\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{m-1})$, $(\varepsilon_0^2, \varepsilon_1^2, \dots, \varepsilon_{m-1}^2)$ — главные значения тензоров h_{ij} , h_{ij}^2 соответственно. Очевидно, все эти результаты верны для поверхности D_m , вложенной в E_n .

Поставим вопрос: существует ли огибающая семейства нормальных плоскостей поверхности D_m .

Рассмотрим точку

$$R = x(u', \dots, u^m) + \overset{0}{A}(u', \dots, u^m) X + \overset{0}{A}(u', \dots, u^m) X^2 \quad (4)$$

в нормальной плоскости D_m и потребуем, чтобы в этой точке они касались некоторой поверхности, т. е. чтобы векторы R_i разлагались по X , X . Имея в виду (4) и (1)

$$R_i = (\delta_i^e - \overset{0}{A} h_i^e - \overset{2}{A} h_i^e) x_e + \partial_i \overset{0}{A} X + (-\overset{0}{A} \partial_i \overset{2}{A} + \overset{2}{A} \overset{0}{A}) X,$$

откуда получаем условия

$$\delta_i^e - \overset{0}{A} h_i^e - \overset{2}{A} h_i^e = 0 \quad \text{или} \quad g_{ie} - \overset{0}{A} h_{ie} - \overset{2}{A} h_{ie} = 0.$$

Если подставим значения тензоров h_{ie} , h_{ie}^2 из (3) в последнее соотношение, получим

$$1 - \overset{0}{A} \varepsilon_t = 0 \quad \text{где} \quad (s, r, t = 0, 1, \dots, m-1).$$

Но так как $\text{Det} \|\varepsilon_i\| \neq 0$, то мы можем определить все A , а это значит, что огибающая существует.

Итак мы доказали, что нормальные плоскости D_m , вложенные в E_{2m} , допускают огибающую поверхность. Эту поверхность мы назовем эволютной поверхностью.

Рассмотрим случай, когда $m = 2$. Тогда основные дифференциальные уравнения (1) принимают вид:

$$\nabla_j x_i = h_{ij} X + k_{ij} Y, \quad X_j = -h_j^e X_e, \quad Y_j = -k_j^e X_e,$$

где $h_{ij} = -\partial_i x \partial_j X = X \nabla_j x_i$, $k_{ij} = Y \nabla_j x_i$, а X и Y обозначают, соответственно, нормальный вектор касательной (гиперплоскости и вектор характеристической прямой).

Если мы составим условия интегрируемости уравнения (5), получим

$$\left. \begin{aligned} \text{I. } R_{kji}^e &= 2 h_{[ij} h_{k]}^e + 2 k_{[ij} k_{k]}^e, \\ \text{II. } \nabla_{[k} h_{j]i} &= 0, \quad \text{III. } \nabla_{[k} k_{j]i} = 0, \\ \text{IV. } h_{[i}^e k_{j]e} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где R_{kji}^e есть тензор кривизны внутренней геометрии D_2 .

Условия (6. II, III) показывают, что тензоры h_{ij} и k_{ij} удовлетворяют условиям кодации. Если чебышевские векторы тензоров h_{ij} , k_{ij} обозначим соответственно h_i , k_i , то для всяких кодационных тензоров справедливо ((⁴), § 64, (6)).

$$h_i = \frac{1}{4} \partial_i \ln N_h, \quad k_i = \frac{1}{4} \partial_i \ln N_k, \quad (7)$$

где N_h и N_k норма тензоров h_{ij} , k_{ij} соответственно.

Таким образом поверхность D_2 в E_4 характеризуется тем, что тензоры h_{ij} , k_{ij} кодационные.

Если m , n — единичные и взаимно перпендикулярные нормальные векторы двумерной поверхности X_2 , вложенной в E_4 , то ее основные дифференциальные уравнения имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \nabla_j r_i &= a_{ij} m + b_{ij} n, \quad m_j = -a_j^e r_e + \lambda_j n, \\ n_j &= -b_j^e r_e - \lambda_j m, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где $a_{ij} = m \nabla_j r_i$, $b_{ij} = n \nabla_j r_i$, а ∇ — символ квадратного дифференцирования во внутренней связности поверхности X_2 .

Теперь докажем, что если на двумерной поверхности X_2 , вложенной в E_4 , тензоры a_{ij} , b_{ij} кодационные, то поверхность X_2 двойственна, нормализуема.

Составим теперь условия интегрируемости системы (8), имея в виду, что в бинарной области альтернацию можно заменить свертыванием с бивектором ε^{ij} , а для всякого векторного поля справедливо тождество ((⁴), § 81) $\varepsilon^{kj} \nabla_k \nabla_j v_i = K \varepsilon_i^l v_l$, где K — гауссова кривизна. Эти условия сводятся к следующим.

$$\begin{aligned}
K\varepsilon_{ij}^m &= \varepsilon^{kj} (a_{ij}a_{\cdot k}^m + b_{ij}b_{\cdot k}^m), & (A) \\
\varepsilon^{jk} (\nabla_k a_{ij} - \lambda_{jk} b_{ij}) &= 0, & (B) \\
\varepsilon^{jk} (\nabla_k b_{ij} + \lambda_{jk} a_{ij}) &= 0, & (C) \\
\varepsilon^{jk} (\nabla_k^j - a_{\cdot k}^j b_{\cdot k}) &= 0. & (D)
\end{aligned}
\tag{9}$$

Условие (9.A) равносильно следующему, которое получим, свертывая обе его части с бивектором ε^{ij}

$$2K = \varepsilon^{lm} \varepsilon^{jk} (a_{ij} a_{mk} + b_{ij} b_{mk}) \quad \text{или} \quad K = \frac{N}{a} + \frac{N}{b}, \tag{10}$$

где

$$\frac{N}{a} = \frac{1}{2} \varepsilon^{lm} \varepsilon^{jk} a_{ij} a_{mk}, \quad \frac{N}{b} = \frac{1}{2} \varepsilon^{lm} \varepsilon^{jk} b_{ij} b_{mk}.$$

Но так как на нашей поверхности тензоры a_{ij} , b_{ij} кодацциевы, то условие (9.B) принимает следующий вид:

$$\lambda_{[k} b_{j]i} = 0.$$

Свертывая это выражение с $\tilde{b}^{jk}$, т. е. тензором, взаимным тензору b_{jk} , получим $\lambda_{[k} \tilde{b}_{i]}^k = 0$, или $\lambda_k = 0$.

Таким образом мы доказали следующую теорему.

Теорема. Для того, чтобы поверхность X_2 , вложенная в E_3 , была D_2 , необходимо и достаточно, чтобы тензоры a_{ij} , b_{ij} были кодацциевы.

Если первое выражение (7) умножим на $\frac{N}{h}$, второе $\frac{N}{k}$ сложим и, имея в виду (10), получим выражение

$$\frac{N}{h} h_i + \frac{N}{k} k_i = \frac{1}{4} d_i K,$$

которое дает связь между чебышевскими векторами сетей h_{ij} , k_{ij} , нормами их тензоров и гауссовой кривизной поверхности D_2 .

Ереванский государственный университет

Ս. Վ. ՉԱԲՍՈՆՅԱՆ

D_m մակերևույթները E_{2m} տարածությունում

Մենք կասենք, որ X_m մակերևույթը երկակի նորմալացված է P_n տարածությունում, եթե նա նորմալացված է U . Պ. Նորդենի ⁽¹⁾ իմաստով և նրա առաջին սեռի նորմալը պարունակում է X_m շոշափող հիպերհարթությունների խառակտերիստիկը:

Այս հոդվածում մենք կգիտարկենք X_m մակերևույթն ընկղմված եզկլիֆյան E_{2m} տարածությունում:

Գհենջենք, որ X_m մակերևույթի նորմալ հարթությունը պարունակի շոշափող հիպերհարթությունների խառակտերիստիկը և այդ մակերևույթը նշանակենք D_m ՝ Ապացուցված է հետևյալը՝

1. D_m մակերևույթի վրա h_{ij} , h_{ij} տենզորները ունեն ընդհանուր գլխավոր ուղղություններ:
2. Նորմալ հարթությունները D_m մակերևույթի, որը ընկղմված է E_{2m} թույլատրում է պարուրիչ մակերևույթ:
3. Որպեսզի $X_\pm$ մակերևույթը, որն ընկղմված է E_3 լինի $D_\pm$ անհրաժեշտ և բավարար է, որպեսզի a_{ij} , b_{ij} տենզորները լինեն կոդացու:

Л И Т Е Р А Т У Р А Ч Р Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ ՈՒ Ն

1. А. П. Норден, Пространства аффинной связности, ГИТЛ, 1950. 2. А. В. Чакмазян, ДАН АрмССР, т. 28, № 4 (1959), стр. 151—157. 3. П. А. Широков, Тензорное исчисление, изд. КГУ, 1961. 4. А. П. Норден, Теория поверхностей, Гостехиздат, 1956.

МЕХАНИКА

М. М. Манукян

О вдавливании жесткого клина в полуплоскость
в условиях неустановившейся ползучести

(Представлено академиком АН Армянской ССР Н. Х. Арутюняном 1/II 1963)

В настоящей работе рассматривается задача о вдавливании жесткого клина в полуплоскость, находящуюся в условиях неустановившейся ползучести при степенном законе связи между напряжениями и деформациями. В качестве исходной физической гипотезы здесь принимается теория пластической наследственности^(1, 2) для таких стареющих материалов, как алюминиевые сплавы, медь, малоуглеродистая сталь и др. Задача решается методом, развитым в работе⁽³⁾.

При решении этой задачи предполагаем, что сила трения отсутствует.

Пусть имеем плоский клин. Начало координат поместим в точке О и направим координатные оси x и y , как показано на фиг. 1. Тогда

уравнение поверхности клина будет

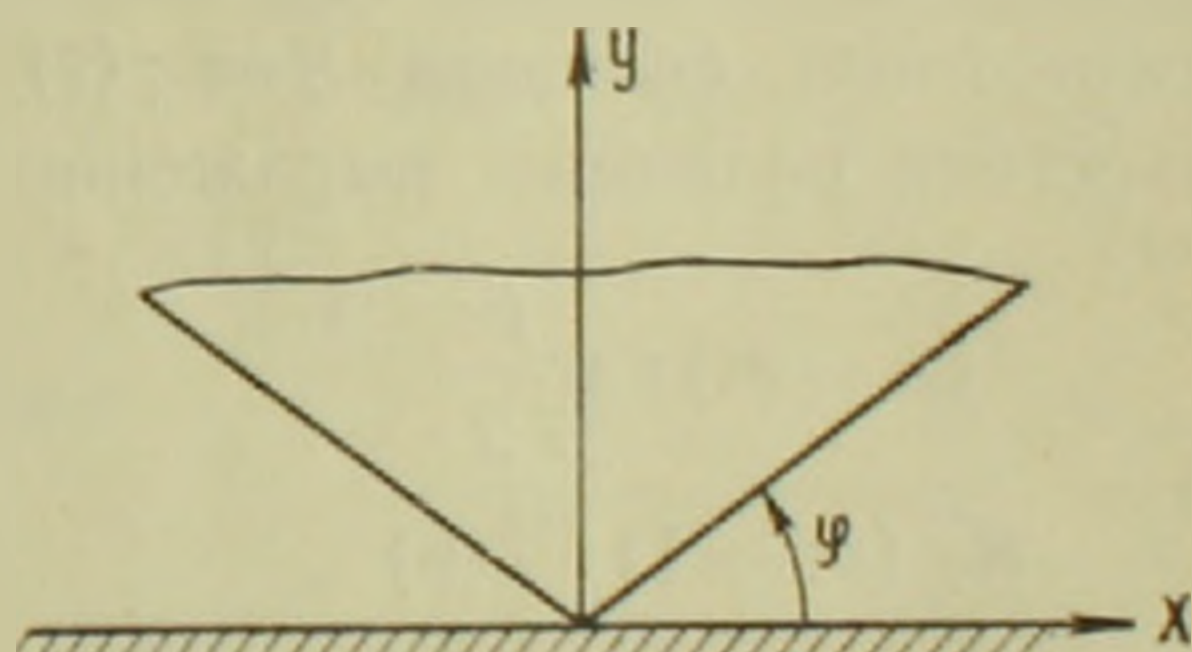
$$f(x) = k|x| \quad (k = \operatorname{tg} \varphi). \quad (1)$$

Здесь φ — угол, составленный гранью клина с осью Ox .

Как известно, уравнения теории эластической наследственности, связывающие интенсивность деформаций $\epsilon_i(t)$ с интенсивностью напряжений $\sigma_i(t)$, с учетом ползучести материала имеют следующий вид:

$$\varphi^* |\dot{\epsilon}_i(t)| = \varphi |\epsilon_i(t)| \dot{\epsilon}_i(t) = \sigma_i(t) - \int_0^t \sigma_i(\tau) \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau. \quad (2)$$

Здесь $C(t, \tau)$ — мера ползучести материала, а $\varphi^* |\dot{\epsilon}_i(t)|$ — некоторая функция, характеризующая нелинейную зависимость между его напряжениями и деформациями; оба они определяются из опыта в результате испытания на простую ползучесть, τ_1 — возраст материала, t — время.



Фиг. 1.

Опытные кривые ползучести для металлов достаточно хорошо описываются степенным законом вида

$$\dot{\varepsilon} = [\varepsilon_i(t)] = \dot{\varepsilon} [\varepsilon_i(t)] \varepsilon_i(t) = K_0 \varepsilon_i^\mu(t), \quad (3)$$

где K_0 и μ — некоторые физические константы, определяемые из опыта при испытании на простую ползучесть, причем $0 < \mu < 1$.

Пусть первоначальное касание клина в плоскости xu происходит в одной точке, которая принята за начало координат. Положим далее, что областью контакта после сжатия будет отрезок оси x , — $(at) \leq x \leq a(t)$.

Решение рассматриваемой задачи, которое в сущности состоит в отыскании неизвестной функции двух переменных $P(x, t)$, характеризующей распределение интенсивности давления на участке контакта сводится к совместному решению связанных между собой следующих двух интегральных уравнений (3).

$$\omega(x, t) = \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \omega(x, \tau) \frac{dC(t, \tau)}{d\tau} d\tau = |\gamma(t) - x| |x|^\mu, \quad (4)$$

$$\int_{-a(t)}^{a(t)} \frac{P(s, t) ds}{|s - x|^{1-\mu}} = \omega(x, t) \quad x = \frac{k}{A}, \quad (-a(t) \leq x \leq a(t)). \quad (5)$$

Здесь $\gamma(t)$ — неизвестная функция от t , подлежащая определению в дальнейшем, $\omega(x, t)$ — функция, которая, являясь решением интегрального уравнения (4), зависит как от аргументов x и t , так и от неизвестной функции $\gamma = \gamma(t)$, $2a = 2a(t)$ — ширина контакта, A — известная величина, выражение которой определяется формулами

$$A = \frac{(2 - m) \sin \frac{l\pi}{2}}{K_0^m (m - 1) I^m(\mu)} \quad \left(l = \frac{\sqrt{2\mu - 1}}{\mu} \right) \quad \text{для } \mu > \frac{1}{2} \quad (6)$$

$$I(\mu) = 4l^\mu \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos lb)^\mu \cos b \, db \quad \left(m = \frac{1}{\mu} \right)$$

$$A = \frac{(2 - m) \sin \frac{\beta\pi}{2}}{K_0^m (m - 1) I^m(\mu)} \quad \left(\beta = \frac{\sqrt{1 - 2\mu}}{\mu} \right) \quad \text{для } \mu < \frac{1}{2} \quad (7)$$

$$I(\mu) = 4\beta^\mu \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\operatorname{ch} \beta b)^\mu \cos b \, db$$

Интегральное уравнение (4), которому должна удовлетворять $\omega(x, t)$, как функция времени t , учитывает влияние ползучести мате-

риала на распределение контактного усилия и представляет собой линейное интегральное уравнение Вольтерра второго рода, которое для различных случаев ядер ползучести $K(t, \tau) = \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau}$ подробно исследовано в работах (1-3, 4).

Решение уравнения (4) можно написать в виде

$$\omega(x, t) = [\gamma(t) - \alpha |x|]^p + \int_{\tau_1}^t [\gamma(\tau) - \alpha |x|]^p R(t, \tau) d\tau, \quad (8)$$

где $R(t, \tau)$ — резольвента линейного интегрального уравнения с ядром

$$K(t, \tau) = \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau}.$$

Из (8) следует, что $\omega(x, t)$ зависит также от неизвестной функции $\gamma(t)$.

Уравнение (5), которому должна удовлетворять $P(x, t)$ функция аргумента x , представляет собой сингулярное интегральное уравнение Фредгольма первого рода с ядром

$$K(x, s) = |s - x|^{p-1} \quad (0 < p < 1)$$

и с правой частью $\omega(x, t)$, которая является решением интегрального уравнения (4), и может быть рассмотрено при каждом фиксированном t как основное интегральное уравнение для изучения вдавливания жесткого клина в полуплоскость с учетом неустановившейся ползучести. В частном случае, когда $t = \tau_1$, из (4) следует, что

$$\omega(x, \tau_1) = \omega(x) = [\gamma - \alpha |x|]^p, \quad (9)$$

и интегральное уравнение (5) примет вид

$$\int_{-a}^a \frac{P(s) ds}{|s - x|^{1-p}} = [\gamma - \alpha |x|]^p. \quad (10)$$

Это является основным интегральным уравнением для изучения вдавливания жесткого клина в полуплоскость с учетом установившейся ползучести (5).

Если обозначить через $g(s, a)$ решения уравнения (5) при $\omega(x, t) = 1$, то общее решение интегрального уравнения (5), согласно (9), будет

$$P(x, t) = \frac{1}{2M'(a)} \left[\frac{d}{da} \int_{-a}^a g(s, a) \omega(s, t) ds \right] g(x, a) - \\ - \frac{1}{2} \int_x^a g(x, u) \frac{d}{du} \frac{1}{M'(u)} \frac{d}{du} \int_{-u}^u g(s, u) \omega(s, t) ds \Big| du -$$

$$-\frac{1}{2} \frac{d}{dx} \int_1^u \frac{g(x, u) du}{M'(u)} \int_{-u}^u g(s, u) \omega'(s, t) ds. \quad (11)$$

Здесь

$$M(u) = \int_0^u g(s, u) ds \quad (0 < u < a) \quad (12)$$

$$\omega'(s, t) = \frac{\partial \omega(s, t)}{\partial s} \quad (13)$$

$$g(s, a) = \frac{\sin \frac{\pi \mu}{2}}{\pi V(a^2 - s^2)^\mu} \quad (14)$$

Как известно, в нашем случае, при неустановившейся ползучести, ширина контакта $2a$ зависит от времени t , но здесь и в дальнейшем для простоты записи мы часто будем писать $2a$ без указания ее аргумента t .

Пользуясь формулами (12) и (14), для $M(s)$ получим

$$M(s) = \frac{2V\pi s^{1-\mu}}{(1-\mu)\Gamma\left(\frac{\mu}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1-\mu}{2}\right)}, \quad (15)$$

где $\Gamma(s)$ — гамма-функция.

Нетрудно видеть, что $g(s, u)$ — четная функция, а $\omega'(s, t)$, как это следует из (8) и (13), — нечетная функция, поэтому последний член в правой части формулы (11) пропадает и выражение $P(x, t)$ после некоторых преобразований принимает вид

$$p(x, t) = K(\mu) \left\{ \frac{a^\mu \Phi_1'(a, t, \gamma)}{V(a^2 - x^2)^\mu} - \int_x^a \frac{du}{V(a^2 - x^2)^\mu} \frac{d}{du} [u^\mu \Phi_1(u, t, \gamma)] \right\}, \quad (16)$$

где

$$\Phi_1(u, t, \gamma) = \int_0^u \frac{\omega(s, t) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu}, \quad \Phi_1'(u, t, \gamma) = \frac{d}{du} \int_0^u \frac{\omega(s, t) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu}, \quad (17)$$

$$K(\mu) = \frac{\Gamma\left(\frac{1-\mu}{2}\right)\Gamma\left(\frac{\mu}{2}\right)}{2V\pi\pi^2} \sin^2 \frac{\pi\mu}{2}. \quad (18)$$

Путем замены переменной $s = u \sin \varphi$ выражение для $\Phi_1(u, t, \gamma)$ можно представить в виде интеграла с постоянными пределами

$$\Phi_1(u, t, \gamma) = u^{1-\mu} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \omega(u \sin \varphi, t) \cos^{1-\mu} \varphi d\varphi. \quad (19)$$

Предполагая для функции $\omega(s, t)$ существование непрерывной и ограниченной производной при $s > 0$, после дифференцирования под знаком интеграла (19) получим следующее соотношение, связывающее $\Phi_1'(u, t, \gamma)$ с $\Phi_1(u, t, \gamma)$:

$$u\Phi_1'(u, t, \gamma) = (1-\mu)\Phi_1(u, t, \gamma) + \int_0^u \frac{\omega'(s, t) s ds}{V(u^2 - s^2)^\mu}. \quad (20)$$

Пользуясь (20), нетрудно непосредственным дифференцированием убедиться, что

$$\frac{d}{du} [u^\mu \Phi_1'(u, t, \gamma)] = u^{\mu-1} \frac{d}{du} \int_0^u \frac{s\omega'(s, t) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu}. \quad (21)$$

Производя интегрирование по частям в правой части равенства (21) и дифференцируя затем полученное выражение по u , будем иметь

$$\frac{d}{du} [u\Phi_1'(u, t, \gamma)] = u^\mu \int_0^u \frac{\omega''(s, t) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu} + \omega'(0, t). \quad (22)$$

Подставляя это выражение в равенство (16), получим

$$p(x, t) = K(\mu) \left\{ \frac{a^\mu \Phi_1'(a, t, \gamma)}{V(a^2 - x^2)^\mu} - \int_a^x \frac{u^\mu du}{V(u^2 - x^2)^\mu} \int_0^u \frac{\omega''(s, t) ds}{V(u^2 - x^2)^\mu} - \right. \\ \left. - \omega'(0, t) \int_x^u \frac{du}{V(u^2 - x^2)^\mu} \right\}. \quad (23)$$

Здесь для производной $\omega'(0, t)$, очевидно, можно взять ее правый предел. Тогда из (8) следует

$$\omega'(0, t) = \omega'(+0, t) = -\mu H_1(\gamma, t, \gamma_1), \quad (24)$$

где

$$H_1(\gamma, t, \gamma_1) = [\gamma(t)]^{\mu-1} + \int_{\gamma_1}^t [\gamma(\tau)]^{\mu-1} R(t, \tau) d\tau. \quad (25)$$

Тогда выражению $p(x, t)$ можно дать следующий вид

$$p(x, t) = K(\mu) \left\{ \frac{a^\mu \Phi_1'(a, t, \gamma)}{V(a^2 - x^2)^\mu} + x^{2\mu} (1-\mu) \int_a^x \frac{u^\mu du}{V(u^2 - x^2)^\mu} \times \right.$$

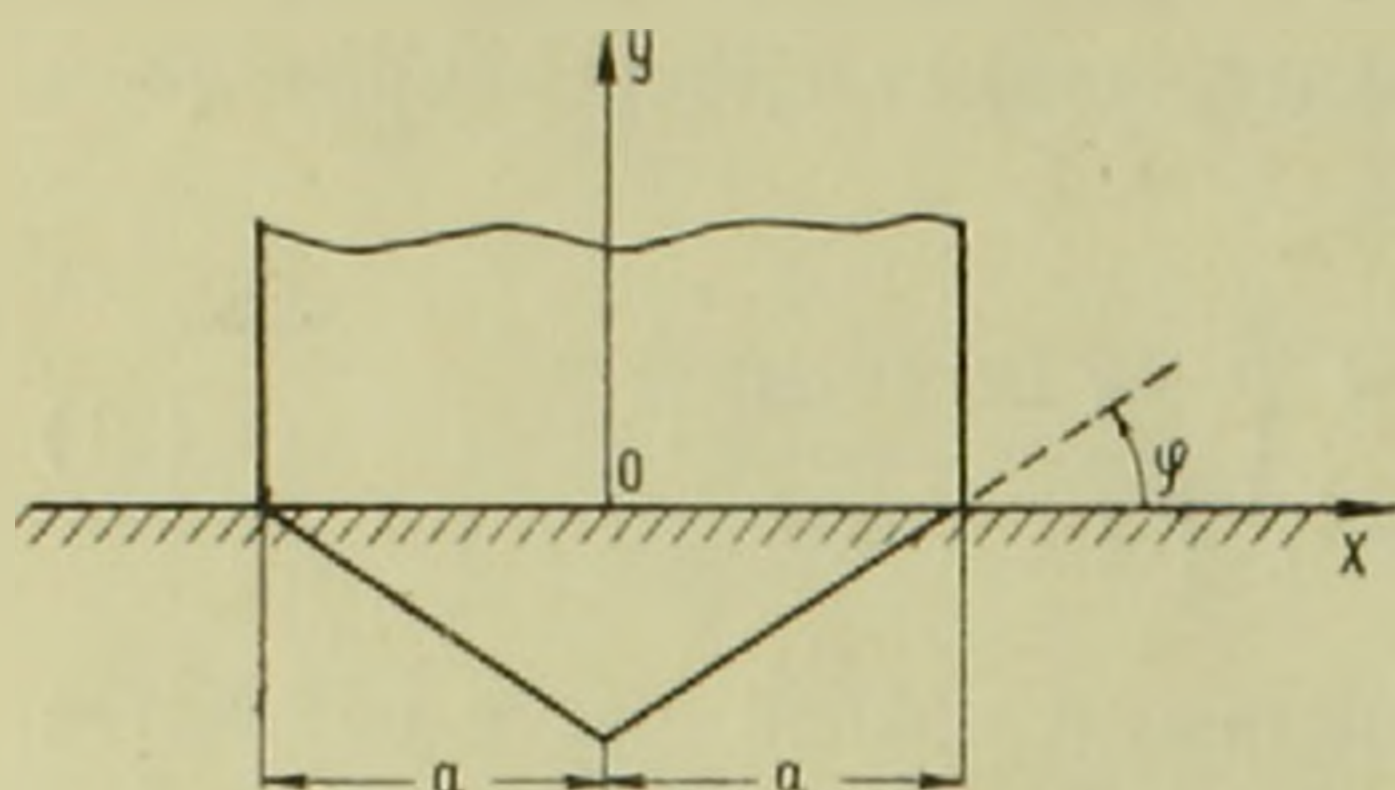
$$\times \int_0^u \frac{H_2(\gamma, t, \tau_1, s) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu} + \alpha \mu H_1(\gamma, t, \tau_1) \int_x^a \frac{du}{V(u^2 - x^2)^\mu} \Bigg\}, \quad (26)$$

где

$$H_2(\gamma, t, \tau_1, x) = [\gamma(t) - \alpha|x|]^{\mu-2} + \int_{\tau_1}^t [\gamma(\tau) - \alpha|x|]^{\mu-2} R(t, \tau) d\tau. \quad (27)$$

Здесь могут иметь место два случая: 1) длина контакта известна и 2) длина контакта неизвестна.

1. Рассмотрим случай, когда длина контакта известна (фиг. 2). В формуле (26) правый член представляет решение с особенностями



Фиг. 2.

в точках $x = \pm a$ и подлежит сохранению только в случае заданной ширины контакта $2a(t) = 2a$. При этом неизвестная функция $\gamma(t)$ определяется из уравнения равновесия

$$P = 2 \int_0^a p(x, t) dx. \quad (28)$$

Подставляя выражение для $p(x, t)$ из (23) в уравнение (28) и пользуясь равенством (24), получим

$$P = 2K(\mu) \left\{ a\Phi'_1(a, t, \gamma) \frac{\sin\left(\frac{\pi\mu}{2}\right)}{2(1-\mu)K(\mu)\pi} + \right. \\ \left. + \alpha\mu H_1(\gamma, t, \tau_1) \int_0^a dx \int_x^a \frac{du}{V(u^2 - x^2)^\mu} - \right. \\ \left. - \int_0^a dx \int_x^a \frac{u^\mu du}{V(u^2 - s^2)^\mu} \int_0^u \frac{\omega''(s, t) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu} \right\}. \quad (29)$$

Здесь использовано значение интеграла

$$J_1 = \int_0^u \frac{ds}{V(u^2 - s^2)^\mu} + \frac{\sin\frac{\pi\mu}{2}}{2(1-\mu)K(\mu)\pi} u^{1-\mu}. \quad (30)$$

Меняя порядок интегрирования во втором слагаемом выражения (29), найдем

$$\int_0^a dx \int_x^a \frac{du}{V(u^2 - x^2)^\mu} = \int_0^a du \int_0^u \frac{dx}{V(u^2 - x^2)^\mu} =$$

$$= \frac{\sin \frac{\pi \mu}{2}}{2(1-\mu)(2-\mu)K(\mu)\pi} a^{2-\mu}. \quad (31)$$

Тогда (29) примет следующий вид:

$$P = \frac{1}{(1-\mu)\pi} \sin \frac{\pi \mu}{2} \left[a\Phi_1'(a, t, \gamma) + \frac{2\mu H_1(\gamma, t, \tau_1)}{2-\mu} a^{2-\mu} \right] - 2K(\mu) \int_0^a dx \int_x^a \frac{u^\mu du}{V(u^2-x^2)^\mu} \int_0^u \frac{\omega''(s, t) ds}{V(u^2-s^2)^\mu}. \quad (32)$$

Меняя порядок интегрирования в последнем слагаемом выражения (32) и пользуясь равенством (30), имеем

$$I_2 = \int_0^a dx \int_x^a \frac{u^\mu du}{V(u^2-x^2)^\mu} \int_0^u \frac{\omega''(s, t) ds}{V(u^2-s^2)^\mu} = \\ = \frac{\sin \frac{\pi \mu}{2}}{2(1-\mu)K(\mu)\pi} \int_0^a u du \int_0^u \frac{\omega''(s, t) ds}{V(u^2-s^2)^\mu}. \quad (33)$$

Далее, применяя формулу Дирихле и замечая при этом, что

$$\int_s^a \frac{u du}{V(u^2-s^2)^\mu} = \frac{1}{2-\mu} (a^2-s^2)^{1-\frac{\mu}{2}}, \quad (34)$$

выражению I_2 можно придать следующий вид:

$$I_2 = \frac{\sin \frac{\pi \mu}{2}}{2(1-\mu)(2-\mu)K(\mu)\pi} \int_0^a (u^2-s^2)^{1-\frac{\mu}{2}} \omega''(s, t) ds. \quad (35)$$

Подставляя значение I_2 из (35) в (32), получим

$$P = \frac{\sin \frac{\pi \mu}{2}}{(1-\mu)\pi} \left[a\Phi_1'(a, t, \gamma) + \frac{2\mu H_1(\gamma, t, \tau_1)}{2-\mu} a^{2-\mu} - \frac{1}{2-\mu} \int_0^a (a^2-s^2)^{1-\frac{\mu}{2}} \omega''(s, t) ds \right]. \quad (36)$$

Если в соотношении (20) последнее слагаемое проинтегрировать по частям, используя при этом выражение (24), то оно примет следующий вид:

$$u\Phi_1(u, t, \gamma) = (1 - \mu) \Phi_1(u, t, \gamma) - \frac{x\mu H_1(\gamma, t, \tau_1)}{2 - \mu} u^{2-\mu} + \\ + \frac{1}{2 - \mu} \int_0^u (u^2 - s^2)^{1-\frac{\mu}{2}} \omega''(s, t) ds. \quad (37)$$

Пользуясь соотношением (37), уравнение (36) можно привести к виду

$$\Phi_1(a, t, \gamma) = \frac{\pi P}{\sin \frac{\pi \mu}{2}}, \quad (38)$$

где

$$\Phi_1(a, t, \gamma) = \int_0^a \frac{\omega(s, t) ds}{V(a^2 - s^2)^\mu}, \quad (39)$$

$$\omega(s, t) = |\gamma(t) - x|s|^2 + \int_{\tau_1}^t |\gamma(\tau) - x|s|^2 R(t, \tau) d\tau. \quad (40)$$

Подставляя (39) в (38), получим

$$\int_0^a \frac{\omega(s, t) ds}{V(a^2 - s^2)^\mu} = \frac{\pi P}{\sin \frac{\pi \mu}{2}}. \quad (41)$$

Таким образом, если ширина контакта $2a(t) = 2a$ задана, то неизвестная функция $\gamma = \gamma(t)$, входящая в формулу для $p(x, t)$ (26), определяется из уравнения (41). Это уравнение можно решить при помощи численных методов.

2. Перейдем к рассмотрению второго случая, когда длина контакта неизвестна. Очевидно, что в этом случае значение $\gamma = \gamma(t)$ тоже будет неизвестным. Здесь для определения неизвестных $a(t)$ и $\gamma(t)$ необходимо иметь два уравнения. Одно уравнение получается из требования, чтобы в формуле (26) первый член, представляющий решение с особенностями, исчез, т. е.

$$\Phi_1(a, t, \gamma) = \frac{d}{da} \int_0^a \frac{\omega(s, t) ds}{V(u^2 - s^2)^\mu} = 0, \quad (42)$$

а другое уравнение можно получить при помощи уравнения равновесия (28). Подставляя выражение $p(x, t)$ из (26) в (28) и учитывая равенство (42), после применения формулы Дирихле получим

$$\Phi_1(a, t, \gamma) = \int_0^a \frac{\omega(s, t) ds}{V(a^2 - s^2)^\mu} - \frac{\pi P}{\sin \frac{\pi \mu}{2}} = 0. \quad (43)$$

Следовательно, уравнение (43) для определения переменной ширины контакта $2a(t)$ тождественно совпадает с уравнением (38) для определения функции $\gamma = \gamma(t)$, когда ширина контакта $2a(t) = 2a$ задана.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР
Ереванский государственный университет

Մ. Մ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

**Կոնտակտային ճնշումը կիսահարթության վրա
ոչ հաստատված սողի սլաքաճնշում**

Աշխատանքում դիտարկվում է կոշտ սկզբի ճնշումը կիսահարթության վրա ոչ հաստատված սողի սլաքաճնշում, երբ լարվածության և սողի ղեֆորմացիայի միջև գոյություն ունեցող կապն արտահայտվում է աստիճանային օրենքով: Որպես բիզիկական փպոթեղ ընդունված է պլաստիկական ժառանգականության տեսությունը, որը, ինչպես ցույց են տալիս էքսպերիմենտալ հետազոտությունները, բավականաչափ ճշգրիտ բնութագրում է մետաղների սողը:

Դիտարկվող կոնտակտային խնդրի լուծումը բերվում է (4) և (5) ինտեգրալ հավասարումների համակարգի լուծմանը, որոնցից առաջինը իրենից ներկայացնում է վոլտերի երկրորդ սեռի ղծային ինտեգրալ հավասարում, իսկ երկրորդը՝ Ֆրեդհոլմի առաջին սեռի սինգուլյար ինտեգրալ հավասարում: (5) սինգուլյար ինտեգրալ հավասարման լուծումը, Մ. Դ. Կրեյնի (6) առաջադրած մեթոդի համաձայն, ներկայացվում է (11) տեսքով:

Մի շարք ձևափոխություններից հետո որոշվում է անհայտ $p(x, t)$ ֆունկցիայի վերջնական տեսքը (26), որը բնորոշում է ճնշման ինտենսիվությունը կոնտակտային ղծամասի վրա:

Քննարկվում է երկու դեպք՝ 1. Կոնտակտի երկարությունը հայտնի է և 2. Կոնտակտի երկարությունը անհայտ է:

Л И Т Е Р А Т У Р А Ч И Т А Ь Л Ы Ы Ы Ы Ы Ы Ы Ы Ы

¹ Ю. Н. Работнов, Некоторые вопросы теории ползучести, Вестник МГУ, № 10, 1948. ² Н. Х. Арутюнян, Некоторые вопросы теории ползучести, Гостехиздат, 1952. ³ Н. Х. Арутюнян, ПММ, выпуск 5, 1959. ⁴ М. И. Розовский, ЖТФ, XXV, вып. 13, 1955. ⁵ Н. Х. Арутюнян и М. М. Манукян, ПММ, вып. 1, 1952. ⁶ М. Г. Крейн, ДАН СССР, т. 100, № 3 (1955).

Ян Ши

Ферромагнитный резонанс в сильных магнитных полях

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Н. М. Кочаряном 10/1 1963)

Вопрос об условиях магнитного резонанса в ферритах (ферри-магнитный резонанс) рассматривался рядом авторов в классической векторной модели (^{1,2}). Полученные при этом результаты (например, зависимости резонансных частот от внешнего магнитного поля) довольно хорошо согласуются с экспериментальными данными в области обычно применяемых полей порядка нескольких килоэрстед. Однако при переходе в область более сильных полей появляются некоторые трудности. Например, в работе (²) одна из резонансных частот обращается в нуль при некотором значении поля, что лишено физического смысла. В окрестности точки компенсации это значение поля может быть порядка или даже намного меньше обычно применяемых полей. Очевидно, в этом случае следует внести существенные поправки в формулы, полученные в указанных работах.

В настоящей работе мы найдем общую формулу зависимости резонансных частот от поля и покажем, что в предельном случае слабых полей она приводит к формуле работы (²), а в случае сильных полей имеет совершенно иной вид.

При расчете мы будем применять квантостатистический метод функций Грина (³), который обладает рядом преимуществ перед классическим методом векторной модели.

1. Рассмотрим изотропный феррит, состоящий из двух магнитных подрешеток, в каждом узле которых имеется один „магнитный“ электрон. В гейзенберговской модели гамильтониан системы может записаться в виде:

$$H = -\frac{1}{2} \sum \mu_i H s_i^z - \frac{1}{2} \sum J_{ii} (h_1 - h_2) s_{h_1} s_{h_2} - \sum J_{12} (f - g) s_f s_g, \quad (1)$$

где индексы f и g относятся к узлам разных подрешеток, $i = 1, 2$ при $h \in f, g$; $\mu_i = -g_i \mu_0$ — гиромагнитное отношение. Для определенности будем считать $g_1 < g_2$.



Переходим от спиновых операторов к операторам Паули b_h, b_h^+ :

$$s_h = \gamma_l (1 - 2n_h) + A_l b_h + A_l^+ b_h^+, \quad (2)$$

где $n_h \equiv b_h^+ b_h$, а γ_l, A_l — классические векторы.

Вводя запаздывающие функции Грина

$$\begin{aligned} G_{hh'}^{(1)} &= \langle\langle b_h(t) | b_{h'}^+(t') \rangle\rangle \\ G_{hh'}^{(2)} &= \langle\langle b_h^+(t) | b_{h'}^+(t') \rangle\rangle \end{aligned} \quad (3)$$

и принимая обычную аппроксимацию

$$\begin{aligned} \langle\langle n_{h_1} b_{h_2} | b_{h_3}^+ \rangle\rangle &\rightarrow \bar{n}_{h_1} G_{h_2 h_3}^{(1)} \\ \langle\langle n_{h_1} b_{h_2}^+ | b_{h_3}^+ \rangle\rangle &\rightarrow \bar{n}_{h_1} G_{h_2 h_3}^{(2)} \end{aligned} \quad (4)$$

получаем для Фурье-образов функций Грина (3) систему линейных алгебраических уравнений, из которой нетрудно получить явный вид функции Грина.

Частоты резонанса рассматриваемой системы в слабом поперечном р-ч магнитном поле определяются полюсами Фурье-образов функций Грина при нулевом волновом векторе (4). Учитывая обменное взаимодействие только ближайших соседей (интеграл обмена равен $-J_a$), после вычислений получаем

$$\begin{aligned} 2\Omega_{1,2}^2 &= (2\gamma S_2 + \gamma_1 g_1 h)^2 + (2\gamma S_1 + \gamma_2 g_2 h)^2 + 8\gamma S_1 S_2 \pm \\ &\pm \{ [2\gamma (S_1 + S_2) + (\gamma_1 g_1 + \gamma_2 g_2) h]^2 [2\gamma (S_2 - S_1) - (\gamma_2 g_2 - \gamma_1 g_1) h]^2 + \\ &+ 16 S_1 S_2 [2\gamma (\gamma S_2 + S_1) + (\gamma_1 \gamma_1 g_1 + \gamma_2 g_2) h] \times \\ &\times [2\gamma (\gamma S_1 + S_2) + (\gamma_1 g_1 + \gamma_2 g_2) h] \}^{1/2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь Ω, h — приведенные частота и поле

$$\Omega = \frac{\omega}{pJ_a}, \quad h = \frac{\mu_0 H}{pJ_a},$$

$p = \frac{V(z_1 + z_2)}{(N_1 + N_2)}$; S_i — средний спин подрешетки f (или g) $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2)$;

$\gamma_i \equiv \gamma_i^z$ — направляющий косинус среднего спина относительно внешнего статического магнитного поля.

Величины S_i и γ_i определяются условиями термодинамического равновесия и являются функциями температуры и напряженности магнитного поля. Вдали от точки Кюри вклад парапроцесса мал, и можно считать S_i независимыми от напряженности внешнего поля H . Что касается γ_i , то вдали от точки компенсации можно считать их независимыми от H вплоть до обычно доступных полей, однако в окрестности точки компенсации их зависимость от H существенна уже при обычных полях.

формула резонансных частот (5) является общей для всех значений h . Кроме того, как было показано в (3), метод функции Грина дает хорошую аппроксимацию в широких пределах температур от нуля до температур выше точки Кюри. Поэтому следует ожидать, что формула (5) должна быть применима в этих же широких пределах температур.

В области слабых полей (5)

$$h < \frac{2(g_2 S_2 - g_1 S_1)}{g_1 g_2} = h_1 \quad (6)$$

средние магнитные моменты подрешеток ориентированы вдоль направления внешнего магнитного поля и антипараллельны между собой (фиг. 1а), т. е. в этом случае можно считать

$$\gamma_1 = -\gamma_2 = 1 \quad (S_2 > S_1), \quad \eta = -1. \quad (7)$$

Тогда из (5) мы получаем

$$\Omega_{1,2}^2 \pm [2(S_1 - S_2) + (g_1 + g_2)h] \Omega_{1,2} + [g_1 g_2 h + 2(g_1 S_1 - g_2 S_2)] = 0. \quad (8)$$

Уравнения (8) совпадают с уравнениями, полученными в работе (2). Эти уравнения описывают две гиперболы на плоскости (h, Ω) (фиг. 2 кривая I).

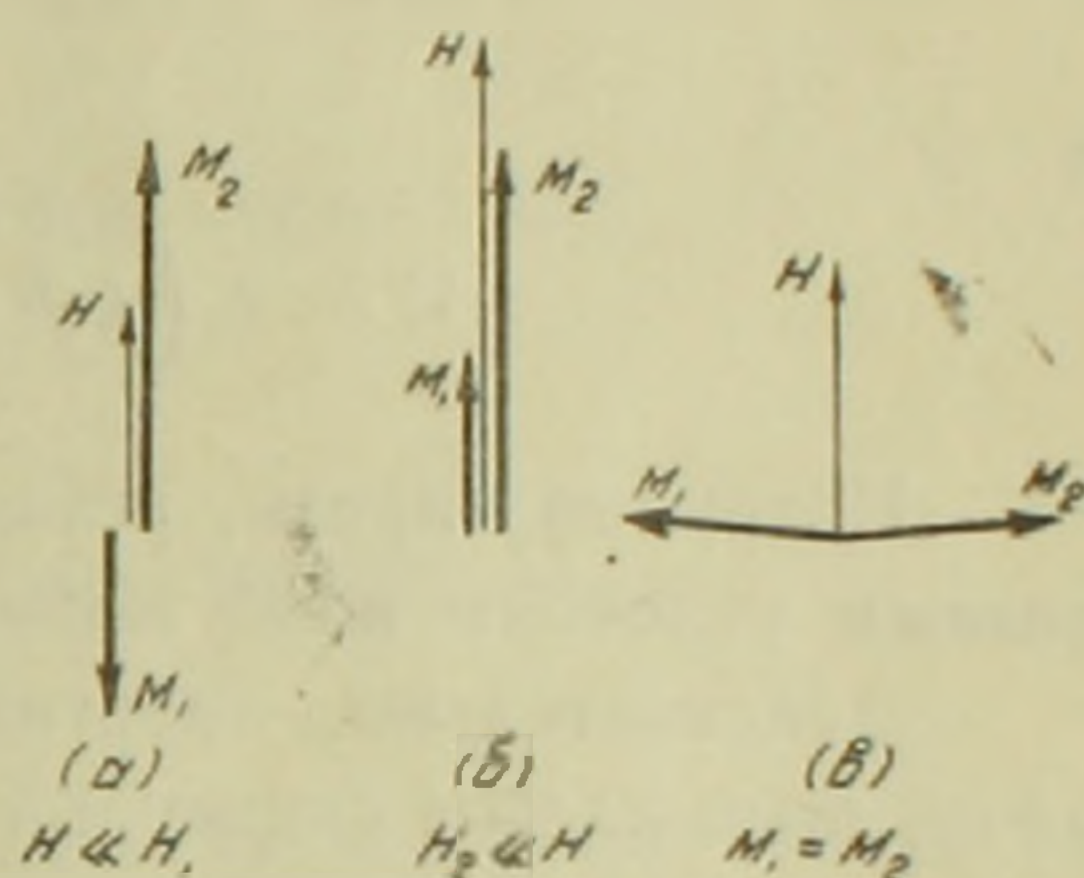
2. При возрастании h до значений порядка и больше h_1 равенства (7) не имеют места и уравнения (8) становятся неприменимыми. В этом случае нужно учесть зависимость γ_i и η от напряженности поля h , и резонансные частоты (5) связаны с полем весьма сложным образом. На плоскости (h, Ω) мы имеем некоторые алгебраические кривые высокого порядка.

В области очень сильных полей (5)

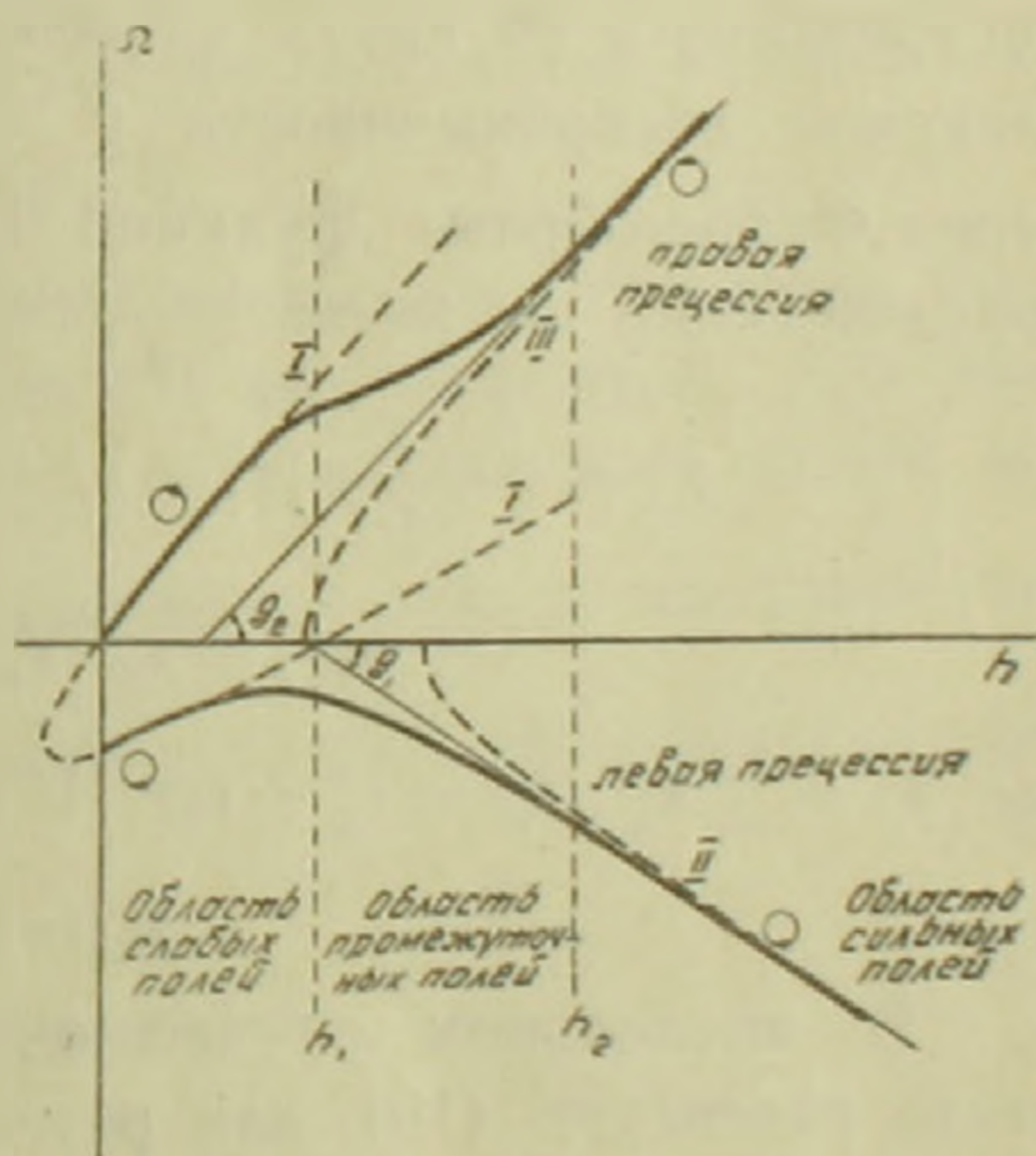
$$h > \frac{2(g_1 S_1 + g_2 S_2)}{g_1 g_2} = h_2 \quad (9)$$

асимптотически осуществляется другой предельный случай, когда магнитные моменты обеих подрешеток направлены параллельно внешнему полю (фиг. 1, б), т. е.

$$\gamma_1 = \gamma_2 = -1, \quad \eta = 1. \quad (10)$$



Фиг. 1. Ориентации магнитных моментов подрешеток относительно статического внешнего поля H



Фиг. 2. Зависимость между резонансной частотой Ω и статическим внешним магнитным полем h при $S_1 < S_2$, $g_1 < g_2$. Гипербола I относится к случаю слабых полей, гиперболы II и III (изображена лишь часть их) относятся к случаю сильных полей. В промежуточных полях кривая асимптотически переходит от I к II или III.

Из (5) получаем

$$\Omega_1^2 = [g_1 h - 2(S_1 + S_2)]^2 - 2S_1(g_2 - g_1)h \quad (11)$$

(знак „+“ в правой части (5)) и

$$\Omega_2^2 = g_2^2 h^2 - 2S_1(g_2 - g_1)h \quad (12)$$

(знак „-“ в правой части (5)).

Уравнения (11) и (12) тоже описывают две гиперболы в плоскости (h, Ω) . При этом одна из осей этих гипербол совпадает с осью абсцисс (осью h), а другая — параллельна оси ординат (оси Ω) (фиг. 2, кривая II и III). Их асимптотами являются прямые

$$\Omega = \pm \left(g_1 h - \frac{S_1 g_2 + S_1 g_1 + 2S_2 g_1}{g_1} \right), \quad (13)$$

и

$$\Omega = \pm \left(g_2 h - \frac{S_1(g_2 - g_1)}{g_2} \right). \quad (14)$$

Нетрудно видеть, резонансные частоты (11) и (12) соответствуют разным условиям возбуждения.

Действительно, энергия, поглощаемая системой за единицу времени, выражается формулой (4)

$$Q = \omega \tilde{h}_\omega \chi_+^* = -\omega \tilde{h}_\omega \chi_-^*, \quad (15)$$

где $\tilde{h}_\omega$ — амплитуда поперечного р-ч магнитного поля частоты ω , поляризованного по кругу с правым вращением, $\chi_\pm^*$ — мнимая часть комплексной восприимчивости $\chi_\pm = \chi_\pm' - i\chi_\pm''$. χ_+ и χ_- определяются через Фурье-образы функций Грина. Для случая феррита с двумя подрешетками мы имеем

$$\chi_\pm = -\frac{\pi}{Vi} \left\{ \mu_1^2 \ll s_1^+ | s_1^- \gg + \mu_1 \mu_2 \ll s_1^+ | s_2^- \gg + \right. \\ \left. + \mu_2 \mu_1 \ll s_2^+ | s_1^- \gg + \mu_2^2 \ll s_2^+ | s_2^- \gg \right\}, \quad (16)$$

где $s_i^\pm = \sum s_{ih}^\pm$; $s_{ih}^\pm = s_{ih}^x \pm i s_{ih}^y$; V — объем образца;

$$\chi_-(\omega) = \chi_+(-\omega). \quad (17)$$

В предельном случае очень сильных полей, когда имеют место равенства (10), для резонанса при частоте Ω_1 , определяемой уравнением (11), получаем из (16)

$$\chi_+^* \simeq -2\pi \frac{\mu_0^2}{pJ_a} \frac{(g_2^2 - g_1^2) S_1 (S_1 g_1^2 + S_1 g_1 g_2 + 2S_2 g_2^2) h^2}{2g_1 h (g_2^2 - g_1^2) h^2} \delta(\Omega - \Omega_1) < 0, \quad (18)$$

а для резонанса при частоте Ω_2 , определяемой уравнением (12), имеем

$$\chi_+^* \simeq 2\pi \frac{\mu_0^2}{pJ_a} \frac{(g_2^2 - g_1^2) S_2 (2S_1 g_1^2 + S_2 g_1 g_2 + S_2 g_2^2) h^2}{2g_2 h (g_2^2 - g_1^2) h^2} \delta(\Omega - \Omega_2) > 0. \quad (19)$$

Следовательно, Ω_2 соответствует поглощению в р-ч магнитном поле с правой поляризацией, а Ω_1 — поглощению в поле с левой поляризацией.

В области промежуточных полей

$$h_1 < h < h_2$$

кривые зависимости резонансных частот Ω от напряженности поля h непрерывно переходят от (8) к (11) и (12) (фиг. 2, сплошные кривые).

В нашем расчете не учтена ширина линии, поэтому поглощение имеет δ -образный вид. Коэффициенты перед δ -функциями в выражении для $\chi_{\pm}$ связаны с вероятностями переходов квантовой системы и имеют значения относительных интенсивностей резонансных линий. Из (18) и (19) видим, что

$$A_1 \sim 2\pi \frac{M M_1}{\mu H} \text{ (для резонанса при частоте } \Omega_1),$$

и

$$A_2 \sim 2\pi \frac{M M_2}{\mu H} \text{ (для резонанса при частоте } \Omega_2),$$

где $M_i = S_i g_i \mu_0$, μ — некое среднее гиромагнитное отношение. Так как по предположению $S_2 > S_1$ и $g_2 > g_1$, поэтому

$$\frac{A_2}{A_1} \cong \frac{M_2}{M_1} > 1.$$

3. Особый интерес представляет случай магнитной компенсации

$$g_2 S_2 - g_1 S_1 = 0.$$

В этом случае условие (6) не выполняется ни при каком значении поля и, следовательно, уравнения (8) не применимы. Для получения резонансных частот мы должны снова исходить из общей формулы (5). Если $\frac{\mu_0 H}{J_a}$ мало, то можно разложить γ_i и η по степеням h и ограничиться первыми не исчезающими членами. Предполагая (фиг. 1, в)

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \gamma_2 = -\alpha h \\ \eta &= -1 + 2\alpha^2 h^2, \end{aligned} \quad (20)$$

получаем

$$\begin{aligned} \Omega_{1,2}^2 &= 2(S_2 - S_1)^2 + 2(g_1 S_2 + g_2 S_1) \alpha h^2 + \frac{g_1^2 + g_2^2}{2} \alpha^2 h^4 \pm \\ &\pm [2(S_2 - S_1) - (g_2 - g_1) \alpha h^2] \times \\ &\times \left[(S_2 - S_1)^2 + (S_1 + S_2)(g_1 + g_2) \alpha h^2 + \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right)^2 \alpha^2 h^4 \right]^{1/2}. \end{aligned} \quad (21)$$

Коэффициент α нетрудно вычислить из условия минимума свободной энергии системы. Вычисление дает:

$$\alpha = \frac{g_1 S_1 + g_2 S_2}{8 S_1 S_2} = \frac{g_1}{4 S_2} = \frac{g_2}{4 S_1}. \quad (22)$$

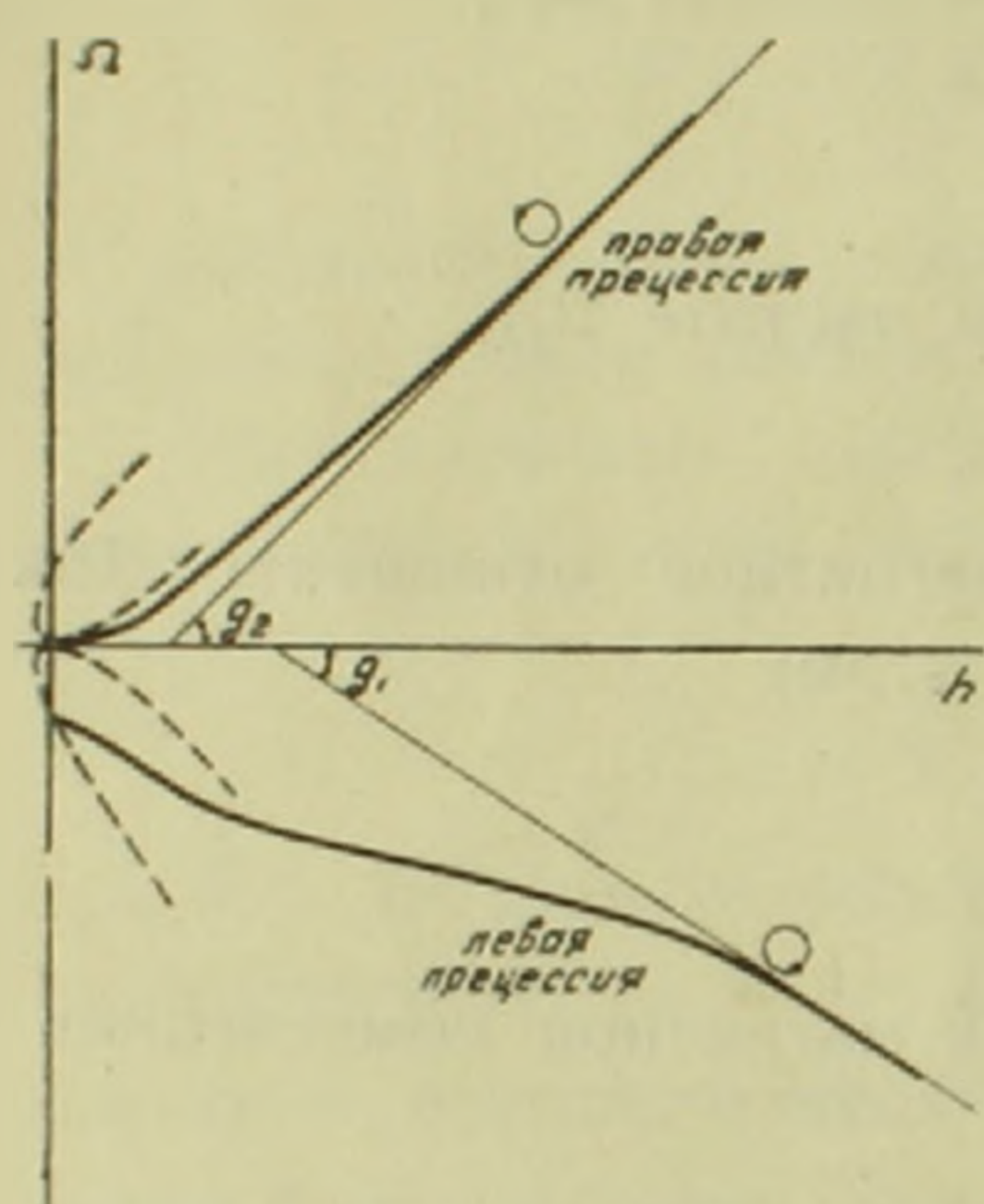
Из (21) получаем следующие разложения для двух ветвей резонансных частот:

$$\Omega_1^2 \simeq 4 (S_2 - S_1)^2 + 4 (g_2 S_2 + g_2 S_1) \alpha h^2, \quad (23)$$

$$\Omega_2^2 \simeq \frac{(S_1 + S_2) (g_1 + g_2) (g_1 S_1 + g_2 S_2)}{2 (S_2 - S_1)^2} \alpha^2 h^4. \quad (24)$$

При возрастании h кривые (23), (24) асимптотически приближаются к кривым (11), (12) (фиг. 3).

Вопрос о резонансных условиях в точке компенсации рассматривался ранее в классической векторной модели ⁽²⁾ (см. также ^(6, 7)).



Фиг. 3. Зависимость между Ω и h в точке компенсации $g_2 S_2 - g_1 S_1 = 0$. Пунктиром изображена кривая из работ ⁽⁶⁾ и ⁽⁷⁾.

В этих работах авторами были получены уравнения (8), которые в данном случае описывают гиперболы, касающиеся оси h в начале координат (фиг. 3, пунктирные кривые). Однако та часть гипербол, которая исходит из начала координат, должна быть отброшена как соответствующая отрицательному поглощению. Это противоречие никак не объяснялось указанными авторами. Теперь мы видим, что это противоречие связано с неприменимостью формул (8) в точке компенсации. Вместо (8) мы должны пользоваться (5), а для малых h имеем (23), (24). Как видно из фиг. 3, полученные нами зависимости значительно отличаются от зависимостей, полученных в работах ^(2, 6, 7).

4. Таким образом с помощью метода квантовой статистики мы получили общую формулу резонансных частот. В частном случае слабых полей вдали от точки компенсации наша формула позволяет получить все результаты классической теории. В случае же сильных полей наша формула дает другие результаты. В окрестности точки компенсации область "слабых" полей весьма мала и отклонение может быть весьма значительным даже при обычных полях.

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность чл.-корр. АН Армянской ССР Н. М. Кочаряну за постоянный интерес к работе и С. В. Тябликову за обсуждение результатов.

ЦИИ физико-техническая лаборатория
Академии наук Армянской ССР

Ֆերիմագնիսական և եզոնահար ուժեղ մագնիսական դառեցում

Ընդհանուր բանաձև է ստացվել 2 մագնիսական ենթադրանք ունեցող ֆերիտի օկզտանսային հաճախականությունը՝ մագնիսական դաշտի լարվածությունից ունեցած կախվածություն համար: Սույն է տրված, որ թույլ դաշտերի տիրույթում այդ բանաձևը հանդիսանում է կլասիկ փեկտորային մոդելի արդյունքներին, իսկ ուժեղ դաշտերի տիրույթում այն նոր արդյունք է տալիս: Հատկապես ուսումնասիրված է մագնիսական կոմպենսացիայի դեպքեր:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆ ՈՒԹՅՈՒՆ

¹ P. K. Вангснес, Phys. Rev. 93, 68, 1954; 97, 831, 1955. ² В. Дрейфу, Compt. Rend. 241, 552, 1270, 1955. ³ Н. Н. Боголюбов и С. В. Тябликов, ДАН СССР, 126, 53, 1959. ⁴ С. В. Тябликов, ФТТ, II, 361, 2008, 1960. ⁵ С. В. Тябликов, ФММ, 8, 152, 1959. ⁶ С. Гешвинд, Л. Р. Уокер, J. Appl. Phys. Suppl. 30, 163, S, 1959. ⁷ Дж. Полеве, J. Appl. Phys. 29, 259, 1958.

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

К. Х. Овсепян

Об определении запаздывания изменения момента
вращения при регулировании гидроагрегата,
работающего в системе

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. В. Егиазаровым 26/III 1963)

Как показали натурные и модельные исследования, изменение момента вращения гидроагрегата запаздывает относительно движения регулировочного органа (¹).

Знание времени запаздывания дает возможность определить динамические режимные характеристики момента вращения гидроагрегата по методике, предложенной в (¹):

Ниже дается метод приближенного расчета момента вращения и времени запаздывания при регулировании гидроагрегата. Исходными уравнениями будут следующие уравнения отдельных звеньев в относительных величинах.

Закон открытия направляющего аппарата будем задавать в виде линейной функции

$$\mu = \frac{t}{T_s} \quad (1)$$

где μ — изменение относительного открытия направляющего аппарата, T_s — постоянная сервомотора.

Линейный закон открытия направляющего аппарата при исследовании запаздывания можно считать вполне допустимым по следующим соображениям. При параллельной работе агрегата движение сервомотора происходит не от импульса маятника автоматического регулятора скорости, а от внешнего воздействия при полностью открытых золотниковых окнах, следовательно, при постоянной скорости движения сервомотора.

Закон изменения расхода воды через турбину используем в виде

$$1 + q = (1 + \mu) \sqrt{1 + \zeta},$$

где q и ζ — соответственно относительные изменения расхода воды и напора в трубопроводе.

Последнее уравнение можно упростить, заменяя $\sqrt{1 + \zeta}$ прибли-

женным его значением $1 + \frac{\zeta}{2}$. Погрешность такого упрощения не превышает 1% при значениях ζ до 0,35, что вполне допустимо. Пренебрегая также значением $\frac{\mu\zeta}{2}$ по сравнению с остальными членами вместо (2) можно написать

$$q = \mu + \frac{\zeta}{2}. \quad (3)$$

При параллельной работе, когда скорость вращения агрегата постоянна, относительное изменение момента вращения описывается уравнением

$$m = 1 - (1 - \zeta)(1 - q). \quad (4)$$

Уравнение (4) также можно упростить, пренебрегая членом второго порядка малости, в интересующий нас начальный период регулирования

$$m = -\zeta - q. \quad (5)$$

Закон изменения момента вращения гидротурбины при параллельной работе агрегата определяем решая совместно уравнения (3) и (5) с известным уравнением жесткого удара

$$m = 1,5 \frac{T_T}{T_s} \left[1 - \exp\left(-\frac{2t}{T_T}\right) \right] - \frac{t}{T_s}. \quad (6)$$

Время запаздывания t_3 , по истечении которого момент вращения после некоторого повышения становится равным первоначальному, определяется из выражения (6) при $m = 0$

$$t_3 = 1,5 T_T \left[1 - \exp\left(-\frac{2t}{T_T}\right) \right], \quad (7)$$

откуда

$$t_3 = 1,41 T_T. \quad (8)$$

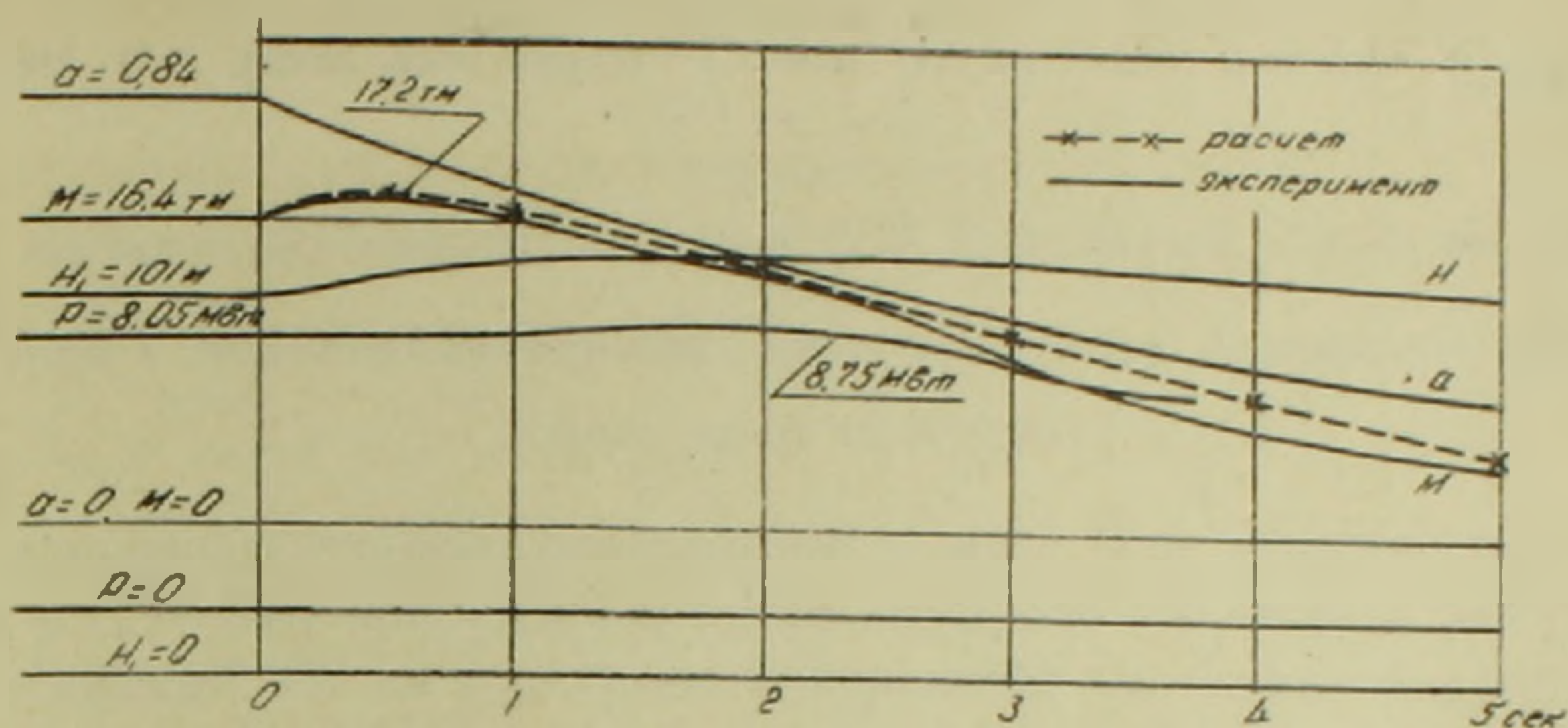
Как видно из последних выражений, время запаздывания t_3 не зависит от регулирования и определяется только постоянной трубопровода.

На фиг. 1 представлена осциллограмма переходных процессов на агрегате Дзорагесской гидростанции. Наряду с другими параметрами режима при опыте регистрировался и момент вращения агрегата с помощью моментомера, сконструированного в Институте водных проблем АН Армянской ССР.

При параллельной работе агрегата воздействием на золотник автоматического регулятора скорости закрывается направляющий аппарат и нагрузка снижаются до нуля. Вследствие гидравлического удара момент вращения турбины в начальный период регулирования несколько повышается и только через одну секунду начинает уменьшаться.

Сделаем расчет динамической режимной характеристики момента вращения. Основные гидромеханические параметры ДзораГЭС следующие.

Длина трубопровода $L = 205$ м, напор $H = 101$ м, расход воды $Q = 9,0$ м³/сек., диаметр трубопровода $D = 1,57$ м.



Фиг. 1.

По этим данным определяется постоянная трубопровода $T_T = 0,86$ сек. Постоянную серводвигателя принимаем равной $T_s = 5$ сек, что соответствует наклону кривой $\alpha = f(t)$ в начальной ее части.

Относительное изменение момента определяем по формуле (6), подставляя значения постоянных

$$m = 2,56 [1 - \exp(-2,33 t)] - 0,2 t. \quad (9)$$

Результаты расчета также нанесены на осциллограмму. Как видно, расчетные данные хорошо согласуются с опытом, что позволяет рекомендовать приведенные выражения для расчета момента вращения гидротурбины в начальный период регулирования и определения запаздывания.

Институт водных проблем
Академии наук Армянской ССР

Կ. Խ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

Միասնական աշխատող հիդրոագրեգատի պատող մոմենտի փոփոխման ուժացման արժեքի մասին

Ինչպես ցույց են տալիս հետազոտությունները (1) հիդրոագրեգատի պատող մոմենտի փոփոխումը ուժանում է կանոնավորող օրգանի շարժման նկատմամբ:

Ուսյն հոդվածում տրվում է պատող մոմենտի և նրա ուժացման հաշվման մոտավոր մեթոդ, երբ հիդրոագրեգատը աշխատում է սխեմայի հետ ցույցահետ:

Հաշվման բանաձև (6) ստացված է ջրի ծախսի (3), մոմենտի (3) և հիդրավրիկական հարվածի հափտասարումների համատեղ լուծումից:

Ուժացման ժամանակը կարելի է որոշել (8) արտահայտությունից:

Նկ. 1 բերված է Ջորագէս-ի հիդրոագրեգատի վրա կատարված փորձից ստացված օպերիտորի, որտեղ պրանցված է մոմենտի փոփոխման կորը և բերված է (6) բանա-

ձեռք կառարժած հաշվման արդյունքները: Այդ արդյունքները թույլ են տալիս վերը
բերած արտահայտությունները ամփոփել պատող մոմենտի և նրա փոփոխությունների
սեղանյուն հաշվելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Т Р О Ч И Ц Ы П Р И В О Д Я Т С Я

¹ К. Х. Овсепян, „Известия АН АрмССР“ (серия техн. наук), № 4 (1963).

ГЕОХИМИЯ

И. Г. Магакьян, академик АН Армянской ССР, Г. О. Пиджян и А. С. Фарамазян

Рений в медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР

(Представлено 12/IV 1963)

Медно-молибденовый ренийеносный рудный пояс Армении прослеживается в СЗ—ЮВ направлении почти через всю территорию республики на протяжении 300 км при средней ширине 40 км, охватывая частью соседние с Арменией территории Азербайджана. На З—СЗ пояс уходит под четвертичные лавы Карсской вулканической области (Турция), а на Ю—ЮВ переходит через р. Аракс в Иранский Карадаг. В пределах этого пояса известны многочисленные медно-молибденовые месторождения и рудопроявления (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Джиндара, Аекаван, Айгедзор, Капутджих).

В структурном отношении медно-молибденовый пояс Армении представляет крупный Памбак-Зангезурский антиклинорий общекавказского простирания, в строении которого выделяются два яруса — нижний, сложенный метаморфическими толщами палеозоя, и верхний, сложенный вулканогенной толщей палеогена и более молодыми образованиями вплоть до четвертичных андезито-базальтов. Породы обоих ярусов вплоть до вулканогенных толщ эоцена и олигоцена прорваны умереннокислыми гранитоидами, образующими массивы площадью от нескольких квадратных километров до 1000 кв. км (Мегринский плутон).

Внедрение интрузивных пород происходило в три фазы, в следующей последовательности: 1) габбро, 2) монцониты, 3) порфировидные граниты и гранодиориты. Возраст интрузивных пород геологическими наблюдениями определяется как послесреднеэоценовый, а калий-аргоновым методом для монцонитов в 35—40 млн. лет, что отвечает олигоцену, для порфировидных гранитов и гранодиоритов в 18—25 млн. лет, что отвечает миоцену.

Ось Памбак-Зангезурского антиклинория ундулирует. эрозионный срез по простиранию структуры также различен, в связи с чем в местах воздымания структуры и более глубокого среза (Зангезур, Памбак) обнажаются породы нижнего яруса и выходы гранитоидов занимают большие площади, а в местах погружения (Даралагез) широко развита вулканогенная толща палеогена, среди которой отмечаются небольшие штоки гранитоидов.

Наличие вертикальной и горизонтальной зональности в распределении металлов (глубокие горизонты обогащены молибденом и медью, верх-

ние — свинцом и цинком) приводит к преобладанию на глубоко размытых участках медно-молибденового оруденения с подчиненной ролью свинца и цинка, а в слабо размытых участках, наоборот, к преобладанию полиметаллической минерализации при подчиненной роли молибдена и меди.

Такие области погружения структуры и полиметаллического оруденения, например Айюцзорский (Даралагез) рудный район, рассматриваются поэтому нами как перспективные на более глубоких горизонтах в отношении медно-молибденового оруденения.

На значительных площадях в пределах Памбак-Зангезурского пояса развиты мощные покровы четвертичных андезито-базальтов, создающих ложное представление о прерывистости рудного пояса. Там, однако, где из-под покрова лав в ущельях рек обнажаются более древние породы, в них устанавливается медно-молибденовое оруденение (Варденис и др.).

Пространственно и генетически, в смысле общности родоначального очага, медно-молибденовая минерализация тесно связана с гранитоидами Памбак-Зангезурского антиклинория и в особенности тесно с порфировидными гранитами и гранодиоритами третьей (самой молодой) (миоценовой) фазы внедрения.

Месторождения располагаются среди интрузивных пород, частью в породах кровли, всегда в непосредственном экзо- и частью эндоконтакте рудоносных гранитов-гранодиоритов. Как правило, важным фактором контроля минерализации являются дайки гранодиорит-порфиров (наиболее молодые, но всегда дорудные), вдоль которых вытягиваются зоны с промышленным оруденением. Наряду с дайками важным контролем оруденения являются разломы и зоны дробления СЗ, широтного и СВ направления, вдоль которых циркулировали рудоносные растворы, вызвавшие гидротермальное изменение пород и минерализацию в них.

Наиболее широко развитым и промышленно важным является прожилково-вкрапленный тип минерализации, представленный мощными зонами гидротермально измененных пород с густой сетью тонких (от волосных до 1—2 см и редко более) прожилков кварцсульфидного состава и вкрапленностью сульфидов. Второстепенное значение в пределах этих же площадей (Каджаран) или обособленно (Капутджих, Айгедзор) имеют кварцеворудные жилы с более богатым медью и особенно молибденом оруденением, прослеженные по простиранию на сотни метров при мощности 0,5—1 до 6 м. В отдельных случаях (Дастакерт—Центральный участок) развиты необычно богатые зоны брекчиевидных руд, в которых обломки измененных порфиритов обволакиваются молибденитом и халькопиритом, или развиты небольшие скарновые залежи (Анкаван, Кефашен, Ньюады и др.) с медно-молибденовым оруденением и шеелитом.

Промышленные медно-молибденовые месторождения относятся к классу среднетемпературных гидротермальных умеренных глубин с хорошо выдерживающейся на глубину минерализацией, развивающейся в течение ряда последовательных стадий.

Детальное изучение отдельных рудных полей и систем рудных прожилков различного состава приводит исследователей к выделению для от-

дельных месторождений 5—6 до 10 стадий минерализаций, обособляющихся в пространстве.

Порядок выноса металлов из магматического очага обычно следующий: молибден, медь, цинк, свинец, хотя для ряда месторождений (Дастакерт, Джиндара) вынос основной массы молибдена несколько отстает от времени выноса главной части меди и порядок выноса металлов здесь несколько иной: медь, молибден, цинк, свинец. При этом, однако, надо подчеркнуть, что во всех стадиях минерализации первыми из данной порции раствора выпадают пирит и молибденит, а позднее халькопирит, сфалерит и галенит.

Прожилки различных стадий минерализации отличаются друг от друга не только содержанием и соотношением главных минералов и металлов, но также содержанием в одноименных минералах различных стадий таких рассеянных металлов, как рений, селен, теллур и др.

Состав медно-молибденовых руд в пределах всего рудного пояса довольно постоянный с преобладанием халькопирита и молибденита при подчиненной роли пирита, борнита, блеклой руды, сфалерита, галенита, энаргита, висмутина и виттихенита; из редких минералов установлены: самородное золото, теллуриды, минералы серебра и висмута, алабандин и др.

Основными ценными компонентами руд являются молибден и медь; интерес представляет также примесь висмута, золота, серебра и рассеянные металлы: рений, селен, теллур.

Среди рассеянных металлов наиболее типичным и ценным для медно-молибденовых руд Армении является рений.

Как установлено многочисленными химическими анализами руд, концентратов и мономинеральных фракций, основным носителем рения являются молибдениты, в то время как в других минералах медно-молибденовых руд примесь рения незначительна.

Содержание рения в молибденитах различных месторождений колеблется в очень широких пределах, в интервале от 0,013 до 1,88% (от 130 до 18800 г/т).

Очень высокое содержание рения в некоторых молибденитах (до 1,88%) позволяет считать, что имеется особая богатая рением разновидность молибденита, а также предполагать возможность обнаружения самостоятельных минералов рения (типа ReS_2 или Re_2S_7), которые пока что возможно пропускаются при микроскопических исследованиях руд.

Детальное изучение рениеносности молибденитов различных стадий минерализации Каджаранского месторождения показало, что содержание рения достигает максимума (в среднем 0,07—0,08%) в молибденитах средних стадий минерализации—кварц-молибденитовой и особенно кварц-халькопирит-молибденитовой (третья и четвертая стадии), в то время как молибдениты ранних и заключительных стадий минерализации содержат всего 0,02—0,03% рения.

В связи с отложением главной массы молибденита в кварц-молибденитовую и кварц-халькопирит-молибденитовую стадии баланс распределения рения по стадиям такой: примерно 60% рения (70% молибденита) от-

ложено в кварц-молибденитовую стадию, 30% рения (и 15% молибденита) — в кварц-халькопирит-молибденитовую и остальные 10% рения (и 15% молибденита) — во все остальные стадии минерализации.

Очень низкие и низкие содержания рения установлены также в халькопиритах, пиритах, энаргитах, сфалеритах, алабандинах медно-молибденовых месторождений, а также в магнетите Капутанского месторождения апатит-магнетитовых руд и в кристаллическом пиролюзите Саригюхского месторождения марганца эффузивно-осадочного типа. Во всех этих случаях содержание рения колеблется в пределах 0,0001—0,001% (1—10 г/т); в большей части проб эти содержания рения хорошо увязываются с небольшой механической примесью молибденита, но в ряде проб, в которых был определен рений, молибдена не обнаружено совсем; это позволяет предполагать, что небольшие содержания рения могут быть связаны с его примесью к другим минералам помимо молибденита.

Надо, однако, решительно подчеркнуть, что почти весь рений в рудах связан с молибденитом. С увеличением содержания молибдена возрастает содержание рения, при этом отношение количества рения к молибдену колеблется в широких пределах: Re : Mo от 1 : 31 до 1 : 4000.

Исследование баланса рения при процессах обогащения (по данным С. С. Акмаевой) показало, что соотношение содержания рения в г/т к содержанию молибдена в % в различных продуктах обогащения выражаются сравнительно постоянным числом — модулем.

Извлечение рения в концентрат находится на уровне извлечения молибдена и составляет 80—85% от общего его содержания в руде.

В зоне окисления рений легко окисляется до высшей валентности (Re^{7+}) и образует легкорастворимые соли, которые выносятся рудничными водами за пределы месторождения. Этим объясняется низкое содержание рения в гипергенных минералах молибдена (повеллите, ферримоллибдите), в которых отношение Re : Mo в десятки раз ниже, чем в молибдените, а также находит свое объяснение наличие рения (0,0006 г/л) в рудничных водах.

Молибдениты характеризуются также повышенным содержанием селена. Установлено, что между содержаниями рения и селена в молибденитах различных месторождений имеется определенная корреляционная зависимость, при этом отношение Re : Se колеблется обычно в пределах 1,2—2,0. По-видимому, условия вхождения обоих элементов в кристаллическую решетку молибденита, а также время выноса из очага главных порций рения и селена близки или одинаковы.

Однако отмечены единичные случаи, когда молибдениты, очень богатые рением, бедны селеном и, наоборот, разности, обогащенные селеном, сравнительно бедны рением.

Методы извлечения рения пока несовершенны, вследствие чего подавляющая часть рения, содержащегося в молибденовых концентратах теряется при металлургической переработке. Важное значение имеет разработка такой технологии, при которой этот ценнейший металл будет извле-

каться полностью в комплексе с другими рассеянными металлами медно-полибденовых руд.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Հ. Գ. ՄԱՂԱՔՅԱՆ, Գ. Հ. ՓԻՋՅԱՆ ԵՎ Ա. Ս. ՖԱՐԱՄԱՋՅԱՆ

ՌԵՆԻՏԻՎ ԶԱՆԿԱԿԱՆ ՄՈՒ-Ի ԱՂԻՆՃ-ՄՈՂԻՐԳԵՆԱՅԻՆ ԽԱՆՐԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ

Հայաստանի աղինձ-մոլիբդենային ռենիտները հանքային գոտին տարածվում է հյուսիս-արևմուտք-հարավ-արևելյան ուղղությամբ, անցնում է ամբողջ ռեսպուբլիկայի տերիտորիալ մոտ 300 կմ երկարությամբ, ունենալով 40 կմ միջին լայնությունը և ընդգրկելով նաև մասամբ Հայաստանին կից Ադրբեջանի տերիտորիան։ Այս գոտու սահմաններում հայտնի են բազմաթիվ աղինձ-մոլիբդենային հանքավայրեր և հայտնաբերումներ։

Պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերը տեղադրված են հանքաբեր զրանիտ-զրանոզիորիտային ինտրուզիաների անմիջական էկզո և էնդոկոնտակտներում։

Պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութերն ամբողջ գոտում ունեն բավականին մոտ և հաստատուն կազմություն։ Հանքային միներալներից գլխավորներն են խալկոպիրիտն և մոլիբդենիտը, երկրորդական դեր են կատարում պիրիտը, բոսիտը, խունացած հանքանյութերը, սֆալերիտը, գալենիտը, էնարգիտը, բիսմուտիտը և աղինձ-բիսմուտային խմբի միներալները։ Հանքանյութերում հիմնական արժեքավոր մետաղներն են մոլիբդենը ու աղինձը, որոնց հետ միասին հետաքրքրություն են ներկայացնում նաև բիսմուտը, ոսկին, արծաթը, իսկ հազվագյուտ մետաղներից՝ ունիումը, սելենը և թելուրը։

Հայաստանի աղինձ-մոլիբդենային հանքանյութերում հազվագյուտ մետաղներից ամենաբնորոշը և արժեքավորը հանդիսանում է ունիումը։ Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ունիումը հիմնականում կապված է մոլիբդենիտի հետ, մյուս միներալներում մինչև այժմ հայտնաբերված են ունիումի միայն աննշան խառնուրդներ։ Տարբեր հանքավայրերի մոլիբդենիտներում ունիումի պարունակությունը տատանվում է շատ լայն սահմաններում՝ 0,013 մինչև 1,38%։

Որոշ մոլիբդենիտներում ունիումի շատ բարձր պարունակություններն ասում են այն մասին, որ գոյություն ունեն մոլիբդենիտի հատուկ տարատեսակներ, շատ հարուստ ունիումով։

Քաջարանի հանքավայրի միներալիզացիայի տարբեր ստադիաների մոլիբդենիտների մանրակրկիտ ուսումնասիրությունը ցույց տվեց, որ ունիումի մարսիմալ պարունակությամբ (0,02—0,08%) բնորոշվում են այն մոլիբդենիտները, որոնք առաջացել են միներալիզացիայի միջին ստադիաներում՝ կվարց-մոլիբդենիտային և հատկապես կվարց-խալկոպիրիտ-մոլիբդենիտային։ Ավելի վաղ և եզրափակիչ միներալիզացիայի ստադիաների մոլիբդենիտները պարունակում են քիչ ավելի 0,02—0,03% ունիում։

Պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերի խալկոպիրիտներում, պիրիտներում, էնարգիտներում, սֆալերիտներում և ալաբանդինում հայտնաբերված են ունիումի ցածր պարունակություններ՝ 0,0001—0,001%։ Մեծ մասամբ այս պարունակությունները լավ կապվում են մոլիբդենի այն փոքր քանակությունների հետ, որը հաճախ լինում է որպես մեխանիկական խառնուրդ վերահիշյալ միներալների նմուշների մեջ։ Բայց մի քարք նմուշներում, որտեղ հայտնաբերվել է ունիում, չի գտնված մոլիբդեն։ Այս հանգամանքը թույլ է տալիս ենթադրել, որ համանաբար բացի մոլիբդենից ունիումը խառնուրդի ձևով գտնվում է նաև մյուս միներալների մեջ։

Օքսիդացման զոնայում ունիումը շատ հեշտ օքսիդանում է մինչև բարձր վալենտականություն (Re^{7+}) և առաջացնում է հեշտ լուծվող աղեր, որոնք դուրս են բերվում հանքավայրից ջրերի միջոցով։ Այդ պատճառով մոլիբդենի հիպերգեն միներալներում ունիումի պարունակությունը շատ ցածր է։

Հեղինակների կողմից ասպացուցված է, որ մոլիբդենիտներում ունիումի և սելենի պարունակությունների միջև կա որոշակի կապակցվածություն։ Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ $\text{Re}:\text{Se}$ հարաբերությունը մոլիբդենիտներում տատանվում է 1,2—2,0։

Г. В. Камалян и Л. В. Давтян

Действие ряда аминоспиртов на некоторые стороны фосфорного обмена при прорастании семян сельскохозяйственных культур

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 4/XII 1962)

Наряду с высокой физиологической активностью биогенные амины оказывают действие и на некоторые звенья фосфора в животном организме (¹⁻³).

Активное действие аминов на фосфорный обмен у животных натолкнуло нас на изучение действия моно-, ди- и триэтаноламинов на превращение фосфора в растениях.

В данной работе поставлена цель изучить действие указанных аминоспиртов на количественное содержание и динамику некоторых фосфорных соединений при прорастании семян.

Опытным материалом служили семена кукурузы сорта «Слава», вики мохнатой и клевера красного, обработанные растворами аминов (коламин 0,001, триэтаноламин — 0,00001 и диэтаноламин — 0,001 %). Контролем служили семена, обработанные водой. Срок обработки — для кукурузы 48 часов, вики и клевера — 24 часа. Предыдущие исследования показали явно выраженную стимуляцию прорастания семян при предпосевной обработке их аминами в указанных концентрациях (⁴⁻⁵). Семена проращивались в чашках Петри на среде Кноопа. В процессе прорастания на 2, 4 и 6-ые дни прорастания в семенах определяли общий Р по Белл-Дойзи-Бригсу, неорганический Р по Фиске-Субарроу, липондный Р путем экстракции его смесью Блюра.

Результаты опытов по изучению динамики изменений фосфорных соединений при прорастании семян кукурузы, при обработке аминами, приведенные в табл. 1, говорят о том, что содержание Р в прорастающих семенах кукурузы, обработанной аминами, во все дни прорастания выше контроля. Наибольшее повышение наблюдается при обработке триэтаноламином (5,15 мг против 3,92 мг контроля).

Содержание фосфолипидов в процессе прорастания относительно стабильно, однако при обработке семян аминами оно закономерно возрастает. По данным таблицы наибольшее повышение этой фракции наблюдается в варианте с моно- и триэтаноламином.

Фракции фосфора в семенах кукурузы, обработанных аминами (в мкг Р)

Дни	Наименование	Общий Р	Фосфо-липиды	Белко-вый Р	Кислото-раство-римый Р	Кислотораство-римый Р	
						неорг. Р	органи. Р
2-ой	Контроль	3000	1357	1320	322,7	253	70
	Коламин	3600	1980	1296	324	178	146
	Диэтаноламин	3400	1717	1340	343	198,5	141
	Триэтаноламин	3650	2100	1120	430	193	237
4-ый	Контроль	3150	1455	1355	340	220,5	120
	Коламин	3850	2015	1386	449	216	233
	Диэтаноламин	3670	2197	1074	399	195	204
	Триэтаноламин	4050	2137	1450	463	217	246
6-ой	Контроль	3920	1358	2241	321	287	34
	Коламин	4400	1652	2364	384	300	84
	Диэтаноламин	4300	1493	2420	387	259	128
	Триэтаноламин	5150	2237	2431	432	281	151

Содержание белкового фосфора по мере прорастания постепенно нарастает, что, по-видимому, связано с ростом биомассы, сопровождающимся повышением таких необходимых веществ, как нуклеопротенды, а на 6-й день прорастания при обработке семян аминами, очевидно, связано с участием моноэтанолamina в синтезе пуриновых оснований (6).

В изменении фракций кислоторастворимого Р наблюдается значительно большая закономерность. По мере прорастания увеличивается количество его (особенно на 2 и 4-ые дни). Понижение его на 6-й день связано с уменьшением его легкогидролизуемой части, что совпадает с данными А. Р. Понамаревой (7).

Как видно из табл. 1, содержание неорганического Р по мере прорастания увеличивается, наряду с этим отмечается и заметное понижение содержания его в обработанных семенах, при увеличении органических фосфорных соединений.

По данным табл. 1, максимальное содержание кислоторастворимого органического Р наблюдается на 4-й день как в контроле, так и в обработанных семенах.

На 2-й день содержание кислоторастворимого органического Р составило в контрольных семенах 70 мкг, в то время как в обработанных коламином та же фракция возросла на 2-й день прорастания до 146 мкг, т. е. почти вдвое больше, при обработке триэтаноламином — 237 мкг, т. е. увеличение вчетверо. На 6-й день прорастания закономерность та же, при обработке коламином увеличение — в 1,5 раза, диэтаноламином почти в 4 раза и при триэтаноламине — в 4,4 раза.

Так как изучение стимулирующего действия аминов велось в сравнении с общеизвестным стимулятором роста α -НУК, (α -нафтилуксусная кислота), то нами были проведены исследования действия и на те же звенья фосфорного обмена.

Данные опытов, приведенные в табл. 2, показывают, что в отличие от обработки семян аминами, при обработке α -НУК наблюдается некоторое

фракции фосфора в семенах, обработанных α -НУК (мкг Р)

Расте- ния	ф о с ф о р	2-ой день		4-ый день		6-ой день	
		Конт- роль	α -НУК	Конт- роль	α -НУК	Конт- роль	α -НУК
Куку- руза	Общий Р	3260	3331	3210	3200	3770	3720
	Липонидный Р	1680	1350	1010	1270	1570	1480
	Белковый Р	908	1300	1300	1110	1519	1602
	Кислотораствор. Р	670	679	875	875	681	630
	Фр. кисл. раст. Р	167	193	137	182	232	291
	Неорган. Р Кис. орг. Р	504	476	730	630	450	430
Вика	Общий Р	3600	3730	3200	3300	3350	3170
	Липонидный Р	1200	1050	1410	1650	1230	1610
	Белковый Р	1720	1930	1350	1100	178	1103
	Кислотораств. Р	676	750	432	546	432	455
	Фр. кисл. раст. Р	189	242	132	144	184	250
	Неорган. Р Орган. Р	487	510	300	402	148	205
Кле- вер	Общий Р	3200	3000	4100	3980	4000	4300
	Липонидный Р	1870	1650	2170	2400	2170	2250
	Белковый Р	1190	122	1720	1370	1590	1790
	Кислотораств. Р	135	124	200	207	23	25
	Фр. кисл. раст. Р	104	125	156	140	14	148
	Неорган. Р Орган. Р	31	—	050	067	09	106

уменьшение в содержании общего Р и фосфолипидов. Увеличение неорганического Р под действием α -НУК характерно для данного стимулятора и совпадает с литературными данными о динамике изменений содержания неорганического Р при обработке α -НУК.

Изучение фракций фосфорных соединений в прорастающих семенах вики и клевера показало некоторую аналогию в динамике изменений их по сравнению с семенами кукурузы. Содержание общего Р при обработке семян аминами повышено, однако в отличие от семян кукурузы в семенах вики по мере прорастания наблюдается некоторое понижение в содержании его. В фракции фосфора липонидов отмечается нарастание как по мере прорастания, так и при обработке семян аминами. Заметно повышение органического кислоторастворимого Р (в 1,7—2,7 раза).

В табл. 3 приводим данные по содержанию фосфорных соединений в обработанных прорастающих семенах вики.

В отношении семян клевера сохраняется та же закономерность, однако в отличие от предыдущих культур в семенах клевера по мере прорастания нарастает содержание органического кислоторастворимого Р, и при обработке аминами заметно увеличивается содержание белкового Р.

Результаты опытов по изучению фракций фосфорных соединений в семенах клевера, обработанных аминами, приводятся в табл. 4.

Таким образом, обработка семян аминами усиливает наряду с процессом всасывания фосфора из среды и синтез ряда фосфорилированных соединений.

Таблица 3

Фракции Р в семенах вики, обработанных аминами (в мкг Р)

Дни	Наименование	Общий Р	Фосфо- липиды	Белко- вый Р	Кисло- тораст. Р	Кислотораст. Р	
						Неорг. Р	Органич. Р
2-ой день	Контроль	3450	994	2114	342	208	134
	Коламин	4250	1120	2745	385	180	205
	Диэтаноламин	3780	1687	1755	340	200	140
	Триэтаноламин	4000	1650	2033	917	180	137
4-ый день	Контроль	3025	985	1765	274,5	188	86,5
	Коламин	3820	1530	1976	314	207	107
	Диэтаноламин	3587	1868	1319	400	253	147
	Триэтаноламин	4137	1828	1953	356	230	126
6-ой день	Контроль	3337	1087	1937	313	304	9
	Коламин	3550	1284	1937	319,7	305	15
	Диэтаноламин	3509	1706	1474	320	296	24
	Триэтаноламин	3562	1134	2080	348	331	17

Резюмируя данные работы, можно прийти к следующим выводам:

1. Обработка семян кукурузы, вики, клевера аминами повышает содержание общего фосфора, наивысшее содержание Р оказалось в семенах, обработанных триэтаноламином.

Наряду с повышением содержания общего фосфора наблюдается заметное повышение фракции фосфолипидов.

2. В семенах вики и клевера увеличение белкового фосфора более выражено, чем в семенах кукурузы.

Таблица 4

Фракции Р в семенах клевера, обработанных аминами

Дни	Наименование	Общий Р	Фосфо- липиды	Белко- вый Р	Кислото- раст. Р	Кислотораст. Р	
						Неорг. Р	Органич. Р
2-ой день	Контроль	2950	905	1714	204	227	77
	Коламин	3610	1603	1614	393	191,4	201
	Диэтаноламин	3410	1414	1650	370	184	186
	Триэтаноламин	4150	1537	2180	433	226	207
4-ый день	Контроль	3187	1172	1701	314,5	189	125
	Коламин	4375	1325	2680	370	199	171
	Диэтаноламин	3725	1622	1780	323	176	147
	Триэтаноламин	3462	1360	1775	327	192	135
6-ой день	Контроль	2550	550	1688	312	175	137
	Коламин	3250	950	1883	417	209	208
	Диэтаноламин	2762	766	1537	359	209	150
	Триэтаноламин	3963	775	2814	374	210,5	164

3. В семенах кукурузы наблюдается значительное увеличение фракции кислоторастворимого фосфора, при этом понижается неорганический фосфор и заметно повышается количество органического фосфора.

4. При обработке 2-НУК в отличие от аминов наблюдается уменьшение содержания общего фосфора, фосфолипидов и кислоторастворимого фосфора за счет органического. Возрастает содержание неорганического фосфора, однако белковый фосфор имеет большую тенденцию к повышению.

Ереванский зоотехническо-ветеринарный институт

Գ. Վ. ՔԱՄԱԼՅԱՆ ԵՎ Լ. Վ. ԴԱՎԹՅԱՆ

Մի ճարտարամետրիկական ազդեցությունը գյուղատնտեսական կուլտուրաների սերմերի ծրման ընթացքում ֆոսֆորային փոխանակման վրա

Նախկին հետազոտությունները ցույց են տվել, որ ամիններով եզրացացրելի, վիկի, երեք-նոսի սերմերի նախացանքային մշակումը ծրման խթանիչ է հանդիսանում:

Ներկա աշխատության նպատակն է սերմերի ծրման ընթացքում ուսումնասիրել ամինների ազդեցությունը ֆոսֆորային միացությունների քանակի և նրանց դիսմիկայի վրա:

Փորձերը իրականացվել են եզրացացրելի, թափաղակի, կարմիր երեքնուկի սերմերի վրա, որոնք մշակվել են կոլամինի 0,0001 տոկոս, դիէթանոլամինի 0,001 տոկոս և տրիէթանոլամինի 0,00001 տոկոս լուծույթներով՝ 48 ժամ տեղադրվածքում: Որպես ստուգիչ տարրերակ ընդունվել են ջրով մշակված սերմերը, իսկ ամինների հետ համեմատելու համար փորձարկվել է նաև ածման 2-НУК — խթանիչը:

Ծրման 2 և 6-րդ օրերին սերմերում որոշվել են ընդհանուր լիպոֆիլ և անօրգանական ֆոսֆորի քանակը:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ ամիններով մշակված սերմերում ընդհանուր ֆոսֆորի քանակը ծրման ընթացքում զգալիորեն բարձր է եղել ստուգիչից, բայց որում ամենաբարձր քանակը նկատվել է տրիէթանոլամինի դեպքում:

Ֆոսֆորլիպոֆիլների քանակը ծրման ընթացքում համեմատաբար անփոփոխ է, սակայն ամիններով մշակման դեպքում այն նկատելիորեն բարձրանում է հատկապես մոնո և տրիէթանոլների տարրերակներում:

Թթուներում լուծվող ֆոսֆորի քանակը ծրման ընթացքում որինաչափորեն բարձրանում է: Հետաքրքրական է, որ նշված ֆրակցիայի անօրգանական ֆոսֆորի քանակը նկատելիորեն իջնում է՝ ամիններով մշակելիս, իսկ օրգանական ֆոսֆորի քանակը բարձրանում:

2-НУК-ի ազդեցությունը ծրման սերմերի ֆոսֆորի փոխանակման վրա հիմնովին տարրերվում է ամիններից: Ի տարրերություն ամինների 2-НУК-ով մշակումը իջեցնում է սերմերում ընդհանուր ֆոսֆորի քանակը, իսկ անօրգանական ֆոսֆորի քանակի բարձրացումը ընդհանուր է ի հաշիվ օրգանական ֆոսֆորի, որը բնորոշ է 2-НУК-ի տիպի խթանիչներին:

Այսպիսով, սերմերի մշակումը ամիններով ուժեղացնում է թե ֆոսֆորի ներծծումը միջավայրից, և թե ֆոսֆորացված միացությունների սինթեզը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1 Г. В. Камалян, Г. В. Барсегян, Влияние коламина на фосфорный обмен. Биохимия т. 22, вып. 6, 971, 1957. 2 Г. В. Камалян, М. Г. Гаспарян, Л. В. Давтян, ДАН АрмССР, т. 27, № 2, 87 (1958). 3 Г. В. Камалян, М. Г. Гаспарян, Г. В. Барсегян, ДАН АрмССР, т. 2, № 5, 1958. 4 Г. В. Камалян, Л. В. Давтян, Известия АН АрмССР, т. 12, № 7, 39 (1959). 5 Л. В. Давтян, Действие моно, ди, триэтиламина на прорастание семян клевера и вики и ферментивные процессы при этом. Труды Ер. Зооветинститута, вып. 23, 1959. 6 Аббот Клигман, Federed Proc. 12. 1, 1953. 7 А. Р. Пономарева, Динамика фосфорных соединений в раннем онтогенезе пшеницы, ДАН СССР, 114, № 1, 1957. 8 М. Я. Березовский, В. Ф. Курочкина, Изучение влияния 2, 4-дихлорфанооксиуксусной кислоты на превращения соединений фосфора в растениях. Док. Моск. с. х. академии им. Тимирязева, вып. 26, 1956. 9 Fane, Studies on plant metabolism 25, 6, 539, plant physiol. 1954

БИОХИМИЯ

А. Ш. Галстян

К изучению биологической активности почвы

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 18/II 1963)

На основании исследований В. Ф. Купревича ⁽¹⁾ и Е. Гофмана ⁽²⁾ активность энзимов почвы рассматривалась как показатель ее биологической активности и плодородия. Этот взгляд сложился в результате изучения активности внеклеточных энзимов различных по плодородию почв. В качестве показателя биологической активности почвы были рекомендованы энзимы, в основном относящиеся к группе гидролаз.

Исследованиями Н. Кепфа ⁽³⁾, Я. Дробника ⁽⁴⁾ и др. отрицается роль активности энзимов как показателя биологической активности и плодородия почвы. Такой вывод был сделан на основании того, что ими не была обнаружена коррелятивная связь между активностью энзимов и дыханием почвы. Интенсивность дыхания была сопоставлена с активностью гидролитических энзимов почвы.

С целью выяснения возможности оценки биологической активности почвы с помощью ферментативных реакций в течение ряда лет мы изучали связь между действием ферментов и ее дыханием. Известно, что продуцирование углекислоты при дыхании обуславливается активностью оксидаз. Последнее наглядно видно при сравнении биологической активности различных типов почв (табл. 1). Почвы,

Таблица 1

Активность ферментов и интенсивность дыхания
различных типов почв

Почвы	Карбогидразы	Амидазы	Оксидазы	Дыхание
Горно-луговая	++++	++++	+	+
Чернозем	+++	+++	++	++
Каштановая	++	++	+++	+++
Бурая	+	+	++++	+++

Обозначения: ++++ очень высокая, +++ высокая, ++ средняя, + низкая.

обладающие высокой активностью гидролаз, имеют сравнительно низкую активность оксидаз и наоборот. Следовательно, при оценке общей биологической активности различных типов почв необходимо определить активность гидролаз, оксидаз и интенсивность дыхания. При оценке биологической активности внутри одного типа или подтипа почв можно ограничиваться определением лишь одной группы ферментов и интенсивностью дыхания. Такой подход можно принимать как третий этап в деле использования действия энзимов и дыхания при оценке биологической активности и плодородия почвы.

Активность энзимов и интенсивность дыхания можно использовать для разрешения некоторых практических вопросов. До сих пор при оценке различных агротехнических мероприятий и биологической активности почвы судили микробиологическими исследованиями. Однако микробиологические анализы сложны и трудоемки. В этом отношении оценка биологической активности почв определением энзимов и дыханием более практична. При оценке способов обработки почвы, мелиорации, окультуривания, удобрения и т. д. о биологической активности почвы можно судить с помощью определения активности инвертазы, уреазы, дегидраз и интенсивности дыхания. Этот вопрос безусловно требует дифференциального подхода.

Нашими исследованиями по сопоставлению активности энзимов почвы с урожайностью различных растений установлено, что плодородные почвы имеют высокую энзиматическую активность. То обстоятельство, что действие энзимов отражает степень биологической активности и плодородия почвы, можно использовать для выбора участка под полевые опыты. Одним из основных требований, от которого в значительной мере зависит точность полевого опыта, есть выбор участка. Почвенную пестроту иногда совершенно невозможно уловить не только по внешнему виду, но и химическими анализами. Применение быстрых и легких методов установления однородности плодородия почвы при выборе участка под полевые опыты имеет огромное практическое значение. В этом отношении использование активности почвенных энзимов может явиться основой для весьма быстрого и надежного метода.

Метод установления однородности плодородия почвы с помощью энзиматических реакций мы называем „биохимической съемкой“. Следует отметить, что самым отзывчивым показателем из энзимов почвы для этой цели является активность инвертазы. Это вытекает из существующей связи между урожаем растений и активностью инвертазы в почве (табл. 2).

$$r = \frac{\Sigma V_1 V_2}{\sqrt{\Sigma V_1^2 \cdot \Sigma V_2^2}} = \frac{4,60}{\sqrt{5,59 \cdot 4,25}} = \frac{4,60}{\sqrt{23,76}} = 0,9 \pm 0,06.$$

r — коэффициент корреляции, показывает степень сопряженности урожая пшеницы и активности инвертазы почвы;

V — отклонение отдельного определения от среднего арифметического — M .

Ошибка коэффициента корреляции (0,06) вычислена по формуле

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$$

Для выявления пестроты плодородия почвы, обусловленной суммарным влиянием всех факторов, необходимо определение активности инвертазы на участке производить дробно. Для этого участок, отведенный под полевой опыт, делится на маленькие делянки. Размеры делянок различны: если опыт ставится на больших площадях, можно иметь 100 м² и более крупные делянки; а в случае небольших площадей 10—20 м². От трех до пяти мест пахотного слоя каждой делянки берется почва и приготавливается смешанный образец.

Таблица 2

Вычисление коэффициента корреляции между урожаем озимой пшеницы и активностью инвертазы почвы

Участок	Показатели из 50 м ²		Отклонение от среднего при определении		Произведение отклонений $V_1 V_2$	Квадраты отклонений при определении	
	урожай в кг	активность инвертазы	урожая V_1	активности V_2		урожая	активности инвертазы
1	8,4	14,5	−1,0	−0,9	0,90	1,0	0,81
2	8,8	14,8	−0,6	−0,6	0,36	0,36	0,36
3	9,1	15,2	−0,3	−0,2	0,06	0,09	0,04
4	8,7	14,5	−0,7	−0,9	0,63	0,49	0,81
5	9,2	15,8	−0,2	+0,4	−0,08	0,04	0,16
6	9,3	15,5	−0,1	+0,1	−0,01	0,01	0,01
7	10,4	16,5	+1,0	+1,1	1,10	1,0	1,21
8	10,8	16,1	+1,4	+0,7	0,98	1,96	0,49
9	10,2	16,0	+0,8	+0,6	0,48	0,64	0,36
Сумма	$\Sigma = 84,9$ $M_1 = 9,4$	$\Sigma = 138,9$ $M_2 = 15,4$	+2,9 −3,2	+3,2 −2,6	$\Sigma V_1 V_2 = 4,60$	$\Sigma V_1^2 = 5,59$	$\Sigma V_2^2 = 4,25$

Определение активности инвертазы можно производить в естественно влажной или воздушно-сухой почве. Очищенную от корней и камней почву (5 г) следует поместить в 50 мл колбу, прибавить 0,5 мл толуола, 10 мл 5-процентного раствора сахарозы и 10 мл ацетатного буфера рН 4,7. При 30°С колбы ставить в термостат на 24 часа. После инкубации содержимое колбы фильтруется до 100 мл в мерных колбах. Из фильтрата берется определенный объем (20 мл) и в нем редуцирующие сахара определяются по Бертрону. Активность инвертазы выражается в мг глюкозы на 1 г почвы за сутки. Полученные результаты анализов подвергаются математической обработке. При достоверности данных участок по плодородию однородный и его можно отнести под полевой опыт. В противном случае участок по плодородию

дию пестрый и не пригоден для постановки полевых опытов. Наши исследования проводились на каштановой и бурой почвах. Этот метод необходимо проверить и уточнить для других типов почв.

Следующий вопрос касается возможности использования активности ферментов и интенсивности дыхания, как показателей биологического фактора почвообразовательного процесса. До сих пор биологический фактор почвообразования не выражался каким-нибудь суммарным показателем, между тем как это очень важно для почвенных исследований. Среди факторов почвообразования биологический является ведущим, он обусловлен растительным покровом, микрофлорой и почвенной фауной. Все организмы, участвующие в почвообразовательном процессе, продуцируют энзимы, которые долгое время, сохраняя свою активность, осуществляют синтез и разложение органического вещества почвы. Это и есть сущность почвообразовательного процесса (²). Следовательно, активность почвенных энзимов и интенсивность дыхания могут быть суммарным показателем биологического фактора почвообразовательного процесса. Здесь мы приводим лишь несколько примеров общего порядка.

В условиях засоленных почв, которые почти лишены растительного покрова и очень бедны микрофлорой и фауной, биологический фактор подавлен, в результате чего развитие почвы также подавлено. Это положение наглядно отражается в активности энзимов: действие карбогидраз не обнаруживается, каталаза действует слабо, а иногда ее активность также не обнаруживается.

Почвообразовательный процесс в условиях полупустыни протекает сравнительно слабо. Почва полупустынной зоны бедна растительным покровом и микроорганизмами. Биологический фактор почвообразования в условиях полупустыни выражен слабо. Активность энзимов в этих почвах низкая.

В луговом процессе почвообразования биологический фактор выражен сильно. Последнее обусловлено богатым растительным покровом, микрофлорой и фауной данных почв, что весьма наглядно отражается на активности энзимов и интенсивности дыхания почв. Таким образом активность энзимов и интенсивность дыхания по профилям различных типов почв наглядно отражают интенсивность биологического фактора в почвообразовании и могут быть использованы как его показатель.

На основании наших исследований можно сделать следующие выводы:

а) при оценке общей биологической активности различных типов почв необходимо определить активность гидролаз, оксидаз и интенсивность дыхания; внутри одного типа или подтипа почв можно ограничиваться определением лишь одной группы энзимов и дыханием;

б) с помощью определения активности энзимов почвы можно выявить пестроту ее плодородия;

в) активность энзимов и интенсивность дыхания можно использовать как показатель биологического фактора почвообразовательного процесса.

Институт почвоведения и агрохимии
МПИ и ЗСХП Армянской ССР

Ա Շ ԳԱԼՍՅԱՆ

Հողի բիոլոգիական ակտիվության ուսումնասիրության մասին

Հողի բիոլոգիական ակտիվության ուսումնասիրությունը հնարավորություն է տալիս լուծելու մի շարք գործնական հարցեր: Փորձնական ճանապարհով հաստատված է, որ ինվերտազայի ակտիվությունը որոշելով կարելի է պարզել հողի բերրիության համասեռությունը: Այս եղանակը հնարավորություն է տալիս դաշտային փորձերի համար համապատասխան հողամասեր ընտրելու: Այն հողամասը, որը նախատեսվում է դաշտային փորձի համար պետք է բաժանել մի շարք հողաբաժնյակների և նրանցից վերցնել խառը նմուշ: Հողի նմուշները բերել օդաչոր վիճակի և նրանց մեջ որոշել ինվերտազայի ակտիվությունը, այն արտահայտել մգ դիուկոդայով 1 գ հողի վրա 24 ժամվա ընթացքում: Ստացված արդյունքները ենթարկել մաթեմատիկական մշակման: Եթե միջին քառակուսային սխալի տոկոսը հինգից դժուր է, նշանակում է հողը բոլոր բերրիության համասեռ է և կարելի է օգտագործել դաշտային փորձի տակ: Հինգ տոկոսից բարձր սխալը դեպքում հողամասի բերրիությունը խայտարհետ է և չի կարելի օգտագործել դաշտային փորձերի համար: Հողի բերրիության համասեռությունը որոշելու այս արագ և ճիշտ եղանակը կարող է փոխարինել հետախույսական դանքերին, սրունք նույնպես կիրառվում են այդ նպատակի համար և տևում են մեկից երկու տարի:

Տարբեր հողատիպերի բիոլոգիական ակտիվության ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ արտաբջջային ֆերմենտների ակտիվությունը և շնչառության ուժգնությունը կարելի է դիտել որպես հողագոյացման պրոցեսի բիոլոգիական գործոնի ցուցանիշ:

Հողերի ընդհանուր բիոլոգիական ակտիվությունը ղեկավարելիս պետք է որոշել հիդրոլազների, օքսիդազների գործունեությունը և շնչառության ուժգնությունը: Նույն տիպի սահմաններում կարելի է սահմանափակվել միայն մեկ ֆերմենտի ակտիվության որոշումով:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. Ф. Купревич, ДАН СССР, т. 79, № 5, 1951. - Е. Гофман, Umschau, Н 6, 1953. ² Н. Кенф, Zeit. für Pflanz. Düng. Bodenkunde 67 (112), Н 3, 1954. ³ Я. Дробник, Почвоведение, № 12; 1957. ⁴ В. Р. Вильямс, Почвоведение, земледелие с основами почвоведения, М., 1946.

БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

С. Я. Золотницкая

Об алкалоидном комплексе *Delphinium foetidum* Lomak

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 14/III 1963)

Род *Delphinium* (сем. лютиковых) издавна привлекает к себе внимание исследователей как богатый источник алкалоидов, из которых многие известны в качестве ценных лекарственных средств. Таковы препараты курареподобного действия — элатин, кондельфин, мелликтин (йодгидрат алкалоида метилликаконитина), получаемые из среднеазиатских видов *D. elatum* L., *D. semibarbatum* Bienerf., *D. confusum* M. Pop. и др. (¹).

В наших предыдущих работах указывалось на богатство алкалоидами ряда армянских представителей этого рода (²). *D. foetidum* Lomak., наиболее высокогорный из видов живокости, встречается куртинами на каменистых россыпях и щебнистых склонах Арагаца, в районе озера Сев-лич (на высоте 3312—3328 м над ур. моря), а также на некоторых вершинах Зангезурского хребта (гора Капуджух, Егасар). Это хорошо облиственное растение, достигающее 50—60 см высоты, с крупными соцветиями желтовато-фиолетовых цветков, обладающих характерным железисто-волосистым опушением и неприятным запахом в свежем виде. Имеются указания, что растение некогда применялось как средство от венерических болезней (⁴); какие-либо другие сведения о наличии физиологически-активных веществ и их природе в литературе найдены не были.

Материал для исследования был собран в середине июля и августе 1960 и затем 1961 гг. на горе Арагац, в фазах начала — и массового цветения. Общее содержание суммы алкалоидов для всего растения в этот период составляло 0,7—0,8%. Наиболее богаты алкалоидами листья (3,0—3,6%), затем корни (2,5—2,7%). В цветках количество оснований не превышает 0,5%, еще беднее стебли растений — 0,1—0,2%. Заморозки, нередко застигающие растение в цвету, снижают алкалоидность наземных органов, что ранее уже нами отмечалось в отношении индийского (безвредного) дурмана (³).

Хроматографией на бумаге различных фракций алкалоидов из наземной части растения, в системе н-бутанол — уксусная кислота — вода (50 : 1 : 50), показано наличие четырех главных оснований со значением R_f 0,60; 0,57; 0,47; 0,38; и еще пяти со значением 0,92; 0,86; 0,82; 0,72; 0,25, представленных в меньшем количестве, частью следами.

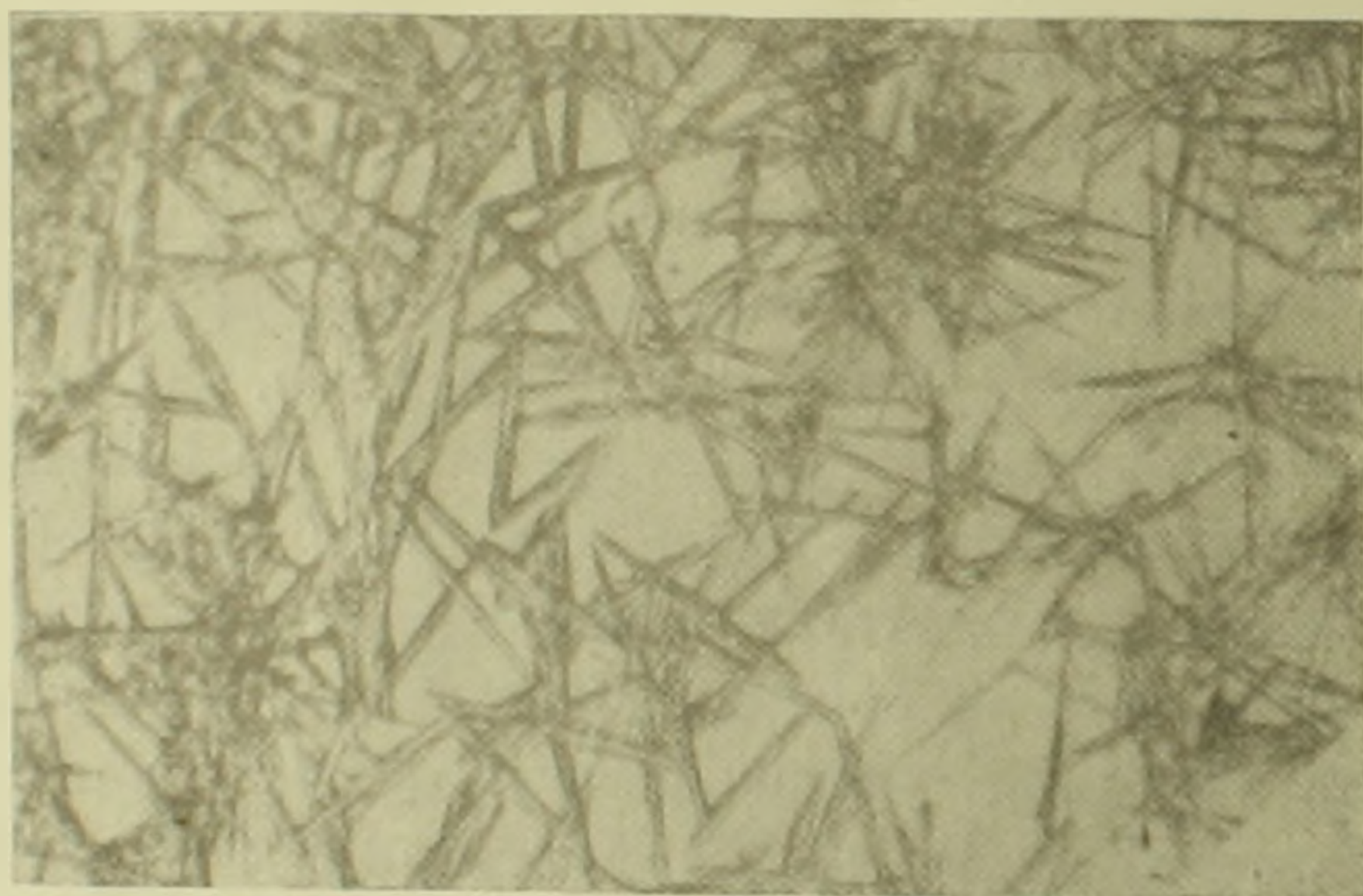
В цветках преобладают основания с R_f 0,58; 0,86; затем 0,47 и 0,38, а в листьях 0,60; 0,57 и 0,38. Алкалоиды корней почти нацело состоят из оснований со значением R_f 0,57.

Выделение смеси алкалоидов проводилось экстракцией дихлорэтаном и извлечением оснований из щелочного раствора эфиром и хлороформом.

Измельченный растительный материал (14 кг) смачивался 5% раствором соды и экстрагировался семикратным количеством дихлорэтана — до полного извлечения алкалоидов. Из органического растворителя основания переводились в 10% серную кислоту. После подщелачивания содой объединенных кислых вытяжек до pH 7 и добавления эфира выпал обильный осадок в количестве 54 г. Выпавший осадок отделялся, а основания последовательно извлекались из фильтрата эфиром и хлороформом.

Осадок и эфирные извлечения (после выпаривания растворителя) обрабатывались дихлорэтаном, ацетоном и метанолом. Дихлорэтановые вытяжки фракционированы при pH 4,5 с цитратно-фосфатным буфером, всего получено 10 фракций. Первая из них содержала основания со значением R_f 0,82; вторая — 0,865; восьмая — 0,59 и 0,40 и две последние — 0,40.

Из второй дихлорэтановой фракции выпали белые с шелковистым блеском тонкие, игольчатые кристаллы, собранные в виде розеток (фиг. 1).



Фиг. 1. Кристаллы основания А из *D. foetidum*

В вышеуказанной системе алкалоид (основание А) характеризуется значением R_f 0,258; T плавления после 3-кратной перекристаллизации из метанола и ацетона 85—86°.

Данные элементарного анализа приводят к формуле $C_{18}H_{30}O_5N$.

Найдено %: С 62,60; 62,82; Н 8,85; 8,60; N 4,08.

Вычислено % С 63,52; Н 8,82; N 4,11.

Основание легко растворяется в хлороформе, спирте и ацетоне и не растворимо в воде.

Метанольные фракции, обладающие резко выраженной фиолетовой флуоресценцией, были подвергнуты дробному осаждению водой. Из первых метанольных фракций при прибавлении воды выпали звездчатые кристаллы (фиг. 2) со значением R_f 0,60. Найдено % С 63,60; 63,83; Н 8,15; 8,20, N 5,12; 4,97. Вычислено % С 64,05; Н 8,18, N 4,98.

Состав алкалоида В соответствует формуле $C_{15}H_{23}O_4N$. Основание легко растворяется в хлороформе и метаноле и не растворимо в ацетоне и воде. Т пл.— 143° .

Из следующих метанольных фракций осаждением водой и промывкой осадка ацетоном выделено аморфное (при выделении мелкокристаллическое) основание С со значением R_f 0,57 и Т плавления $138—140^\circ$, составляющее не менее $\frac{1}{3}$ суммы алкалоидов.

На основании данных элементарного анализа и определения молекулярного веса состав алкалоида выражается формулой— $C_{29}H_{26}O_7N_2$.

Найдено % С 64,80; 65,09; Н 8,62; 8,33; N 5,23; 5,35.

Вычислено % С 65,16; Н 8,63; N 5,24.

Основание легко растворимо в хлороформе, трудно в эфире и спирте и не растворимо в воде. При растворении в 10% HCl и добавлении насыщенного раствора $Mg(ClO_4)_2$ легко образует перхлорат в виде коротких игольчатых кристаллов.



Фиг. 2. Кристаллы основания В из *D. foetidum*

Ацетон и хлороформ извлекали преимущественно основания с низким значением R_f . Выделенное из этих фракций темноокрашенное маслообразное основание с R_f 0,40 быстро разрушается под влиянием солнечного света с образованием пяти (определено по значению R_f) других алкалоидных соединений.

Выводы: 1. Методом бумажной хроматографии охарактеризован алкалоидный комплекс *D. foetidum* по различным органам растений в фазе цветения.

2. Выделено три (в том числе два кристаллических) основания А, В и С, состав которых отвечает формулам $C_{18}H_{30}O_5N$ (со значением R_f 0,25); $C_{15}H_{23}O_4N$ (со значением R_f 0,60) и $C_{29}H_{46}N_2$ (со значением R_f 0,57).

Ботанический институт Академии наук
Армянской ССР

Ոջլախոս ցեղի հայկական ներկայացուցիչների ալկալոիդային կոմպլեքսի մասին

Թղթի խրամատորագրային մեթոդով ընդթաղվել է ծաղկման փուլում *Delphinium foetidum*-ի տարբեր օրգանների ալկալոիդային կոմպլեքսը:

Անջատված է երեք ալկալոիդ A, B և C, որոնց համասլուստասխանում են հետևյալ էմպիրիկ ֆորմուլաները՝ $C_{15}H_{30}O_5N$ (Rf-0,25), $C_{15}H_{23}O_4N$ (Rf-0,60) և $C_{29}H_{46}O_7N_2$ (Rf-0,57)।

ЛИТЕРАТУРА — ЧИТАТЕЛЬСТВО

¹ Фармакопея СССР, изд. IX, Медгиз, 1961. ² С. Я. Золотницкая, Лекарственные ресурсы флоры Армении, 1958. ³ С. Я. Золотницкая, Очерк биологии и влияние биологических факторов на содержание алкалоидов у *Datura metel* L. Бюлл. Бот. сада, № 5, 1948. ⁴ А. Х. Роллов, Дикорастущие растения Кавказа, их распространение, свойства и применение, Тифлис, 1908.

ГЕОЛОГИЯ

М. А. Мовсесян

О ритмичном строении гипсоносной толщи
Приереванского района Армянской ССР

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР А. А. Габриеляном 28/I 1963)

Характерной особенностью верхней части гипсоносной толщи (сред.—верх. миоцен) является ее ритмичное строение с явно выделенными трехчленными десяти ритмами, которые выдерживаются от нижних горизонтов до верхних, меняя местами мощности отдельных частей.

Первой частью ритма являются пласты гипса, достигающие от 20—40 см до нескольких метров. В этой части ритма глинистые, мергелистые прослойки появляются очень редко. Вторая часть ритма представляет собой чередующуюся пачку глин—мергелистых слоев, прослоек со слоями и пластами гипса. Эта часть ритма по мощности преобладает над двумя другими. Третьей частью ритма являются пласты, слои, прослойки глин, известковистой глины, мощность которых колеблется также от десятков сантиметров до нескольких метров.

Эти отдельные части ритма и особенно отдельные ритмы чередуются друг с другом с резкими контактами, но в отдельных местах по разрезу наблюдаются постепенные переходы между отдельными частями, в основном в пределах одного ритма.

В разрезе гипсоносной толщи везде отдельные ритмы переслаиваются друг с другом резкими контактами.

Генезис и динамику образования этих ритмов можно свести в основном к двум причинам: 1) ритмы, образование которых теснейшим образом связано с факторами климатических изменений; 2) ритмы, связанные с тектоникой, с ритмичными восходящими и нисходящими движениями дна бассейна осадконакопления.

Тектонические колебания дна бассейна осадконакопления безусловно обуславливают ритмообразование в серии осадочного комплекса; например, в процессе усиленного осадконакопления терригенных и карбонатных пород, при колебательных процессах, что в конечном счете обуславливает передвижения береговых зон, происходит чередование разных типов терригенных, карбонатных пород в связи с дальностью транспортировки в морской среде, в связи с механической, химической дифференциацией и т. д.

Но схема образования терригенно-хемогенных образований, как на-
пример, каменная соль, гипс, ангидрит, гипсоносные, соленосные глины,
коренным образом отличаются от вышеупомянутой.

Бассейны прогибания и седиментации (особенно в геосинклинальных
обл.) типа континентальных лагун или солеродных бассейнов отличаются
от обширных морских бассейнов осадконакопления своими сравнительно
малыми размерами и специфическими климатическими условиями (жаркий
аридный климат).

Появление ритмичных колебательных движений на фоне общего про-
гибания без климатических изменений (изменения в сторону появления
осадков) привело бы лишь к новой ингрессии (в связи с опусканием) в
бассейн прогибания. Это явление сказалось бы на общей серии осадков
или в появлении новых слоев хемогенных образований при усиленном
испарении или отсутствием слоев времени этой ингрессии. В таком случае
происходит растворение преднакопившихся хемогенных образований по
причине усиленного разбавления водоема при значительном уменьшении
испарения и значительном увеличении прогибания, обуславливающих
мощь ингрессии или общее прекращение связи с морем в связи с общим
поднятием области прогибания, или промежуточной лагуны.

В этих обоих процессах, где основную роль играют тектонические
колебательные процессы, без особых изменений климатических условий, в
серии хемогенных образований произошло бы такое изменение, как увели-
чение мощности хемогенных пластов или их уменьшение, появление новых
легкорастворимых или, наоборот, более труднорастворимых солей и т. д.

При опускании прогиба или воздымании соседних областей питания,
что приводит в конечном счете к опусканию базиса эрозии, конечно,
появятся в прибрежных зонах и породы терригенного происхождения, но
при отсутствии атмосферных осадков они будут иметь второстепенное и
локальное значение.

Образование трехчленных ритмов в гипсоносной толще Приереван-
ского района, нам кажется, теснейшим образом связано с климатическими
изменениями (но не сезонного характера) на фоне общего опускания
водоема. Отдельные ритмичные колебания дна водоема, по-видимому,
привели к частичному уменьшению или увеличению отдельных частей
ритма.

Была установлена следующая закономерность времени образования
слоев легко- и труднорастворимых солей. Толщина годовых слоев камен-
ной соли и сильвинита изменяется в интервале 5—10 см, а средняя мощ-
ность годового слоя карналлитовой породы в 2—2,5 раза больше, чем
для сильвинита (¹).

Из вышесказанного видно, что накопление более легкорастворимых
солей происходит быстрее, чем накопление сравнительно труднораствори-
мых. Степень растворимости гипса гораздо ниже, чем у галенита, сильви-
на и К. Mg-сульфатов, но намного меньше его количества в морской
воде.

Баланс гипса в осадке теснейшим образом зависит от испарения морских вод, ингрессирующих водоем.

Если за год будет накапливаться слой гипса меньше 5—10 см (годовой слой галита — сильвина), то три составные каждого ритма гипсоносной толщи, которые достигают мощности от десятков сантиметров до нескольких метров, далеко не могут быть сезонными.

Во время образования гипсоносной толщи произошли крупные климатические изменения, неоднократно повторявшиеся в течение времени, но каждый цикл, который охватывал определенный, более или менее стабильный климатический период, имел длительность в несколько десятков, а может быть и больше ста лет.

Эти периоды климатических изменений повторялись неоднократно и обусловили образование ритмичного строения гипсоносной толщи.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Մ. Ա. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

ՀՍՍՌ-ի երձերեկանյան օղջանի գիպսատար հասվածքի ութմիկ կառուցվածքի մասին

Գիպսատար հասվածքի վերին մասում նկատվում է ապառների ութմիկ կառուցվածք՝ բաղկացած երեք մասերից:

Առաջին մասը ներկայացված է գիպսային ապառներով (20 մ.—1 մ.), երկրորդ մասը—միմյանց հաջորդող գիպս և կավային ապառներով (50 մ.—6 մ.), երրորդ, վերին մասը—տարբեր կավային ապառներով (1 մ.—10 մ.):

Այդ երեք մասերը միմյանց հետ կապվում են մեկ ութմ:

Գիպսատար հասվածքում հաշվվում է մոտ 10 ալգային ութմ:

Այդ ութմերի առաջացումը սերտ կերպով կապված է կլիմայական փոփոխության հետ, որոնք (փոփոխությունները) ընդգրկում են մի քանի տասնյակ տարիներ:

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

¹ М. П. Фивег, О длительности накопления соляных толщ, Тр. ВНИИГ, вып. XXIX, Л., 1954.

РАДИОБИОЛОГИЯ

Ю. Б. Хейфец и А. Л. Шабаташ

Сравнительное изучение ранних изменений гликогена
в лейкоцитах при облучении *in vivo* и *in vitro*

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятяном 15/II 1963)

Обнаруженные в работах (1-3) цитохимические изменения гликогена в нейтрофилах и тромбоцитах периферической крови у млекопитающих являются ранним показателем патологических процессов, наступающих после однократного общего облучения организма (ЛД-100). Явления гликогенолиза в форменных элементах крови предшествуют известным морфологическим изменениям, наблюдаемым в периферической крови после облучения. Это дает основания для использования феномена гликогенолиза в анализе механизмов радиационного поражения.

С целью выявления прямого, непосредственного действия проникающих излучений на клетки крови и исключения влияния реактивности целостного организма (в первую очередь—нарушений нейрогуморальных регуляций) мы использовали наш тест при общем облучении морских свинок и отдельно при облучении их крови, собранной в стерильных условиях в консерванте ЦОЛИПК № 7 и, кроме того, крови человека, взятой в аналогичных условиях натошак у доноров.

Животных облучали на аппарате ГУБЭ-800 дозой 600 р. Кровь *in vitro* облучали на аппарате РУМ-3 дозами 1000, 10 000 и 25 000 р. Техника гистохимического обнаружения гликогена по методу А. Л. Шабаташа.

Изучение гликогена в мазках крови морской свинки, взятых до (контроль) и через 1, 3, 6 и 24 часа после однократного общего гамма-облучения, обнаружило, в принципе, идентичную по сравнению с результатами (1-3) картину: прогрессирующая утрата нейтрофилами гликогена, сопровождаемая цитохимическими и деструктивными изменениями ядер, набуханием цитоплазмы и, в конечном счете, распадом клеток. Наблюдающийся к 24 часам подъем содержания гликогена объясняется появлением новой генерации клеток из кроветворных органов. Сводная табл. 1, построенная по тем же признакам, что и в работах (2, 3), характеризует динамику процессов.

Следовательно, наряду с сохранением общего хода процессов обеднения нейтрофилов гликогеном, обнаруженного нами и у других животных (1, 3), для морской свинки типичны следующие особенности: утрата гли-

Содержание гликогена в нейтрофилах (в%) периферической крови

Интенсивность реакции	Контроль	Время после облучения животного			
		1 час	3 часа	6 час.	24 часа
I гр. интенсивная +++	28,8	6,8	8,6	8,4	15,6
II гр. умеренная ++	41,2	30,8	30,5	29,6	44,0
III гр. слабая +	28,4	56,4	53,2	54,8	38,0
IV гр. нулевая —	1,6	6,0	7,7	7,2	2,4
Кол-во животных	5	13	8	5	3

когена появляется в более ранние, чем у крыс, сроки (уже через 60 мин.), наблюдается гнездное исчезновение десмогликогена, локализованного в нейтрофильных гранулах, т. е. очаговая десорбция и деполимеризация полисахарида с образованием лиогликогена, а, возможно, и низко-молекулярных продуктов его расщепления. Кроме того своеобразием реакции периферической крови у морских свинок является ранняя компенсация повреждений путем замены новыми генерациями нейтрофилов из «кровяных депо» и костного мозга. В этом проявляется большая, по сравнению с крысами, сохранность функций костного мозга у морских свинок после облучения.

Облучение крови морских свинок *in vitro* показало, что гликоген форменных элементов при дозе 1000 р на протяжении 3 часов опыта фактически сохранился в тех же пропорциях, что и в контроле. После облучения *in vitro* дозой 10 000 р наблюдались незначительные изменения содержания гликогена в нейтрофилах и лишь при дозе 25 000 р возникают начальные процессы гликогенолиза, не идущие ни в какое сравнение с аналогичными пострадиационными изменениями *in vivo*, где доза 600 р вызывала катастрофическое падение содержания гликогена уже в первый час после облучения, что приводило к тяжелым функциональным и морфологическим повреждениям нейтрофилов. Из данных, приведенных в табл. 2 и 3, следует, что только после 25 000 р и через 3 часа после облучения количество богатых гликогеном нейтрофилов уменьшилось у морской свинки на 33%, а у человека на 40%. Между тем необходимо отметить, что цитра-

Таблица 2

Изменения в содержании гликогена в нейтрофилах морской свинки после облучения крови (в% клеток)

Интенсив- ность реакции	Контроль	Спустя 30 мин. по обл.			Контроль	Спустя 60 мин. по обл.			Контроль	Спустя час по обл.		
		1000р	10000р	25000р		1000р	10000р	25000р		1000р	10000р	25000р
I гр. + + +	28	24	22	20	26	24	18	22	23	24	20	17
II гр. + +	52	48	50	50	50	50	52	50	51	46	46	48
III гр. +	20	28	28	30	24	26	30	28	26	30	34	35

Изменение в содержании гликогена в нейтрофилах крови человека после облучения крови (в⁰/_о клеток)

Интенсивность реакции	Контроль*	Спустя 30 мин. по обл.			Контроль	Спустя 60 мин. по обл.			Контроль	Спустя час по обл.		
		1000р	10000р	25000р		1000р	10000р	25000р		1000р	10000р	25000р
I гр.+++	29	26,5	27	18,7	27,5	25	25,5	16,25	22,5	22	15,75	14
II гр.++	50	48,5	49	54,5	49	45	48,5	46,25	46,5	50	51,5	43,75
III гр.+	21	25	24	26,75	23,5	30	26	37,5	31	28	32,75	42,25

ты, входящие в состав консервирующей смеси, вредно действуют на лейкоциты (6). При консервировании крови крыс в смеси 2% лимоннокислого натрия с глюкозой и облучении *in vitro* описано набухание нейтрофилов через 1 час после 10 000 р и через 3 часа после 1000—3000 р (7).

Выводы. 1. При общем облучении морских свинок дозой 600 р максимальное снижение содержания гликогена в нейтрофилах наблюдается уже через 1 час. Низкий уровень содержания полисахарида характеризует реакцию этих клеток на проникающую радиацию и предопределяет их распад.

2. Облучение *in vitro* крови морских свинок и человека (в консерванте ЦОЛИПК № 7) дозами от 1000 до 10 000 р не вызывает сколько-нибудь значительных изменений содержания гликогена в нейтрофилах в течение 3 часов опыта. Лишь после воздействия 25 000 р к концу 3 часа наблюдается гликогенолиз приблизительно у одной трети клеток.

3. Гликогенолиз в клетках периферической крови при облучении животного является комбинированным процессом, суммирующим прямой эффект ионизирующей радиации с опосредованными нейро-гуморальными и метаболическими последствиями, играющими, по-видимому, преимущественную роль в развитии радиационного поражения.

ՅՈՒ. Բ. ԽԵՅԵՑ ԵՎ Ա. Լ. ՇԱԲԱԴԱՆ

Ճառագայթազոհված լեյկոցիտներում գլիկոգենի վաղ փոփոխությունների համեմատական ուսումնասիրությունը

Ծովախոզուկների ճառագայթազոհումից (600 ռ.) մեկ ժամ հետո պիրիֆերիկ արյան նեյտրոֆիլներում նկատվում է գլիկոգենի պարունակության խիստ անկում, որը դուրսակցվում է կորիզների ցիտոքրիմիկ և դեատրուկտիվ փոփոխություններով, ցիտոպլազմայի ուռնեցումով և վերջապես բջիջների քայքայումով:

Մարդկանց և ծովախոզուկների արյան *in vitro* ճառագայթազոհումը (1000—10.000 ռ.) նեյտրոֆիլներում գլիկոգենի քանակության վրա չի ազդում: Միայն 25000 ռ. առաջացնում է ճառագայթազոհումից 3 ժամ հետո բջիջների մեկ երրորդի մոտ գլիկոգենոլիզ: Գլիկոգենի ան-

* Контроль в начале опыта, но через 60 мин. после взятия крови у донора; время остальных контролей и опытов отсчитывается после этого срока.

կումր ճառագայթաժողովումից հետո քննարկում է գրանուլոցիտների պատասխան ունեցիկ հանդեպ իոնիզացնող ճառագայթաժողովում: Գլիկոգենոլիզը առաջանում է արյան լիզինների վրա ճառագայթների անմիջական ազդեցության և նեյրոհորմոնալ խանգարումների հետևանքով, որոնք առաջանում են ճառագայթաժողոված սրգանիզմում:

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

¹ Ю. Б. Хейфец, Вопросы радиобиологии, т. 1. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1960, стр. 87. ² Ю. Б. Хейфец, А. Л. Шабаташ, Известия АН АрмССР, т. 1, № 6, 35 (1961). ³ А. Л. Шабаташ, Ю. Б. Хейфец, Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, т. 43, № 12, 29, 1962. ⁴ А. Л. Шабаташ, Проблемы гистохимического исследования гликогена нормальной системы, Медгиз, М. 1949. ⁵ А. Л. Шабаташ, ДАН СССР, т. 68, № 2, 389 (1949). ⁶ Г. К. Хрущов, Роль лейкоцитов крови в восстановительных процессах в тканях. Изд. АН СССР, М. 1945. ⁷ Т. М. Кондратьева, Р. И. Пинто, Цитология, т. 3, № 1, 1961.

МИКРОБИОЛОГИЯ

Г. К. Габриелян и А. П. Петросян

О биогенном образовании карбонатной корки на вулканических породах Армянской ССР

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 7/IV 1963)

В пределах вулканического нагорья Армянской ССР большое развитие имеет углекислый кальций, образующий карбонатную кору, хорошо выраженную на обломках массивно-кристаллических пород в предгорьях вулканических массивов на высоте 1000—1500 м. Выше слой известковой корки постепенно уменьшается и примерно на высоте 3000—3200 м исчезает. Особенно наглядно кора выступает в Приереванском районе и предгорьях Арагаца. Такого рода кору наблюдал Полюнов ⁽¹⁾ в Монголии, в пустыне Гоби. Подобная кора имеется и в других континентальных районах земного шара (Иран, Малая Азия, Египет и др.).

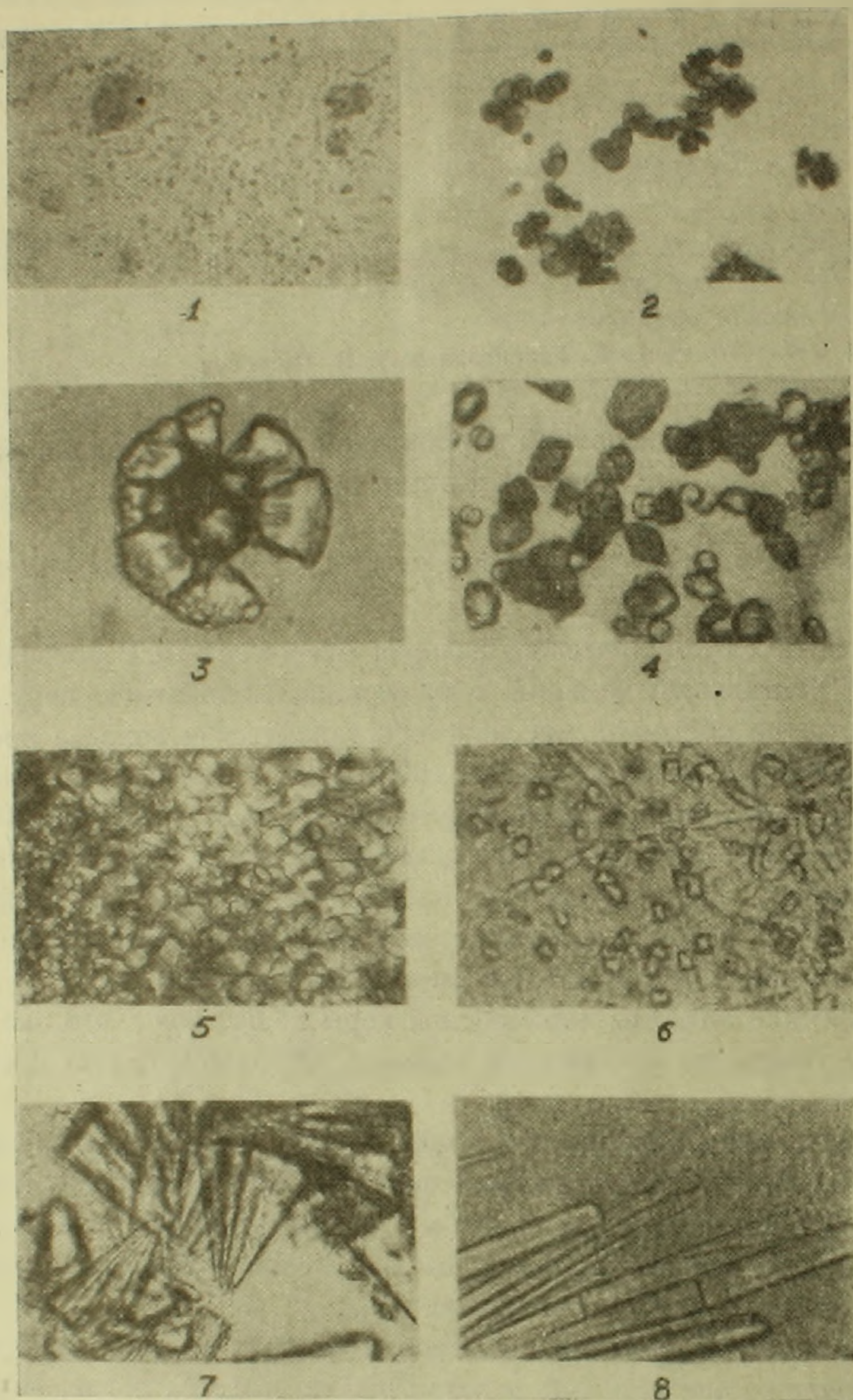
Химические анализы карбонатной коры показывают, что она состоит преимущественно из углекислого кальция. Остальную массу составляют $MgCO_3$, глинистые частицы и др.

В образовании карбонатной корки, наряду с химическими процессами участвуют также биологические процессы. По этому поводу акад. Вернадский ⁽²⁾ в свое время писал, что мы не знаем ни одной вадозной химической реакции, дающей значительные скопления карбонатов кальция, которая была бы независима от жизни.

Седиментация известняков в океанах и морях после отмирания организмов, содержащих кальций, в петрографии известна давно. Исследование участия микроорганизмов в процессе отложения карбонатов в водоемах начато в нашем столетии Надсоном ⁽³⁾, Дрю ⁽⁴⁾, Келлерманом и Смитом ⁽⁵⁾, Молишем ⁽⁶⁾, Исаченко ^(7, 8, 9), Ерзинкяном ⁽¹⁰⁾ и др.

В условиях Армянской ССР Калантарян и Петросян ⁽¹¹⁾ при изучении микробиологии севанских вод установили, что карбонатные скопления на дне оз. Севан образуются биологическим путем благодаря новому виду бактерий, который описан ими и назван *B. Sewanense*.

Если участие микроорганизмов в образовании карбонатов в водоемах изучено достаточно хорошо, то этого нельзя сказать в отношении образования карбонатных скоплений в континентальных условиях. Этому вопросу посвящены работы Красильникова ^(12, 13, 14), в которых эксперимен-



Фиг. 1.

1—скопления аморфных мелких зернышек CaCO_3 ($\times 600$);
 2—образование сферолитов ($\times 200$); 3—радиально растрескавшийся сферолит ($\times 600$); 4—одновременное происхождение всех стадий образования кальцита ($\times 200$); 5—скопления кристаллов ($\times 600$); 6—образование кальцита у плесневых грибов ($\times 600$); 7—образование магнезита у бактерий ($\times 600$); 8—образование магнезита у плесневых грибов ($\times 600$).

1, 2, 3, 4, 5 и 7 показывают образование карбонатов у бактериальных культур; 6 и 8—у плесневых грибов.

тальным путем доказывается биогенное происхождение карбонатной коры на различных горных породах в условиях Армянской ССР.

С целью более углубленного изучения карбонатной корки в разных условиях ее образования нами собрано множество образцов с поверхностного слоя горных пород различных районов Армянской ССР, начиная от Араратской равнины с высотой 900 м до 3200 м массива г. Арагац; а также из долин рек Веди, Агстев и с берегов оз. Севан. В образцах пород определялось общее количество микроорганизмов методом разведения на средах Молиш-агар и МПА + 1% CaCl_2 . Вследствие этих анализов удалось выделить около 300 штаммов различных групп микроорганизмов, отлагающих карбонаты в лабораторных условиях.

Результаты этих анализов показывают, что общее количество микроорганизмов на плотных вулканических породах, таких, как андезитодациты, андезитобазальты значительно больше, чем на туфах.

Их много также в самой карбонатной корке. Если на поверхности голых пород количество микроорганизмов не превышает сотни тысяч и миллиона, то в почве, развитой непосредственно на карбонатной коре, они насчитываются десятками миллионов. Количество микроорганизмов на поверхности породы во всех случаях больше, чем на глубине 1—5 см, и с возрастанием глубины количество их еще больше уменьшается. Подобная же закономерность наблюдается и в отношении кальцийосаждающих микроорганизмов.

По данным микробиологических анализов можно заключить, что среди встречающихся микроорганизмов значительное место занимает микроорганизмы, откладывающие карбонат кальция, причем их значительное количество обнаружено в образцах предгорьев, где интенсивно развита карбонатная кора. В процессах биологического карбонатоотложения участвуют бактерии (спороносные и неспороносные), микобактерии, актиномицеты, дрожжи и плесневые грибы. Длительность процесса образования карбонатов у различных штаммов разная; так у некоторых штаммов кальцит в виде сферолитов появляется в течение 20—24 часов после посева.

Следует отметить, что механизм образования карбонатов микроорганизмами еще не ясен. Пока нами выявлена только последовательность образования скоплений карбонатов, в которой можно отметить четыре стадии. В первой стадии под микроскопом наблюдаются большие скопления мелких аморфных зернышек. Во второй стадии в центре скоплений образуются сферолиты правильной геометрической формы, величиной, в большинстве случаев, 0,003—0,03 мм, а иногда и больше. Встречаются также кристаллики четырехугольной формы, величиной 0,005—0,01 мм. Сферолиты большей частью прозрачны и сильно преломляют свет. При раздавливании они распадаются с центра на части в радиальном направлении. У некоторых штаммов сферолиты не прозрачны, черного цвета, идеально круглой формы. Встречаются сферолиты с шероховатой поверхностью, радиально сложенные конкреции и др. Причем часто сферолиты довольно крепкие и при раздавливании с трудом разламываются. Бывают случаи,

когда два или три сферолита срастаются вместе. В третьей стадии наблюдаются скопления сферолитов и их конгломераты. В них можно отличить каждый сферолит. В этой стадии сферолиты еще нехорошо сцементированы и при раздавливании распадаются на отдельные сферолиты. Со временем происходит полная цементация сферолитов, которые постепенно сливаются, теряют первоначальную форму и переходят в четвертую стадию, в которой карбонат кальция выражен скоплениями кристаллов. В быстро растущих штаммах через 7—10 дней невооруженным глазом можно увидеть блестящие кристаллы кальцита на поверхности бактериальных культур. Встречаются штаммы, у которых образование кальцита происходит без вышеуказанной последовательности, прямо образуются бесформенные скопления кальцита, у некоторых штаммов все эти четыре стадии можно наблюдать в одном и том же препарате одновременно (см. микрофотоснимок).

При воздействии соляной кислоты как сферолиты, так и другие формы скоплений карбонатов сейчас же разлагаются, выделяя углекислый газ. В поляризационном микроскопе все формы образования карбонатов обнаруживают свойства кальцита.

Следует отметить, что нами было выявлено также и биогенное образование $MgCO_3$ из $MgCl_2$ на тех же вышеуказанных питательных средах. Выявлено, что некоторые штаммы кальцийсаккающих микроорганизмов (бактерии, актиномицеты, плесневые грибы) способны откладывать также $MgCO_3$. Можно предположить, что механизм образования кальцита и магнезита одинаков как в чистых микробных культурах, так и в природных условиях.

Изучение карбонатной коры показывает, что последняя больше развита в районах распространения более древних основных лав — базальтов, андезитобазальтов. На дацитах, трахитах, туфах и др. кислых породах карбонатная кора развита гораздо хуже. Таким образом химический состав пород имеет решающее значение для развития микроорганизмов, отлагающих карбонаты. Этим и объясняется отсутствие такой коры в тех районах республики, где развиты осадочные породы, и где нет соответствующих условий для развития микроорганизмов, отлагающих карбонаты.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что различные группы микроорганизмов (бактерии, микобактерии, актиномицеты, плесневые грибы и дрожжи) превращают легкорастворимые соединения кальция и магния ($CaCl_2$ и $MgCl_2$) в труднорастворимые карбонаты ($CaCO_3$ и $MgCO_3$).

2. Выяснены четыре стадии последовательности образования карбонатов: мелкие аморфные зернышки, сферолиты различной формы и величины, конгломераты и скопления кристаллов.

3. Процесс образования карбонатов у различных культур микроорганизмов протекает с различной интенсивностью. У некоторых штаммов через 20—24 часа после посева уже появляются сферолиты.

4. Химический состав породы имеет решающее значение для разви-

тия карбонатосаждающих микроорганизмов, которые намного больше на основных породах: базальтах, андезитобазальтах, чем на кислых породах, дацитах, трахитах, туфах.

5. Благодаря образованию труднорастворимых карбонатов процессы миграции карбонатов и бикарбонатов задерживаются. Они связываются с плотными горными породами и сохраняются веками в континентальных условиях.

Исследования продолжают по установлению систематической принадлежности выделенных микроорганизмов и по изучению механизма образования карбонатов.

Институт микробиологии Академии
наук Армянской ССР
Ереванский государственный университет

2. 4. ՔԱՐԲՈՆԱՏԱՆ ԵՎ Ա. Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Հայկական ՍՍՌ-ի կարբոնատային բարձրավանդակի կարբոնատային կեղևի բիոգեն ծագման մասին

Հայկական ՍՍՌ հրաբխային բարձրավանդակում, հատկապես նախալեռնային շրջաններում մեծ տարածում ունի կարբոնատային կեղևը, որի ծագման գործում բացի քիմիական պրոցեսներից մասնակցություն ունեն նաև կենսաբանական պրոցեսները:

Կալցիումի կարբոնատի առաջացումը ջրավազաններում միկրոօրգանիզմների կենսագործունեության հետևանքով ուսումնասիրված է ներկա դարի սկզբներից: Ցամաքային պայմաններում կարբոնատների կուտակման հարցը առաջին անգամ ուսումնասիրվել է Ն. Ա. Կրասիկովի կողմից Հայկական ՍՍՌ-ից վերցրած լեռնային ապառների վրա:

Ներկա աշխատության նպատակն է եղել էրսպիրիմենտալ ձևնապարհով ապացուցել միկրոօրգանիզմների մասնակցությունը կարբոնատային կեղևի առաջացման գործում: Այդ նպատակով Հայկական ՍՍՌ-ի տարբեր մասերից հավաքած լեռնային ապառների և կարբոնատային կեղևի նմուշները ենթարկվել են միկրոբիոլոգիական ուսումնասիրման: Այդ ուսումնասիրությունների հետևանքով մեկուսացվել են տարբեր խմբի միկրոօրգանիզմների մարուր կուլտուրաների մոտ 300 շտամ՝ բակտերիաներ (սպորափոր և ոչ սպորափոր), ճառագայթասնկեր, բորոսասնկեր, նույնիսկ՝ շաքարասնկեր: Հարորատուր հետազոտություններով պարզվել է՝

1. Վերը նշված միկրոօրգանիզմները կալցիումի և մագնեզիումի հեշտ լուծվող աղերը (CaCl_2 , MgCl_2) վերափոխում են դժվար լուծվող կարբոնատների (CaCO_3 , MgCO_3), ըստ որում CaCO_3 առաջացնող միկրոօրգանիզմները շատ ավելի շատ են, քան MgCO_3 առաջացնողները:

2. Պարզվել է, որ կարբոնատադոյացումը տեղի է ունենում շուրս տարբեր էտապներով՝ ամորֆ մանր հատիկներ, սֆերուլիտներ, սֆերուլիտների կոնգլոմերատներ և բյուրեղների կուտակումներ: Որոշ շտամներում բոլոր էտապները ընթանում են միաժամանակ (տես միկրոլուսանկարը):

3. Ապառի քիմիական կազմը, ըստ երևույթին, վճռական նշանակություն ունի կարբոնատ կուտակող միկրոօրգանիզմների համար: Վերջիններս ինտենսիվ են զարգանում հիմքային ապառների՝ բազալտների, անդեզիտաբազալտների վրա, քան թթու ապառների՝ գաքիտների, տրախիտների ու տուֆների վրա:

4. Ca -ի և Mg -ի հեշտ լուծվող աղերը վերափոխվելով վատ լուծվող կարբոնատների, նրանց կապում են մայր ապառների հետ, որով և վերահիշյալ միացությունների միգրացիան թուլանում է և կարբոնատները դարձնում մեռած են երկրի մակերևույթին:

Ուսումնասիրությունները շարունակվում են պարզելու մեկուսացված միկրոօրգանիզմների կարգաբանական պատկանելիությունը և կարբոնատների գոյացման մեխանիզմը:

- ¹ Б. Б. Полюнов, Тр. геологической ассоциации, в. 4, АН СССР, 1955.
- ² В. И. Вернадский, Очерки геохимии, Л., 1947. ³ Г. А. Надсон, Archiv Hydrol. 19, 154, 1928. ⁴ К. Дрю, Papers from the Fortudas Labor. of the Carnegie Inst. of Washington 5, 7, 1914. ⁵ К. Л. Келлерман, Н. Р. Смит, Washington Acad. Sciences vol. 14, p. 400—402 1914. ⁶ Н. Молиш, Zent. Blat für Bakt. II ab. B. 65, H. 5—13 Se. 130, 1925. ⁷ Б. Л. Исаченко, Избр. тр., том 11, М.—Л., 1951. ⁸ Б. Л. Исаченко, 1948—Микробиология, 17, вып. 2, 1948. ⁹ Б. Л. Исаченко, Избр. тр., т. 11, М.—Л., 1951. ¹⁰ Л. А. Ерзинкян, 1949—Микробиологический сборник АН АрмССР, вып. 4, 1949. ¹¹ П. Б. Калантарян и А. П. Петросян, Zent. Blat für Bakt. II ab. B. 65 H. 6—13 Se. 130, 1932. ¹² Н. А. Красильников, Микробиология, т. 18, вып. 4, 1943. ¹³ Н. А. Красильников, Микробиология, т. 18, вып. 4, 1949. ¹⁴ Н. А. Красильников, Микробиология, т. 18, вып. 2, 1949.

