

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

XLVI, № 3
1968

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Ա. Գ. ԱՅՐԻՅԱՆ, կենսաբանական գիտու-
թյունների բեկնածու, Ա. Թ. ԲԱՐԱՅԱՆ,
ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ա. Ա. ԹԱԼԱԼ-
ՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ.
ԹԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ,
Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ.
ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ
(պատ. Խմբագրի տեղակալ), Ս. Հ. ՄԻՐՉՈ-
ՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ս. Ս.
ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ.
ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ.
Խմբագիր), Օ. Մ. ՍԱՊՈՆԺՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ
թղթակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻԿԱՅԵԼՅԱՆ,
ՀՍՍՀ ԳԱ թղթակից-անդամ:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г.
АФРИКЯН, кандидат биологических
наук, А. Т. БАБАЯН, чл.-корресп. АН
АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, чл.-корресп.
АН АрмССР (зам. отв. редактора), С. А.
МИРЗОЯН, чл.-корресп. АН АрмССР,
С. С. МКРТЧЯН, академик АН АрмССР,
А. Г. НАЗАРОВ, академик АН АрмССР
(отв. редактор), О. М. САПОНДЖЯН,
чл.-корресп. АН АрмССР, А. А. ТАЛА-
ЛЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, В. М.
ТАРАЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, М. Л.
ТЕР-МИКАЕЛЯН, чл.-корресп. АН Арм
ССР.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

ՖԻԶԻԿԱ

Ռ. Մ. Հաբուրյունյան — Գերհաղորդիչ թաղանթի մասին հոսանքի առկայության
դեպքում 97

Գ. Մ. Ավագյանց, Ի. Ռ. Ալտման, Ց. Մ. Ալտման — Կրեմնիումային դիողների մեջ
բացասական դիմադրության բնույթի մասին 102

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ա. Ավետիսյանց, Ա. Լ. Անանյան, Վ. Ա. Իզումնով — Ջերմային հոսքը ըստ Քա-
ջարանի 480 հորատի 110

ՀԱՆՔԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Հ. Գ. Ղազարյան, Վ. Ի. Լույենկո, Ն. Գ. Ամիրբեկյան, Ա. Գ. Հակոբյան — Քաջարանի
հանքավայրի սուլֆիդային և խառը հանքաքարերի առաջնային հանքամանրույթների մասին 114

ՊԵՏՐՈԴՐԱՅԻԱ

Հ. Հ. Սարգսյան, Գ. Ս. Հաբուրյունյան — Հիսուլենիտների զենետիկական տիպերի մա-
սին (Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան մասի օրինակով) 120

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Մ. Մ. Սարկիսովա — Գիրերելիների և CCC ռեսուրդանտի ազդեցությունը խաղողի տար-
րեր սորտերի շնչառության վրա 127

Պ. Ա. Խուրշուդյան, Գ. Ս. Ավագյան — Հույսի ինտենսիվության ազդեցությունը երիտա-
սարդ ընկուզենու աճի վրա՝ անտառային պայմաններում 130

ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՍԻՍՏԵՄԱՏԻԿԱ

Ի. Ի. Թումաշանով — Veronica bogosensis sp. nova. ու նոր էնդեմ Դաղստանի վերին
սւլպիական աղնիվալ ֆլորայից 136

ԴԵՂԱԳՈՐԾՈՒԹՅՈՒՆ

Գ. Ա. Քամալյան — Արծաթի ֆեոֆիտինատը որպես հակամիկրոբային պրեպարատ 14

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- Р. М. Арутюнян* — О сверхпроводящем состоянии пленки с током 97
- Г. М. Авакьянц, И. Р. Альтман, Ц. М. Альтман* — К природе отрицательного сопротивления в кремниевых диодах 103

ГЕОЛОГИЯ

- А. А. Асстисянц, А. Л. Ананян, В. А. Игумнов* — Тепловой поток по скважине Каджаран-480 110

МИНЕРАЛОГИЯ

- А. Г. Казарян, В. И. Луценко, Э. Г. Амирбекян, А. Г. Акопян* — О первичных шламах сульфидных и смешанных руд Каджаранского месторождения 114

ПЕТРОГРАФИЯ

- Г. А. Саркисян, Г. С. Арутюнян* — О генетических типах лиственитизации 120

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- М. М. Саркисова* — Влияние гиббереллина и ретарданта ССС на дыхание у различных сортов винограда 127
- П. А. Хуршудян, Г. С. Авакян* — О природе влияния интенсивности освещения на рост молодых деревьев ореха грецкого, произрастающих в лесном фитоценозе 132

СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

- И. И. Тумаджанов* — *Veronica bogosensis* sp. nova m. — новый эндем верхнеальпийской аднивальской флоры Дагестана 136

ФАРМАКОЛОГИЯ

- Г. А. Камалян* — Об антибактериальном свойстве комплексной связи серебра с хлорофиллом 142

ФИЗИКА

УДК 537.312.62

Р. М. Арутюнян

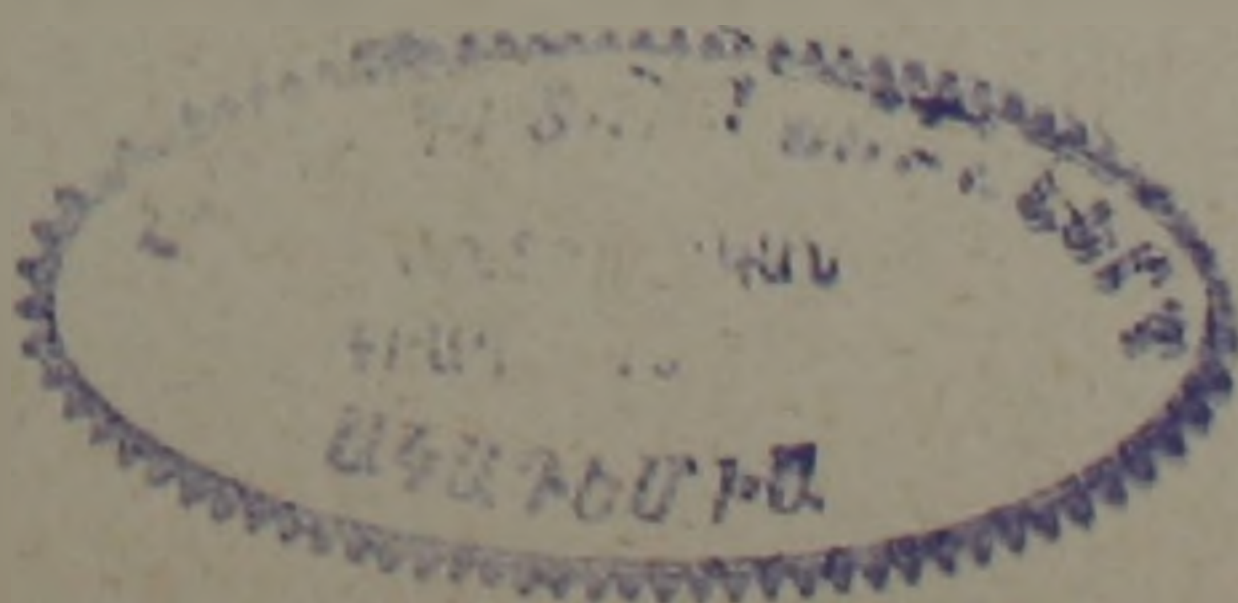
О сверхпроводящем состоянии пленки с током

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Г. С. Саакяном 2/XII 1967)

В работе Гинзбурга и Ландау ⁽¹⁾ было показано, что в случае тонких сверхпроводящих пленок в присутствии тока решение для волновой функции ψ (ψ — величина, пропорциональная щели) может существовать до значения плотности тока $j_{\text{окр}} = \frac{2}{3\sqrt{3}}$; (здесь и ниже все величины даны в приведенных единицах ⁽¹⁾). Но при $j_0 = j_{\text{окр}}$ свободная энергия в сверхпроводящем состоянии F_s меньше свободной энергии в нормальном состоянии F_{n_0} ⁽²⁾. Поэтому интересно поведение волновой функции ψ при значениях плотности тока $j_0 > j_{\text{окр}}$. В работах ^(1, 3) учитывается координатная зависимость ψ только по толщине пленки, что при $x \ll 1$ (где x — параметр, входящий в теорию) приводит к значению $\psi = \text{const}$. Естественно рассмотреть координатную зависимость ψ и по направлению тока. На аналогичную ситуацию указал Блох ⁽⁴⁾ при изучении вопроса о сверхпроводящем состоянии тонкого цилиндрического кольца с током. Наша задача — в рамках феноменологической теории Гинзбурга—Ландау изучить этот вопрос для пленки с током, при толщине пленки $2d < \delta_0$ (δ_0 — лондоновская глубина проникновения). Для равномерного распределения тока с плотностью $j = j_0$, свободная энергия Φ_s сверхпроводника имеет вид ⁽⁵⁾:

$$\Phi_s = \int F_{n_0} dV + \frac{H_{\text{км}}^2}{4\pi} \int \left\{ -\vec{H}^2 - \psi\psi^* + \frac{1}{2} \psi^2 \psi^{*2} - \frac{j_0^2}{\psi\psi^*} + \frac{1}{x^2} \vec{\nabla}\psi \vec{\nabla}\psi^* + \right. \\ \left. + \frac{1}{4x^2} \frac{(\psi^* \vec{\nabla}\psi - \psi \vec{\nabla}\psi^*)^2}{\psi\psi^*} - \frac{i}{x} j_0 \frac{(\psi^* \vec{\nabla}\psi - \psi \vec{\nabla}\psi^*)}{\psi\psi^*} \right\} dV, \quad (1)$$

где F_{n_0} — свободная энергия в нормальном состоянии, H — магнитное поле, обусловленное током, а $H_{\text{км}}$ — критическое магнитное поле для массивного образца. Варьируя Φ_s (1) по ψ^* , получается уравнение ⁽⁵⁾:



$$-\psi + \psi^2 \psi^* + \frac{j_0^2}{\psi \psi^{*2}} - \frac{1}{2x^2} \frac{\psi^* \nabla^2 \psi + \psi \nabla^2 \psi^*}{\psi^*} + \frac{1}{4x^2} \frac{(\psi^* \nabla \psi - \psi \nabla \psi^*)^2}{\psi \psi^{*2}} = 0. \quad (2)$$

Подставляя функцию $\psi(r) = f(r) \exp[i\varphi(r)]$ в (2), приходим к следующему уравнению:

$$-f(r) + f^3(r) + \frac{j_0^2}{f^3(r)} = \frac{1}{x^2} \nabla^2 f(r). \quad (3)$$

Так как мы рассматриваем задачу в направлении тока (по координатной оси ox), то тем самым пренебрегаем изменением величин ψ , j и вектор потенциала $\vec{A}$ по толщине пленки. При значениях $x \ll 1$ и $2d \ll \lambda_0$ такое приближение вполне допустимо. Действительно, пользуясь решением для $\vec{A}^{(1)}$

$$A = \frac{H_1 \operatorname{ch} \psi z}{\psi \operatorname{sh} \psi d}$$

(справедливого при $\psi = \text{const}$) находим, что $\frac{\partial A_x}{\partial x}$ пропорционально $\frac{x}{d}$, а

уравнения для $\vec{A}^{(1)}$ удовлетворяются с точностью членов, пропорциональных $\frac{x}{d}$ и $\frac{x^2}{d}$ (впоследствии увидим, что для полученных нами

решений $\psi(x)$ действительно $\frac{\partial \psi}{\partial x}$ и $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}$ пропорциональны x , x^2).

Очевидно, что при нашей постановке задачи следует учесть и наличие фазы $\varphi(x)$ в волновой функции $\psi(x)$. После однократного интегрирования уравнения (3) получим:

$$\left(\frac{df}{dx}\right)^2 = x^2 \left\{ -f^2 + \frac{1}{2} f^4 - \frac{H_1^2}{d^2 f^2} + C^2 \right\}, \quad (4)$$

где C^2 — постоянная интегрирования, а $\frac{H_1}{d} = j_0$.

Все возможные значения выражения

$$-f^2(x) + \frac{1}{2} f^4(x) - \frac{H_1^2}{d^2 f^2(x)}$$

при данном $\frac{H_1}{d}$ лежат на кривых рис. 1 (6).

Ввиду того, что левая часть (4) положительная, то C^2 запишем в виде:

$$C^2 = f_0^2 - \frac{1}{2} f_0^4 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2}, \quad (5)$$

где f_0 — минимальное значение $f(x)$. Делая подстановку $u^2(x) = f^2(x) - f_0^2$ из (4), (5), приходим к уравнению:

$$\frac{du}{\left\{ u^4 + (3f_0^2 - 2)u^2 + 2\left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} \right) \right\}^{1/2}} = \pm \frac{x}{V^2} dx. \quad (6)$$

Характер решения $f(x)$ (3) существенно зависит от значения дискриминанта биквадратного уравнения:

$$u^4 + (3f_0^2 - 2)u^2 + 2\left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} \right) = 0, \quad (6a)$$

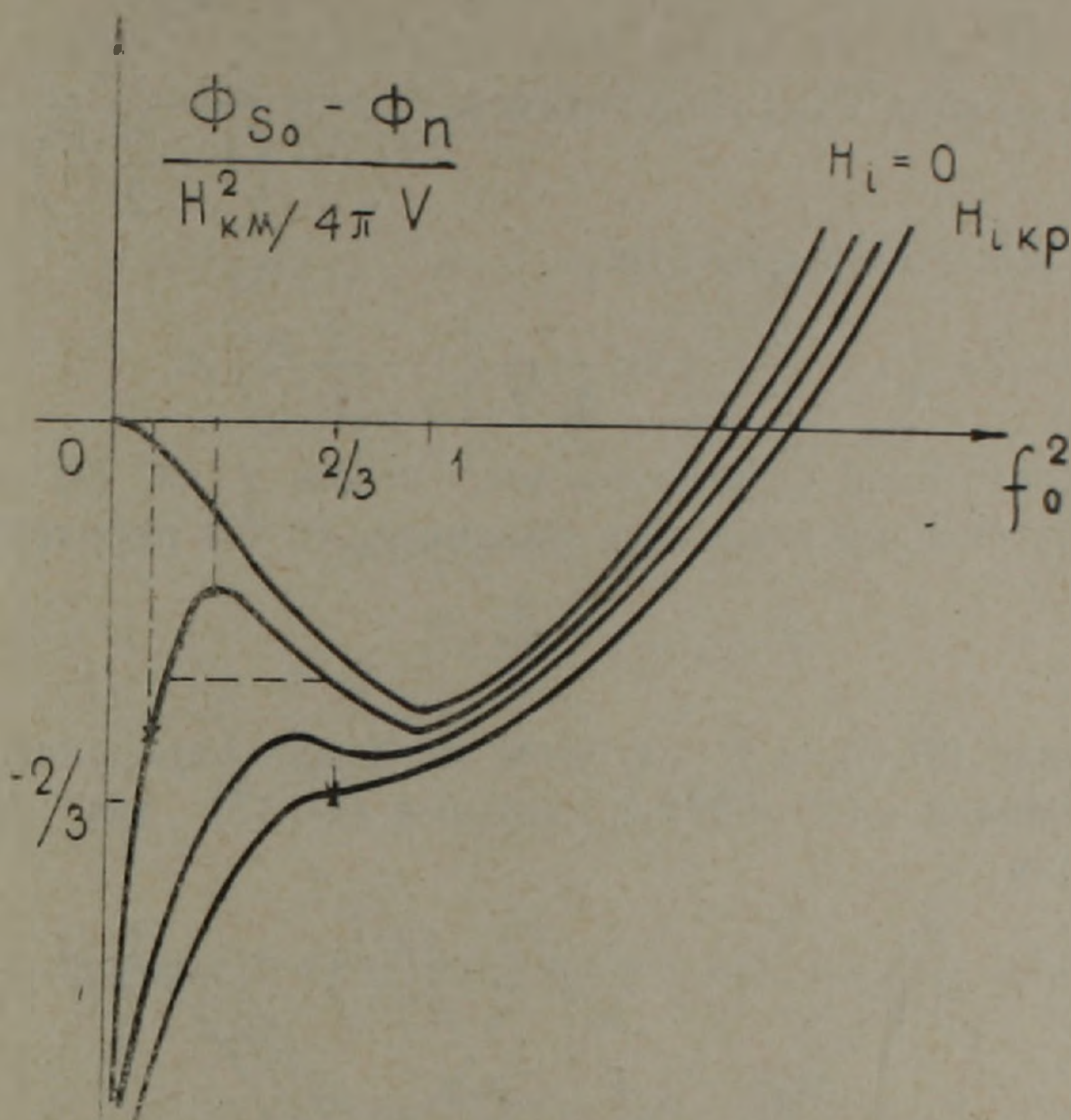


Рис. 1.

Все гладкие решения $f(x)$ получаются при положительном значении дискриминанта. В этом случае решение (4) выражается через эллиптические функции:

$$f^2(x) = a(f_0) \operatorname{Sn}^2\left(b^{1/2} \frac{x}{V^2} + C_1\right) + f_0^2,$$

$$a = -\frac{3f_0^2 - 2}{2} - \sqrt{\left(\frac{3f_0^2 - 2}{2}\right)^2 - 2\left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2}\right)} > 0, \quad (7)$$

$$b = -\frac{3f_0^2 - 2}{2} + \sqrt{\left(\frac{3f_0^2 - 2}{2}\right)^2 - 2\left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2}\right)} > 0, \quad (7a)$$

Sn — эллиптический синус Якоби, а постоянная C_1 определяется выбором точки $x = 0$.

Модуль $a(f_0)$ и параметр f_0 меняются (7) в пределах, показанных пунктиром на рис. 1. При данном $\frac{H_1}{d}$, $a(f_0)$ изменяется от нуля при

$$f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} = 0 \quad (8)$$

$$\text{до } 1 - \frac{3}{2} f_0^2 \text{ при } \left(\frac{3f_0^2 - 2}{2} \right)^2 - 2 \left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} \right) = 0.$$

Соответственно период $f(x)$ (7) увеличивается от $\frac{\pi}{\left(1 - \frac{3}{2} f_0^2\right)^{1/2}}$ до ∞

и решение (8) при этом переходит в

$$f^2(x) = f_0^2 + \left(1 - \frac{3}{2} f_0^2\right) \text{th}^2 \frac{x}{\sqrt{2}} \left(1 - \frac{3}{2} f_0^2\right) x, \quad (9)$$

где приняли $C_1 = 0$. Если C_1 выбрать так, чтобы $f(x)$ (9) в точке $x = 0$ принимала свое максимальное значение, то (9) переходит в

$$f^2(x) = 1 - \frac{1}{2} f_0^2. \quad (10)$$

(10) есть решение (8) ⁽¹⁾, а f_0 при этом нетрудно определить из (8) и рис. 1. Подставляя $\psi(x)$ в (1) и учитывая (4), (5) для свободной энергии, находим:

$$\begin{aligned} \frac{\Phi_s - \Phi_n}{H_{км}^2/4\pi} = \int \left\{ 2 \left(-f^2 + \frac{1}{2} f^4 - \frac{H_1^2}{d^2 f^2} \right) + f_0^2 - \frac{1}{2} f_0^4 + \right. \\ \left. + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} + \frac{2}{x} j_0 \frac{d\varphi}{dx} \right\} dV, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\Phi_n = \int \left(F_n + \frac{1}{c} \vec{j}_0 \vec{A} \right) dV$ ⁽⁵⁾. Из (4) следует, что при $x = 0$,

$f = \text{const}$. В лондоновском приближении $\vec{E} = -\frac{\partial \vec{j}_s}{\partial t}$ ⁽⁶⁾ и ввиду того, что

член, связанный с фазой в (11) отсутствует, получаем:

$$\frac{\Phi_{s_0} - \Phi_n}{\frac{H_{км}^2}{4\pi} \cdot V} = -f_0^2 + \frac{1}{2} f_0^4 - \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2}. \quad (11a)$$

Интегрируя (11) по x , без учета члена с фазой, для Φ_s получаем кривую, соединяющую точки максимума и минимума на рис. 1 ⁽⁶⁾. Учет члена с фазой не влияет на экстремальные значения $f(x)$ (являющиеся решениями (8) ⁽¹⁾), но в этом случае кривые свободной энергии оказываются сдвинутыми. Это показано сплошными линиями на рис. 2, где по оси абсцисс отложены максимальные значения (7).

С увеличением j_0 , $a(f_0)$ в (7) уменьшается и при $j_0 = j_{\text{окр}}$ стремится к нулю. Соответственно экстремальные значения $f(x)$ приближаясь, сливаются при значении $f_{\text{окр}}^2 = \frac{2}{3}$ (1) (рис. 2). Итак, все гладкие решения (4) возможны при $j_0 \leq j_{\text{окр}}$. Поэтому для полноты картины необходимо рассмотреть и все негладкие решения (4). В этом случае дискриминант (6a) отрицателен и из (6) находим:

$$\frac{2q^{1/2} dt}{\left\{ \left(\frac{2q + pq^{1/2}}{2q - pq^{1/2}} t^2 + 1 \right) \left(\frac{2q - pq^{1/2}}{2q + pq^{1/2}} t^2 + 1 \right) \right\}^{1/2}} = \pm \frac{x}{V\sqrt{2}} (4q^2 - p^2 q) dx, \quad (12)$$

где

$$(f^2(x) - f_0^2)^{1/2} = q^{1/2} \frac{t(x) - 1}{t(x) + 1},$$

$$q = \left\{ 2 \left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} \right) \right\}^{1/2},$$

$$p = (2q + 2 - 3f_0^2)^{1/2}. \quad (13)$$

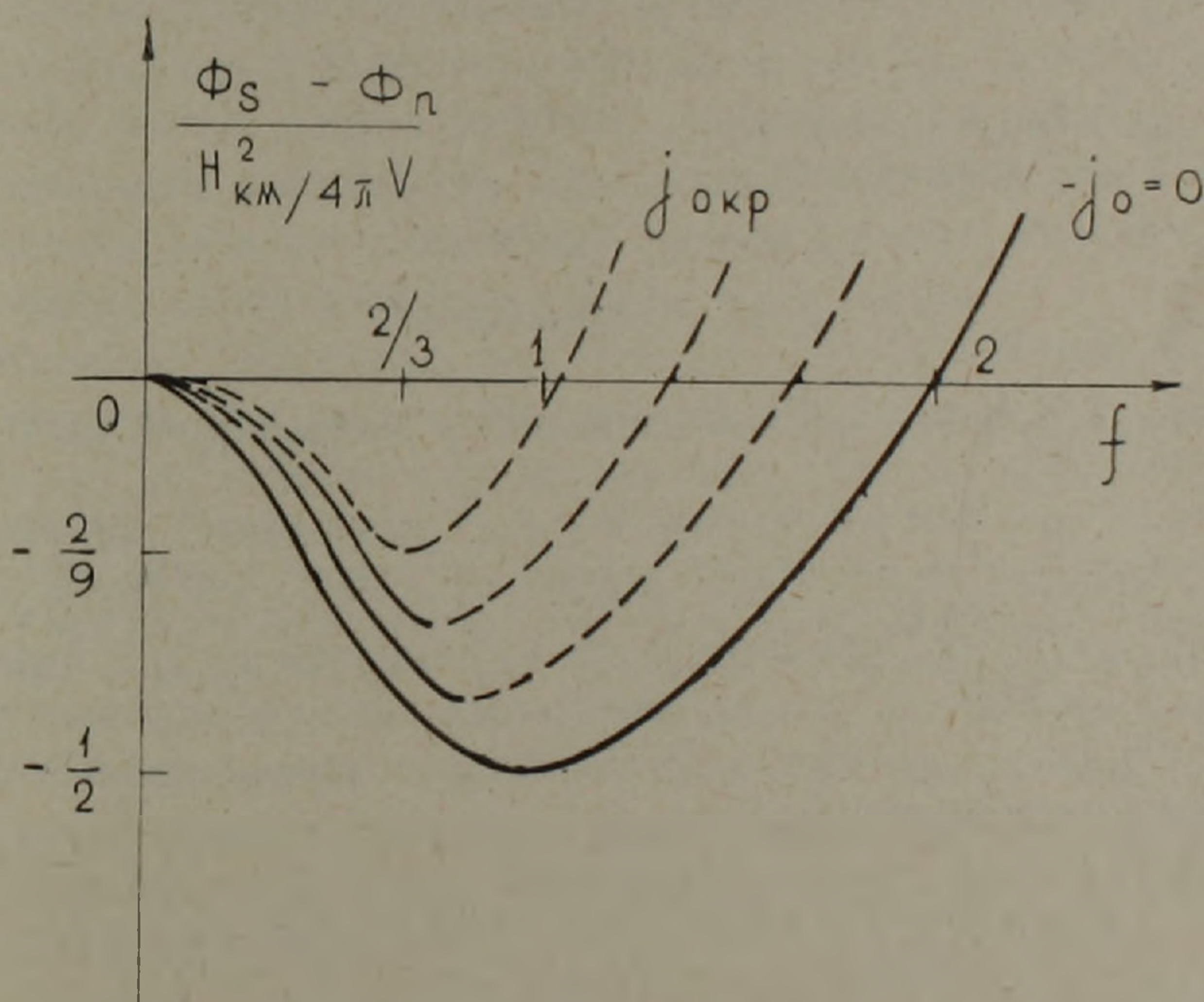


Рис. 2.

Окончательное решение уравнения (4) в зависимости от параметра f_0 запишется в виде:

$$f^2(x) = f_0^2 + \left\{ 2 \left(f_0^4 - f_0^2 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} \right) \right\}^{1/2} \left(\frac{Z(x) - K \sqrt{1 - Z^2(x)}}{Z(x) + K \sqrt{1 - Z^2(x)}} \right)^2,$$

$$K^2 = \frac{2q^{1/2} + p}{2q^{1/2} - p} > 0, \quad Z(x) = \text{Sn} \left(\frac{x}{2\sqrt{2}} (2q^{1/2} + p) x + C_1 \right). \quad (14)$$

Здесь $f(x)$ периодическая функция, расходящаяся на концах каждого периода. Это обстоятельство указывает на то, что в пленке обра-

зуются области, не находящиеся в сверхпроводящем состоянии, в которых уравнения Гинзбурга—Ландау ⁽¹⁾ неприменимы. Воспользуясь выражением тока ⁽¹⁾ для свободной энергии из (11) получим:

$$\frac{\Phi_s - \Phi_n}{H_{к.м}^2/4\pi} = \int \left\{ 2 \left(-f^2(x) + \frac{1}{2} f^4(x) \right) + f_0^2 - \frac{1}{2} f_0^4 + \frac{H_1^2}{d^2 f_0^2} \right\} dV. \quad (15)$$

Из рис. 1 нетрудно заметить, что при данном значении параметра f_0 , Φ_s (15) минимально при максимальном значении $f(x)$ (14), равном единице. В этом случае при $j_0 > j_{окр}$ в пленке, по направлению тока образуется периодическая картина, при которой $f(x)$ (14) меняется от минимального значения f_0 до максимального, равного единице. В точках максимумов этой картины $\frac{df}{dx}$ скачком меняет знак, что указывает на необходимость микроскопического рассмотрения. Хотя и при $f_0^2 = 2/3$ и $j_0 = j_{окр}$ (14) переходит в $f^2(x) = f_{окр}^2 = \frac{2}{3}$, однако, возможно, что решение вышеуказанного типа (14) даже при $j_0 < j_{окр}$ окажется более выгодным, нежели гладкие решения (10) уравнения (8) ⁽¹⁾.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Ռ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

Գերհաղորդիչ թաղանթի մասին հոսանքի առկայության դեպքում

Գերհաղորդ-լանդաուի ֆենոմենոլոգիական տեսության շրջանակներում դիտարկվում է գերհաղորդիչ թաղանթի հոսանքի առկայության դեպքում: Դիտարկվում է ավելի ընդհանուր դեպքերը գերհաղորդիչի ալիքային ֆունկցիան փոփոխվում է նաև հոսանքի առկայությամբ: Ստացված են լուծումներ էլիպտիկ ֆունկցիաների օգնությամբ: Ցույց է տրված, որ ազատ էներգիայի որոշակի տիրույթում ալիքային հաճախարումն ունի միայն խզվող աճանցյալով լուծումներ: Այդ տիպի առկայությունը հետևանք է այն բանի, որ որոշակի հոսանքի դեպքում գերհաղորդիչ թաղանթի մեջ առաջանում է պարբերական ստրուկտուրա:

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

- ¹ В. Л. Гинзбург, Л. Д. Ландау, ЖЭТФ, 20, 1064 (1950). ² J. Bardeen, Reviews of Modern Physics, 34, 667 (1962). ³ В. Л. Гинзбург, ДАН СССР, 118, 464 (1958). ⁴ F. Bloch, Phys. Rev., 137, N3A, 1965. ⁵ Р. М. Арутюнян, ДАН АрмССР, т. 46, № 2 (1968). ⁶ Р. М. Арутюнян, „Известия АН АрмССР“, XVIII, № 6 (1965). ⁷ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Электродинамика сплошных сред, § 30, М., Гостехиздат, 1957.

ФИЗИКА

УДК 621.382.2

Член-корреспондент АН Армянской ССР Г. М. Авакьянц, И. Р. Альтман, Ц. Р. Альтман

К природе отрицательного сопротивления в кремниевых диодах

(Представлено 12/XII 1966)

В работе ⁽¹⁾ отмечено, что вольтамперная характеристика кремниевых диодов не описывается существующей теорией Ламперта ⁽²⁾. Это относится в основном к области „вертикали“ — области вольтамперной характеристики, в которой напряжение не зависит от величины протекающего через диод тока. Механизм прохождения тока на этом участке характеристики обсуждался в работе Г. М. Авакьянца ⁽³⁾. Было отмечено, что предлагаемый в работе ⁽³⁾ механизм формирования S-образной характеристики за счет увеличения времени жизни неосновных носителей не имеет места в случае кремниевых диодов.

Необходимо отметить, что расчет вольтамперной характеристики, проведенный в работе ⁽³⁾, основан на равномерном токораспределении в любом участке характеристики, что, по-видимому, не имеет места в случае кремниевых диодов ⁽⁴⁾.

Нами в работе экспериментально исследуется вопрос об изменении времени жизни неосновных носителей при переходе к участку „вертикали“ и проводится статистическое исследование зависимостей порогового напряжения „пробоя“ $V_{\text{порог}}$ ($V_{\text{порог}}$ — напряжение, соответствующее точке срыва на участок отрицательного сопротивления „О.С.“) и напряжения, соответствующего „вертикали“, от параметров материала базы — d , N_{Au} , $(N_{\text{Au}} - N_g)$,

где d — ширина базы диода;

N_{Au} — концентрация глубокой примеси;

$N_{\text{Au}} - N_g$ — концентрация заполненных дырками в условиях термического равновесия глубоких центров.

Согласно ⁽³⁾ V_{min} — напряжение, соответствующее вертикальному участку характеристики, равно

$$V_{\text{min}} = \frac{d^2}{2\mu_p\tau_p},$$

где τ_p — малосигнальное время жизни неосновных носителей, а $V_{\text{пороговое}} \sim d^2 (N_{\text{Au}} - N_g)^{1/2}$ в случае, когда за механизм появления

участка О.С. ответственен объемный заряд в базе диода и $V_{\text{порог}} \sim d^2 (N_{\text{Au}} - N_g)$ при условии, что определяющую роль играют центры прилипания. Незаполненные электронами в условиях термического равновесия глубокие центры также играют роль центров прилипания. Предсказываемые зависимости в работе (3) сопоставляются с данными эксперимента.

Для исследования было изготовлено 50 диодов. Диоды изготавливались из компенсированного золотом кремния p -типа. Исходный кремний марки КЭФ имел концентрацию мелких доноров $N_g = 2,5 \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Диод изготавливался методом сплавления. P^+ область создавалась вплавлением Al, тыловой контакт из сплава Au с 0,1% сурьмы. Анализ вольтамперных характеристик полученных диодов показал, что все они обладали плавными характеристиками (5). $V_{\text{порог}}$ варьировало от единиц до 50 вольт, V_{min} — от единиц до 15 вольт.

До участка срыва на О.С. большинство диодов имели характеристику $j \sim V^n$, где n менялось от 1 до 4. На рис. 1 показана зависимость $\lg j$ от $\lg V$, из которой видно какого типа закономерности имели место.

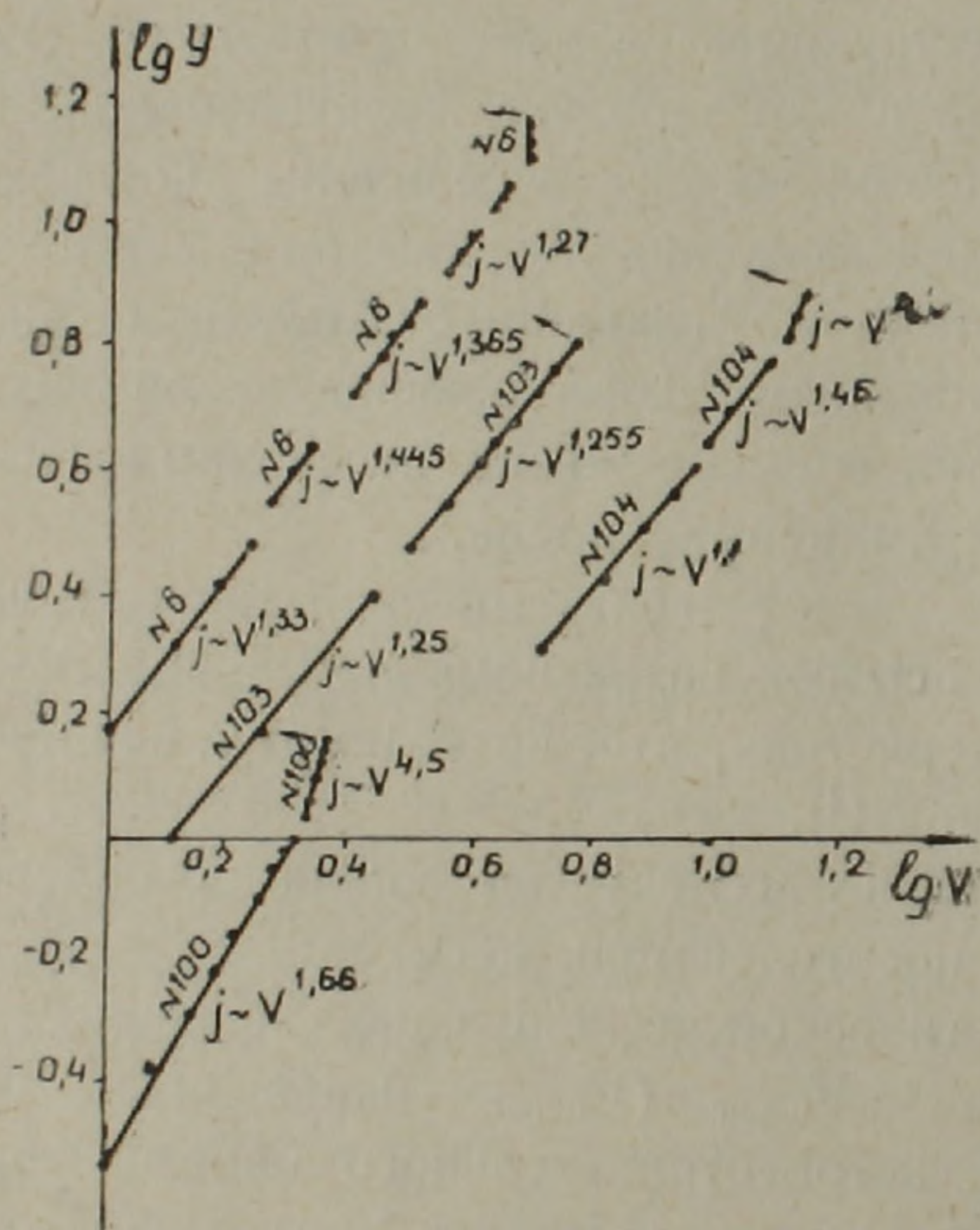


Рис. 1. Вольтамперные характеристики диодов.

Измерение вольтамперных характеристик производилось по точкам на постоянном токе. Для диодов с большим $V_{\text{порог}}$ (более 20 в) значения V_{min} и $V_{\text{порог}}$ определялись осциллографически. Это было сделано для того, чтобы исключить возможный разогрев диода. Поскольку по условиям компенсации $\rho_{\text{комп}} \gg \rho_{\text{исх}}$, то можно ожидать выполнения следующего неравенства

$$(N_{\text{Au}} - N_g) \ll N_{\text{Au}}, N_g. \quad (1)$$

В том, что (1) выполнено, мы убеждались расчетами положения уровня Ферми, исходя

из значения омности материала после компенсации ($\rho_{\text{комп}} \geq 10^4 \text{ ом см.}$) и энергетического положения акцепторного уровня Au (0,54 эв).

Концентрацию активных атомов золота в решетке кремния можно было находить, зная уровень Ферми, но поскольку технологически нам не удалось получить равномерно легированный золотом кремний, то оценки эти были бы очень ориентировочны. Для определения

концентрации ($N_{Au} - N_g$) непосредственно в диодах мы пользовались измерениями времени жизни основных носителей. Поскольку

$$\tau_n = \frac{1}{\sigma_n v_n} \frac{1}{(N_{Au} - N_g)}, \quad (2)$$

то измеряя τ_n , можно вычислить ($N_{Au} - N_g$). Измерения были проведены нами при достаточно малых прямых токах диода на участке характеристики до срыва на О.С. Малые токи необходимы для того, чтобы избежать значительной декомпенсации—опустошения глубоких центров от электронов под действием инжектированных в базу дырок. Непосредственное измерение ширины базы производилось на диодных шлифах с точностью $\pm 5 \text{ мк}$. Выбранные для измерения шлифы имели плоский фронт сплавления и отчетливые границы кремния с металлом. Данные о подвижности в компенсированном золотом кремнии были взяты нами из работы (6), поскольку большой разброс по удельному сопротивлению в компенсированном кремнии затруднял интерпретацию данных ЭДС Холла. В работе (6) приводятся такие данные:

$$\mu_p = 300 \frac{\text{см}^2}{\text{в сек}} \quad \text{и} \quad \mu_n = 1200 \frac{\text{см}^2}{\text{в сек}}.$$

Непосредственная оценка малосигнального времени жизни неосновных носителей для избранного материала ($N_g = 2,5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$) может быть произведена согласно (1). Действительно, τ_p определяется выражением:

$$\tau_p = \frac{1}{\sigma_p v_p N_{Au-}}, \quad (3)$$

где N_{Au-} — концентрация отрицательно заряженных центров золота.

Исходя из (1), $N_{Au-} = N_g$. Поэтому (3) переписывается в виде:

$$\tau_p = \frac{1}{\sigma_p v_p N_g}. \quad (3')$$

Согласно данным работы (7) сечение захвата дырок в п-типе кремния с золотом равно 10^{-15} см^2 , а $\sigma_n = 5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$.

Пользуясь этими данными, можно оценить значения величины τ_p . Расчет дает для τ_p значение $\sim 50 \text{ нсек}$. Для контроля этих расчетов нами были произведены экспериментальные оценки величины τ_p . Расчет τ_p был проведен по данным измерений релаксации объемного заряда дырок, накопленных в базе диода при токе $\sim 20 \text{ ма}$. При длительности токового импульса 100 нсек диод не переходил на вертикальный участок характеристики, в чем мы убеждались, увеличивая длительность импульса и прослеживая момент срыва.

Эти измерения дали для τ_p значения $\sim 47 \text{ нсек}$ в исследуемых диодах. Для того, чтобы решить принципиальный вопрос об изменении времени жизни неосновных носителей при переходе к „вертикали“, нами исследовалась зависимость τ_p от прямого тока на вертикаль-

ном участке вольтамперной характеристики. Как отмечено в (4), на этом участке характеристики наблюдается расширяющийся токовый канал. Поэтому, во-первых, можно ожидать значительной декомпенсации в области протекания тока, а во-вторых, нельзя применять методику измерения, основанную на наблюдении послепе- жекционных процессов в базе диода. Это связано с тем, что при токовом канале база диода расслаивается на участки с разными τ_p за счет неравномерного по сечению распределения инжектируемых дырок.

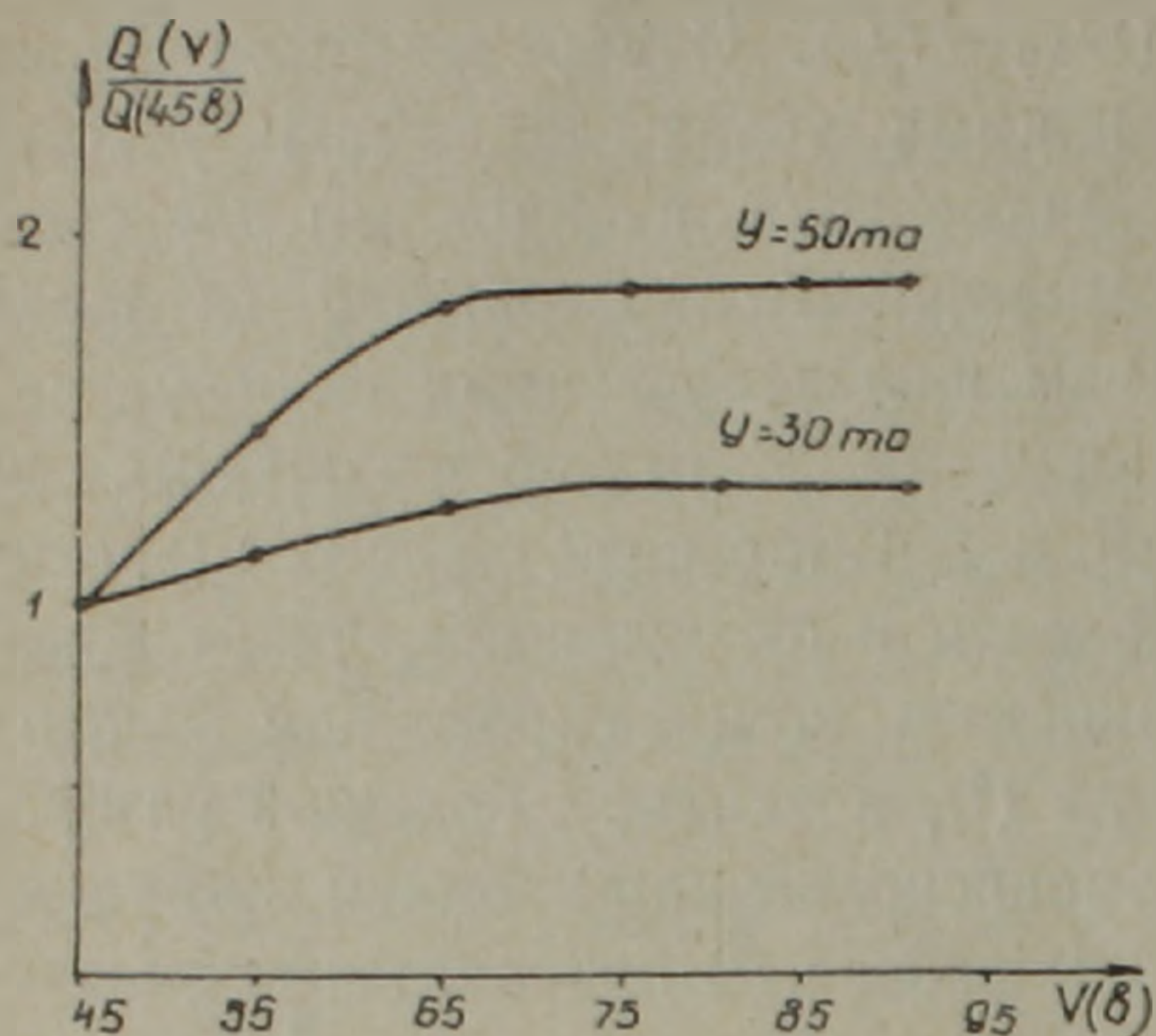


Рис. 2. Зависимость накопленного заряда от амплитуды обратного напряжения.

ка I , относящегося к участку „вертикали“.

Перед измерениями была экспериментально исследована зависимость $Q_p(V)$, где V — амплитуда импульса обратного напряжения, используемого для экстракции накопленного заряда. На рис. 2 представлена такая зависимость для двух токов:

$I = 30 \text{ mA}$. $I = 50 \text{ mA}$. Графики построены в относительных единицах $\frac{Q(V)}{Q(45 \text{ в})}$. За единицу принят заряд, соответствующий обратному напряжению 45 в. При экстракции было выполнено условие

$$\tau_{\text{экстр}} < \tau_p,$$

где $\tau_{\text{экстр}}$ — время, за которое экстрагировался практически весь заряд (95%).

В наших экспериментах $\tau_{\text{экстр}} = 10 \div 12 \text{ нсек}$, так что можно было пренебречь потерями в базе на рекомбинацию за время рассасывания накопленного заряда.

Из рис. 2 ясно видно, что начиная примерно с 65 в амплитуды обратного напряжения, величина экстрагируемого заряда переставала зависеть от $V_{\text{обр}}$. Для измерений зависимости τ_p от прямого тока было выбрано значение $V_{\text{обр}} = 80 \text{ в}$. Результаты измерений для одного из исследуемых диодов представлены на рис. 3. Аналогичные результаты были получены на трех исследуемых диодах. Из наклона прямой, отражающей зависимость $Q_p(I)$ можно было найти значение τ_p , которое оказалось равным $60 \div 65 \text{ нсек}$.

Исходя из найденных экспериментально значений d , $(N_{\text{Au}} - N_g)$, τ_p , $V_{\text{порог}}$ и $V_{\text{мин}}$, были проведены статистические сопоставления

экспериментальных результатов с выводами теории (³). Такого типа исследования имели и самостоятельный интерес, поскольку неоднородности материала базы, неучитываемые теорией, могли бы значительно изменить количественное соотношение и вообще поставить под сомнение количественный подход в решении проблемы. В связи с этим была построена теоретическая зависимость $V_{\min}$ от d^2 по известным значениям τ_p , μ_p и $V_{\min}$ (рис. 4). На этом же рисунке дана зависимость $V_{\min}$ от d^2 , построенная по экспериментально найденным значениям d на 32-х диодных шлифах. Из рис. 4 ясно, что наклон теоретической и экспериментальной зависимостей сильно разнится. Это соответствует тому положению, что измеренные значения d — почти на всех диодах были вдвое меньше, чем теоретические. По известным $d = (N_{Au} - N_g)$, $V_{\text{порог}}$ были рассчитаны отношения вида:

$$\frac{V_{\text{порог}}}{d^n (N_{Au} - N_g)^m} \quad (1 \leq n \leq 5; 0 \leq m \leq 1)$$

для всех 50 диодов. Для каждого отношения (n и m фиксированы) по этим данным подсчитывалось число диодов, для которых разброс в отношении составлял $200 \div 250\%$. Эти данные представлены в

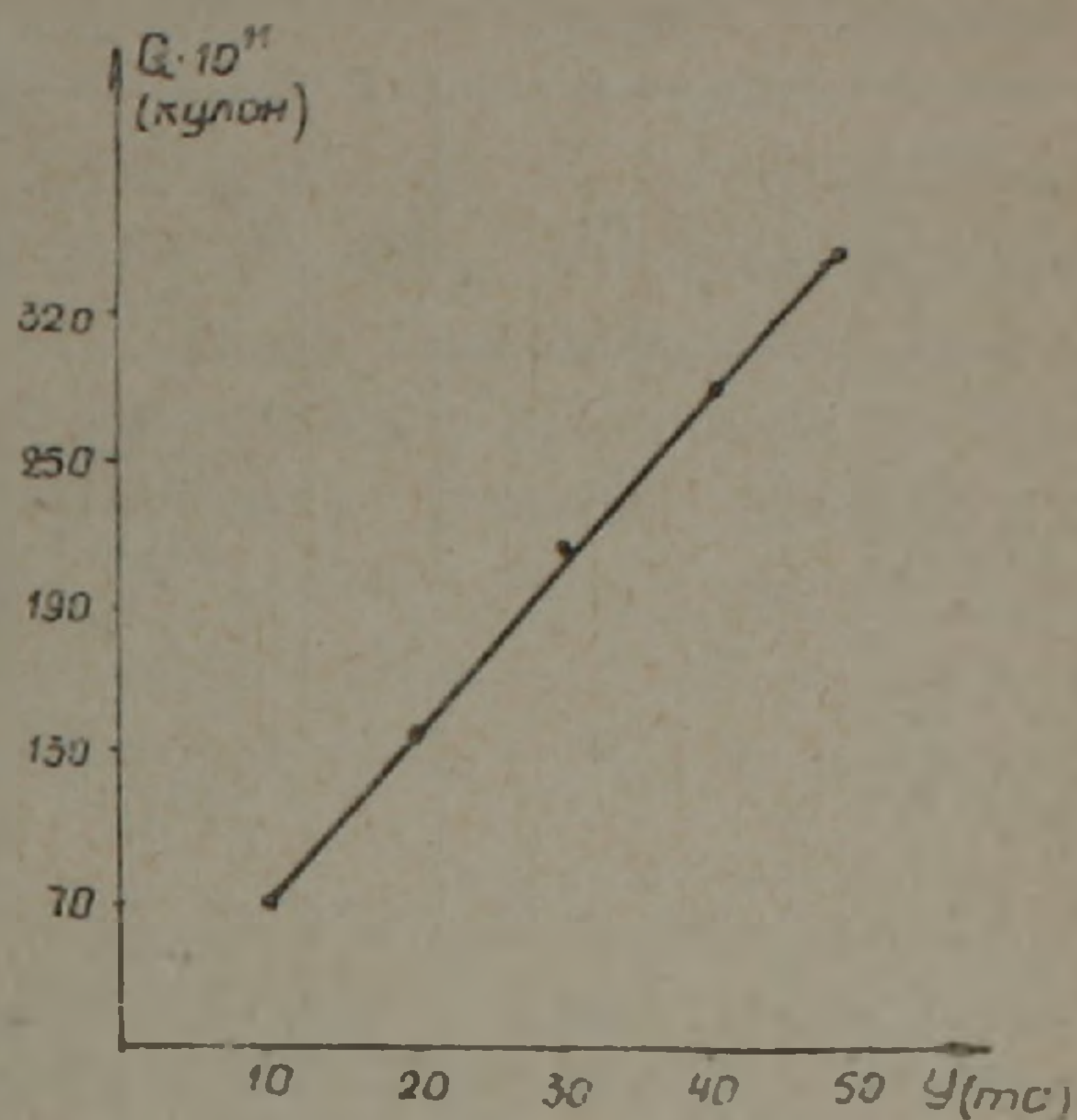


Рис. 3. Зависимость величины накопленного заряда от величины тока.

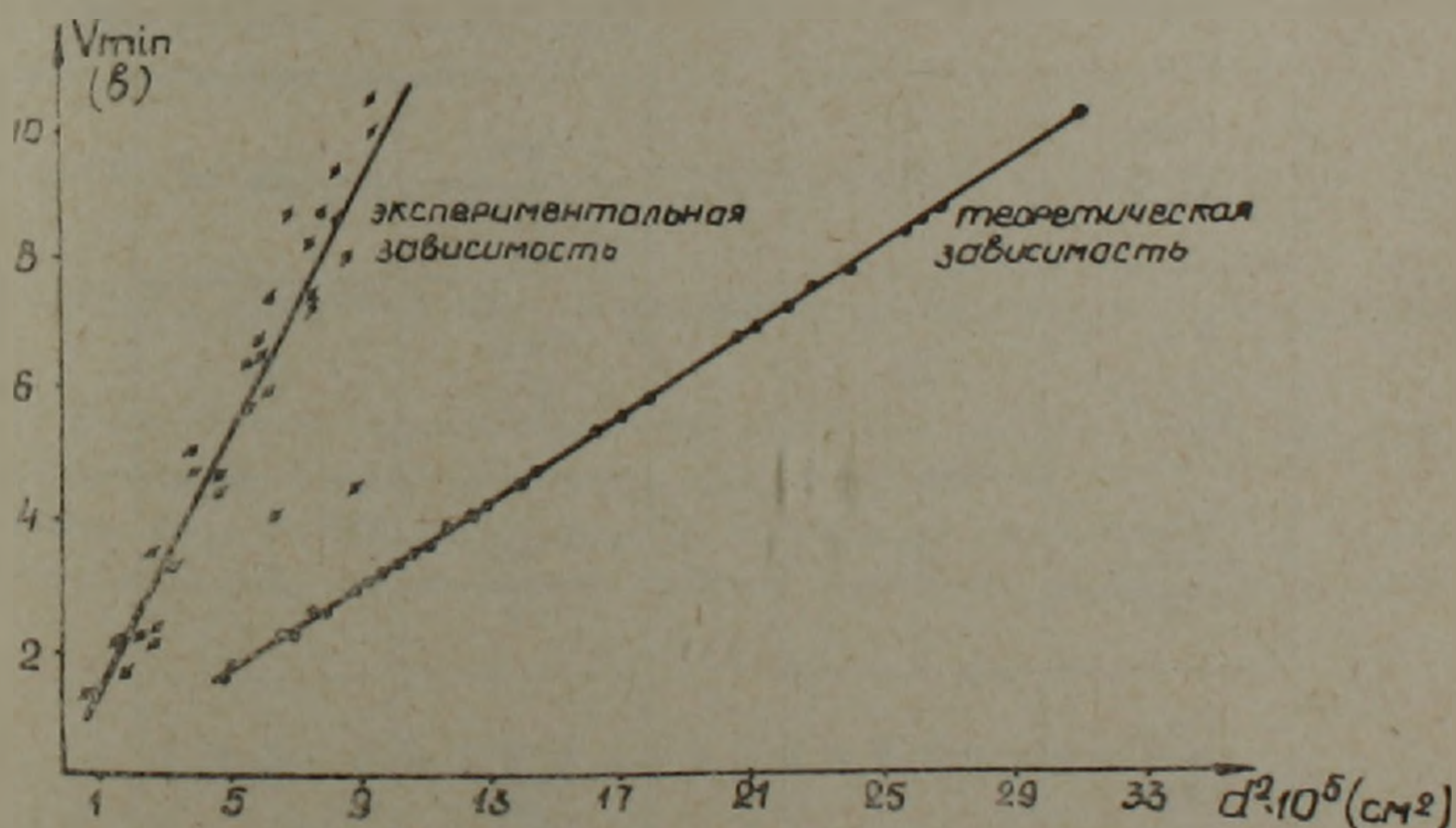


Рис. 4. Экспериментальная и теоретическая зависимости $V_{\min}$ от d^2 .

табл. 1. Из таблицы ясно следует, что наибольшее число диодов ($\sim 75\%$) удовлетворяет зависимости $V_{\text{порог}} \sim d^n$ ($2 \leq n \leq 3$). Отметим, что разброс в величине $(N_{Au} - N_g)$, найденной из измерений ве-

Статистическая закономерность поведения ВАХ

Вид от- ношения	Количество диодов	Вид от- ношения	Количество диодов	Вид от- ношения	Количество диодов
$\frac{V_{\max}}{d \cdot \Delta N^{\frac{1}{4}}}$	16	$\frac{V_{\max}}{d \Delta N^{\frac{1}{3}}}$	18	$\frac{V_{\max}}{d \Delta N^{\frac{1}{2}}}$	22
$\frac{V_{\max}}{d^2 \cdot \Delta N^{\frac{1}{4}}}$	35	$\frac{V_{\max}}{d^2 \Delta N^{\frac{1}{3}}}$	34	$\frac{V_{\max}}{d^2 \cdot \Delta N^{\frac{1}{2}}}$	33
$\frac{V_{\max}}{d^{2,5} \Delta N^{\frac{1}{4}}}$	37	$\frac{V_{\max}}{d^{2,5} \Delta N^{\frac{1}{3}}}$	36	$\frac{V_{\max}}{d^{2,5} \Delta N^{\frac{1}{2}}}$	34
$\frac{V_{\max}}{d^3 \Delta N^{\frac{1}{4}}}$	35	$\frac{V_{\max}}{d^3 \Delta N^{\frac{1}{3}}}$	35	$\frac{V_{\max}}{d^3 \Delta N^{\frac{1}{2}}}$	34
$\frac{V_{\max}}{d^4 \Delta N^{\frac{1}{4}}}$	21	$\frac{V_{\max}}{d^4 \Delta N^{\frac{1}{3}}}$	22	$\frac{V_{\max}}{d^4 \Delta N^{\frac{1}{2}}}$	24
$\frac{V_{\max}}{d^5 \Delta N^{\frac{1}{4}}}$	17	$\frac{V_{\max}}{d^5 \Delta N^{\frac{1}{3}}}$	18	$\frac{V_{\max}}{d^5 \Delta N^{\frac{1}{2}}}$	20

Вид от- ношения	Количество диодов	Вид от- ношения	Количество диодов
$\frac{V_{\max}}{d \cdot \Delta N}$	22	$\frac{V_{\max}}{d}$	16
$\frac{V_{\max}}{d^2 \Delta N}$	21	$\frac{V_{\max}}{d^2}$	34
$\frac{V_{\max}}{d^{2,5} \Delta N}$	23	$\frac{V_{\max}}{d^{2,5}}$	37
$\frac{V_{\max}}{d^3 \Delta N}$	21	$\frac{V_{\max}}{d^3}$	37
$\frac{V_{\max}}{d^4 \Delta N}$	—	$\frac{V_{\max}}{d^4}$	20
$\frac{V_{\max}}{d^5 \Delta N}$	—	$\frac{V_{\max}}{d^5}$	17

$$\Delta N = N_{\text{Au}}^0 - N_g$$

личины τ_n , составлял $250 \div 300\%$, так что дробные значения показателя — n — приводили к нивелированию этого разброса и приближали зависимость $V_{\text{порог}} \sim d^n (N_{\text{Au}} - N_g)^m$ ($m < 1$) к закону $V_{\text{порог}} \sim d^n$.

Из таблицы ясно, что для значений $m = 1/2; 1/3; 1/4$ число диодов в соответствующих графах возрастает по мере уменьшения — m — для значений $n = 2; 2,5; 3$.

Из полученных данных (рис. 4, табл. 1) ясно, что предсказываемая теорией ⁽³⁾ зависимость $V_{\text{min}} \sim d^2$ хорошо выполняется на опыте, тогда как количественное совпадение расчетных и измеренных значений — d — не наблюдается. Предсказываемая теорией зависимость $V_{\text{порог}} \sim d^n (N_{\text{Au}} - N_g)^m$ с $n = 2$ и $m < 1$ также имеет место, хотя из наших данных не совсем ясна роль члена $(N_{\text{Au}} - N_g)^m$ в этой зависимости из-за малого разброса в величине $(N_{\text{Au}} - N_g)$ в исследуемых нами диодах.

Что касается вопроса о полученной экспериментально зависимости τ_p от тока, то ясно, что изменение времени жизни неосновных носителей на вертикали не превосходит $20 \div 30\%$ от своего малосигнального значения. Сама методика измерений дает в данном случае значение τ_p вблизи $p-i$ -перехода, поскольку в этой области сосредоточен почти весь дырочный заряд. Нет никаких оснований считать, что в толще базы имеют место такие же изменения в τ_p .

Таким образом, в результате сопоставления данных эксперимента с выводами теории ⁽³⁾ было показано, что предсказываемая теорией зависимость $V_{\text{min}} \sim d^2$ и $V_{\text{порог}} \sim d^n (N_{\text{Au}} - N_g)^m$ ($n > 1; m < 1$) на самом деле имеет место в кремниевых диодах.

Измерениями $\tau_p(I)$ показано, что изменение τ_p не превосходит 25% от малосигнального значения. Это, по-видимому, имеет место только в области, примыкающей к $p-i$ переходу.

Институт радиофизики и электроники
Академии наук Армянской ССР

Հայկական ՍՍՀ ԴԱ րդրակից-անդամ Գ. Մ. ԱՎԱԳՅԱՆՅ, Ի. Բ. ԱԼՏՄԱՆ, Յ. Մ. ԱԼՏՄԱՆ

Կրեմնիումային դիոդների մեջ բացասական դիմադրության բնույթի մասին

Բերված է փորձնական արդյունքների համեմատությունը սիլիցիում-ոսկու շրջագծած կենտրոնների ազդեցությունը S -տիպի բնութագրի ձևավորման գործում:

Զափումները ցույց են տվել, որ հոսանքակիրների կյանքի տևողությունը՝ τ_p -ն, բնութագրի ուղղաձիգ մասում իր փոքր ազդանշանային արժեքից չեղվում է ոչ ավելի, քան $20-30\%$:

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

- ¹ Holonjak, PIRE, 1962, 50, 12, 2443. ² R. Lampert, Phys. Rev., 125, 1, 126 (1962).
³ Г. М. Авакьянц и др. „Радиотехника и электроника“, 10, № 10, 1880 (1965). ⁴ T. Fukami, K. Nomma, „Japanese journal of appylyed physics“, v. 2, № 9, 535 (1963).
⁵ Г. М. Авакьянц и др. „Радиотехника и электроника“, 10, № 11, 1965. ⁶ Б. И. Болтакс, ФТТ, 2, 2 (1960). ⁷ Bemski, Phys. Rev., 15, 195 (1958).

УДК 550.36 525.21/22

А. А. Аветисянц, А. Л. Ананян, В. А. Игумнов

Тепловой поток по скважине Каджаран-480

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 27/X 1967)

В последнее время в геологической практике большое значение приобретает непосредственное определение глубинного теплового потока как одного из методов познания земных недр.

Нужно отметить, что любое измерение теплового потока представляет собой большую научную ценность, так как таких измерений, произведенных на территории Советского Союза и, особенно на территории Армянской ССР, очень мало, поэтому определение теплового потока в скважине Каджаран-480 поможет лучше разобраться в сложной геологоструктурной обстановке района.

Скважина Каджаран-480 пробурена в интрузивных породах Мегринского плутона недалеко от пос. Анкаван Каджаранского медно-молибденового месторождения. На данном участке обнажаются породы двух фаз полифазной Мегринской интрузии: монцониты и порфировидные граниты и гранодиориты. Граница между породами этих интрузивных комплексов проходит по зоне регионального Дебаклинского разлома.

Скважина пробурена на глубину 476,5 м. В интервале 0—26 м вскрыты четвертичные валунно-галечные отложения. Ниже, от 26 до 341 м. были вскрыты слабо измененные монцониты. В интервале 341—456 м наблюдались сильно перемятые каолинизированные монцониты. Эта зона соответствует довольно крутой (углы падения от 50 до 70°) слабо выполаживающейся на глубине зоны Дебаклинского разлома.

Далее, в интервале 456—476,5 м скважиной пройдены граниты и гранодиориты.

Замеры* температур удалось провести до глубины 270 м. Температура на этой глубине равна 19°C. Результаты измерений температур на разных глубинах приведены в табл. 1. Перед замерами тем-

* Замеры температур производились глубинным геликсным термометром высокой точности.

Таблица 1

Глубина м	100	130	160	200	230	270
Температура °С	13,3	14,8	16,7	17,4	18,4	19,0

ператур скважина находилась в состоянии покоя больше 2 месяцев. Учитывая высокую теплопроводность горных пород, пройденных скважиной, можно считать, что температурный режим в ней установился.

Для определения среднего коэффициента теплопроводности пород, в пределах которых производились замеры температур, из скважины Каджаран-480 был отобран керновый материал и определены значения коэффициентов теплопроводности пород в Лаборатории по исследованию глубинного тепла Земли Грозненского нефтяного института (табл. 2).

Таблица 2

Результаты теплофизических исследований по скважине Каджаран-480

Интервалы отбора керна (м)	Породы	Коэффициент теплопроводности $\frac{\text{ккал}}{\text{м час град}}$	Коэффициент температуропроводности $\frac{\text{м}^2}{\text{час}}$	Удельная теплоемкость $\frac{\text{ккал}}{\text{кг град}}$	Плотность $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Влажность %
28—31	Монцитониты	1,59	31,39	0,182	2742	0,59
64—67	Монцитониты	1,79	34,37	0,192	2715	0,29
95—98	Монцитониты	1,86	38,42	0,175	2772	0,58
135—138	Монцитониты	2,20	43,23	0,177	2872	0,62
163—167	Монцитониты	2,26	42,76	0,200	2643	1,73
202—205	Монцитониты	2,25	41,40	0,200	2722	1,11
251—254	Монцитониты	2,27	40,55	0,218	2569	3,24

По результатам замеров температур методом наименьших квадратов для интервала глубин 100—270 м рассчитана величина геотермического градиента, равная $0,33 \cdot 10^{-3}$ град/см. Средняя величина коэффициента теплопроводности для этого же интервала равна $6,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$.

Петрографическая однородность пород данного интервала скважины Каджаран-480, для которых рассчитаны величины геотермического градиента и коэффициент средней теплопроводности монцитонитов, дала возможность с большой точностью произвести расчет величины плотности теплового потока, которая оказалась равной $2,06 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{ сек}}$.

Величина теплового потока значительно превышает средний тепловой поток для Земли в целом $\left(1,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{сек}}\right)$ и особенно для районов развития древних кристаллических щитов (Канадский, Африканский, Украинский, Балтийский), которые колеблются от 0,7

до $1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{сек}}$ (1,2). По-видимому, древние кристаллические щиты

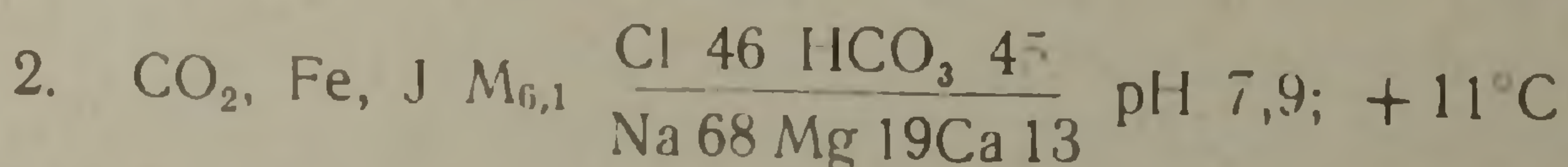
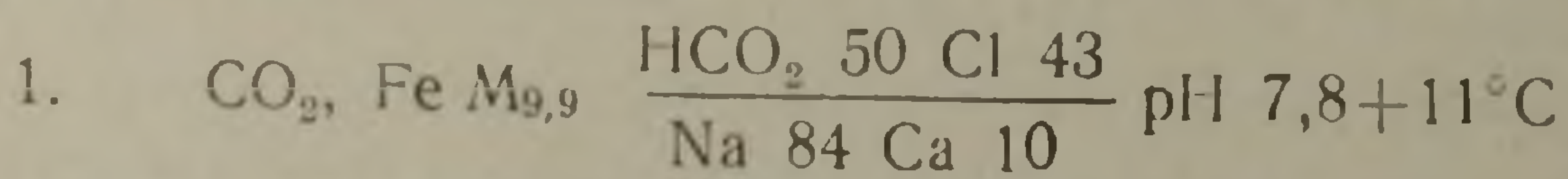
обеднены радиоактивностью из-за сноса верхних слоев.

Такое повышение величины теплового потока, полученное в скважине Каджаран-480, можно прежде всего объяснить тем, что дополнительные порции тепла здесь поступают за счет регионально-го Дебаклинского разлома и, может быть, тем, что Мегринский плутон, являющийся батолитом, хорошо связан с глубокими частями земли высокотеплопроводными горными породами.

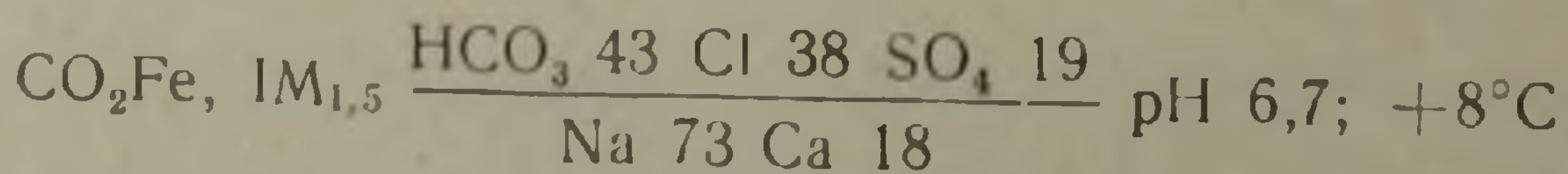
Сравнивая тепловой поток, полученный на Мегринском плутоне со значением плотности теплового потока, рассчитанного для участка Джермук, мы видим, что средний тепловой поток участка Джермук значительно выше $\left(3,75 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{сек}}\right)$. Такой термический режим недр Джермука обуславливается длительной циркуляцией горячих минеральных вод в трещиноватой зоне пород, теплоэкранирующим действием рыхлообломочных пород четвертичного лавового покрова и тектонической активностью (3).

Отсутствие теплового экрана и приподнятость Мегринского плутона над поверхностью Земли (наиболее высокие точки—3800—3900 м) не дают возможности для нагрева трещинных вод, циркулирующих, в основном, в зоне Дебаклинского разлома, до температур, сравнимых с температурами минеральных вод Джермука (64°C). Однако нужно отметить, что химический состав минеральных вод, приуроченных к зоне Дебаклинского разлома, характеризует ее как активную структуру для поступления с больших глубин хлора и, может быть, углекислого газа и иода.

Отметив тот факт, что Мегринский плутон является самостоятельной гидрогеологической единицей (т. е. и области питания, и движения, и разгрузки подземных минеральных вод находятся в породах плутона—гранитах, гранодиоритах и монцонитах), значительные количества хлора, иногда иода и CO₂ в составе источников Личк



и источника Сагкар, расположенного в непосредственной близости от скважины Каджаран-480,



и некоторых других источников нельзя ничем объяснить, кроме как привносом из глубин по зоне Дебаклинского разлома. Таким образом, в результате исследования выявлено, что тепловой поток

$\left(2,06 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{сек}}\right)$ в скважине Каджаран-480 значительно превышает
средний тепловой поток для Земли $\left(1,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{сек.}}\right)$ и что

Дебаклинский разлом представляет активную структуру для привноса
с больших глубин некоторых легколетучих компонентов, отражаю-
щихся в составе минеральных вод Мегринского плутона.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Ա. Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆՑ, Ա. Լ. ԱՆԱՆՅԱՆ, Վ. Ա. ԻԳՈՒՄԵՆՈՎ

Ջերմային հոսքը քստ Գաջարանի 480 հորատի

Գաջարանի 480 հորատը, որն ունի 476,5 մ խորություն, անցել է տարբեր խորքային ապար-
ներով:

Հորատում ջերմային չափումները կատարվել են մինչև 270 մ խորության վրա, որտեղ ապար-
ների ջերմությունը հասնում է 19° : Միաժամանակ հորատից վերցվել են ապարների նմուշներ,
որոնցում չափվել է ջերմահաղորդականության գործակիցը:

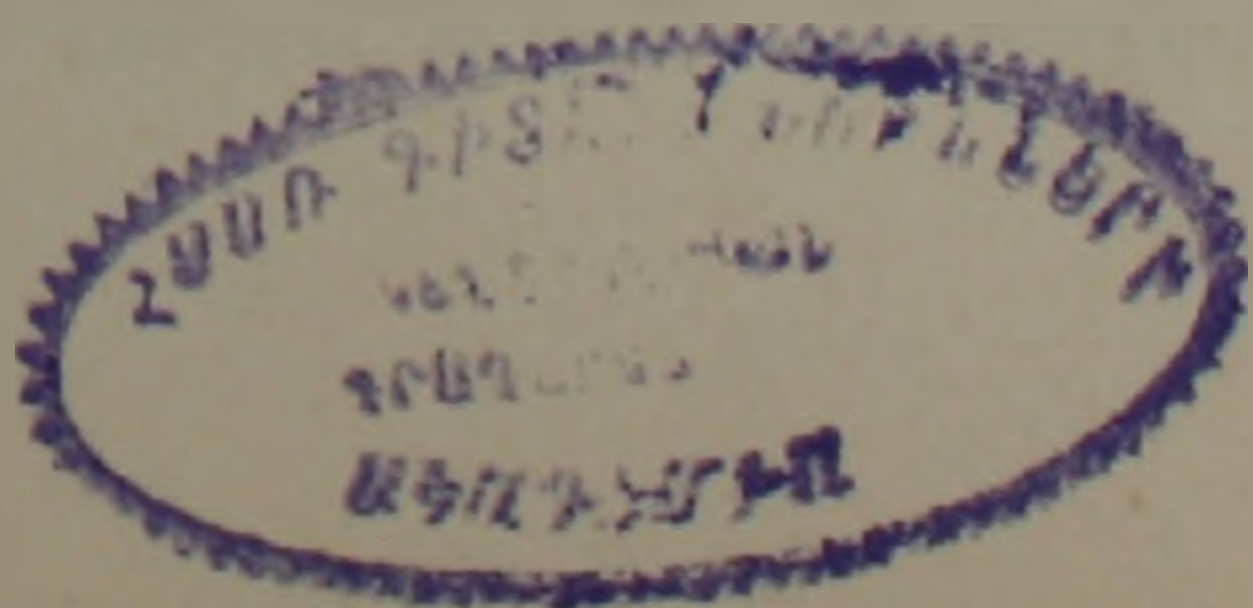
Այդ ամենը հնարավորություն է տվել հաշվարկել Գաջարանի սեգիների խորքային ջերմային
հոսքը, որը հավասար է $2,06 \cdot 10^{-6} \frac{\text{կալ}}{\text{սմ}^2 \text{ վարկ}}$: Այս մեծությունը դրսեթե երկու անգամ ավելի

է, քան երկրի համար միջին ջերմային հոսքը $1,2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{վալ}}{\text{սմ}^2 \text{ վարկ}}$:

Ենթադրվում է, որ ջերմության չրացուցիչ քանակություններ դուրս է ելնում Դեբակլուի խոր-
քային ջարդվածքով, որը ապացուցվում է նաև ջրագեոքիմիական տվյալներով (ջրի մեջ որոշ
յուվենիլ կոմպոնենտների առկայությամբ — քլոր, յոդ, ածխաթթու գալ):

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

¹ Е. А. Любимова, В сб. Геотермические исследования и использование тепла
Земли, М., 1966. ² S. P. Yr. Clark, A. E. Ringwood, Reviews of Geophysics, 2, № 1,
1964. ³ А. Л. Ананян, В сб. Геотермические исследования и использование тепла
Земли, М., 1966.



УДК 662.7

А. Г. Казарян, В. И. Луценко, Э. Г. Амирбекян, А. Г. Акопян

О первичных шламах сульфидных и смешанных руд
Каджаранского месторождения

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. З. Симоновым 15/XI 1967)

Исследование вещественного состава первичных шламов приобрело практический интерес в связи с разработкой новых схем обогащения для сульфидного и смешанного типов руд Каджаранского месторождения (^{1,2}).

К первичным шламам относятся тонкие классы руды, состоящие из продуктов гипергенных и гидротермальных преобразований породообразующих и сульфидных минералов. При перемешивании руды с водой эти продукты диспергируются и образуют тонкую суспензию.

В отличие от них, вторичные шламы образуются в результате помола руды и состоят из обломков породообразующих и рудных минералов.

В основе этого подразделения лежит различие в вещественном составе тонких классов. Однако промышленные способы классификации не обеспечивают полного выделения из руды первичных шламов в их чистых минеральных формах; в первичном шламовом продукте обычно присутствует часть вторичных шламов, а в песковой части руды — остатки первичных шламов. Поэтому необходимо уточнить, чем обусловлено присутствие первичных шламов и какими минеральными формами они представлены?

Ранее, одним из авторов (³) отмечалось преобладающее проявление каолинизации на Каджаранском месторождении над другими процессами изменения пород. Петрографическими исследованиями (^{3,4}) оруденелые монцониты Каджаранского месторождения подразделяются в зависимости от степени изменения породообразующих минералов и структуры породы на: 1) свежие монцониты, 2) слабоизмененные с содержанием не более 15% вторичных минералов, 3) среднеизмененные с еще сохранившейся монцонитовой структурой и 4) сильноизмененные, в которых первичные минералы изменены более чем на 70%, вследствие чего исчезла первичная структура породы.

Вторичные изменения выражены интенсивной каолинизацией и серицитизацией, а также карбонатизацией и окварцеванием.

Каолинит повсеместно образует псевдоморфозы замещения по плагиоклазу. По биотиту развиваются гидрослюды, магнетит, хлорит и вторичный кварц. Средний минеральный состав разновидностей монцонитов приведен в табл. 1.

Сильноизмененные монцониты содержат наибольшее количество вторичных минералов, рыхлых по своей природе, способных образо-

Таблица 1

Средний минеральный состав разновидностей монцонитов в %

Минералы	Изменение монцонитов		
	слабое	среднее	сильное
Плагиоклаз (андезин-лаборадор) . .	37	15	5
Калишпат (ортоклаз)	30	30	22
Кварц	2	10	10
Биотит	13	7	—
Пироксен-амфибол	6	4	—
Акцессорные минералы	1	1	1
Рудные минералы	4	4	6
Каолинит	—	11	23
Карбонат	4	14	17
Серицит	1	1	4
Хлорит (гидрослюды)	2	3	12

вывать первичные шламы в рудной пульпе. Значительное количество вторичных минералов содержится и в среднеизмененных монцонитах. Вместе с тем, сильноизмененные монцониты преобладают на месторождении: на их долю приходится около 55% рудной массы. На долю среднеизмененных монцонитов приходится 35% и слабоизмененных—10% (5). Этим и объясняется повышенное содержание первичных шламов в рудах Каджаранского месторождения.

Указанные разновидности монцонитов характеризуются частой перемежаемостью на месторождении без четких переходов.

Зона окисления месторождения охватывает эти же породы. Руды окисленной зоны также не имеют четких контуров и практически разграничиваются от сульфидных руд с помощью фазового химического анализа по проценту окисления молибдена. Поэтому в сульфидном оруденении обычно присутствуют окисленные формы молибдена и меди и наоборот—в рудах зоны окисления имеются реликты сульфидов молибдена и меди. Исходя из этого принято делить промышленные руды Каджаранского месторождения на сульфидные (со степенью окисления молибдена менее 12%) и смешанные (6).

Для исследования вещественного состава первичных шламов сульфидной руды были взяты четыре характерных пробы в потоке технологического процесса обогатительной фабрики: 1) дробленая руда перед измельчением, 2) измельченная руда (слив классификатора), 3) отвальные хвосты флотации и 4) хвосты первой коллективной

перечистки. Из каждой пробы отмучиванием выделялась тонкая фракция, которая подвергалась термографическому и термовесовому анализам*.

Термограммы фиксируют главные, четко выраженные эффекты, характерные для каолинита: экзотермический около 950° и эндотермические в интервалах $470-600^{\circ}$ и $600-700^{\circ}$, соответствующие каолинитам: мелкокристаллическому и крупнокристаллическому.

Эндотермические эффекты в интервале $720-750^{\circ}$ в пробах 1, 2 и 3 соответствуют диссоциации карбоната кальция, содержащегося в пробах порядка 2%. Эндотермические эффекты около $850-900^{\circ}$ в пробах 2, 3 и 4 характерны для гидрослюда. Экзотермический пик при $450-470^{\circ}$ в пробе 4 характерен для пирита.

Термический анализ дал следующие количественные результаты: первичные шламы сульфидной руды содержат порядка 57--64% каолинита (пробы 1 и 2), причем, каолинит присутствует как в отвальных хвостах флотации (57% в пробе 3), так и в пенном продукте основной флотации (откуда он был разассигнован в хвосты первой коллективной перечистки—54% в пробе 4). Каолинит диагностирован также электронографически и петрографически. Параметры элементарной ячейки (по Б. Б. Звягину) $a = 5,14 \text{ кх}$; $b = 8,90 \text{ кх}$; $c = 7 \text{ кх}$; $\beta = 105^{\circ}$. Показатели преломления в шлифах и иммерсионных препаратах 1,55; двупреломление—0,007 (³). Рентгенограмма каолинита снята Г. А. Ковалевым (ВСЕГЕИ).

Из других глинистых минералов в подчиненных количествах встречаются нонтронит и галлуазит.

Нонтронит впервые обнаружен в сильноизмененных монцонитах приразломного (западного) участка, где он заполняет трещины мощностью 1—2 см. В рудах других участков нонтронит обычно присутствует в виде восковидных корочек, нарастающих на вторичных минералах марганца и гидроокислах железа или выполняющих в них пустотки. Цвет минерала табачно-бурый, блеск фарфоровидный, излом раковистый, жирен на ощупь. Показатель преломления 1,58. Термограмма имеет типичные для нонтронита эндотермические эффекты при 150° и 575° . Электронографическим исследованием установлены параметры элементарной ячейки (по К. Мищенко) $a_1 = 5,23 \text{ кх}$; $b = 9,05 \text{ кх}$; $c \approx 10 \text{ кх}$; $\beta \approx 100^{\circ}$, что характерно для нонтронита с небольшой примесью триоктаэдрического слоистого силиката (хлорита?). Результаты химического анализа чрезвычайно близки с таковым из Казахстана (⁷).

Галлуазит встречен в незначительных количествах в ассоциации с малахитом. Он образует корки толщиной 3—4 мм светло-коричневого цвета. У контакта с малахитом минерал приобретает зеленоватый оттенок. Показатель преломления 1,60, двупреломление—низкое. Термограмма галлуазита вполне идентична с эталоном (⁸).

* Анализы выполнены В. П. Ивановой в ВСЕГЕИ.

Характерно, что даже чистые образцы глинистых минералов содержат молибден и медь. Так, в каолините обнаружено содержание окисленного молибдена 0,013% и окисленной меди 0,15%; в нонтроните следы молибдена и сотые доли меди.

Первичные шламы смешанных руд, наряду с глинистыми минералами, содержат большое количество гидроокислов железа.

Наиболее подробное изучение лимонитов Каджаранского месторождения проводилось в связи с технологическими исследованиями обогатимости руд зоны окисления (К. Т. Вартанян, М. А. Эйгелес, Л. Г. Подкосов, А. И. Гросман, Н. С. Петров). В 1949 году Л. Г. Подкосов установил тесную ассоциацию окисленного молибдена с лимонитом. Н. А. Акопян произвела минералогическое изучение лимонитов⁽⁹⁾. Для исследования лимонитов в зоне окисления месторождения были взяты 30 характерных образцов. Минералогические, термографические и рентгеноструктурные исследования подтвердили наличие двух основных разновидностей: гидрогематита, в виде желтой или коричневой охры и реже—более плотных разновидностей и гётита плотного, заполняющего трещины в кварце, иногда образующего почковидные агрегаты.

Среднее содержание молибдена в исследованных образцах лимонитов составляет 0,15%, причем, весь молибден присутствует в окисленной форме. В отдельных образцах гётита содержание окисленного молибдена доходит до 0,9%.

Среднее содержание меди в тех же образцах составляет 0,9% из этого количества около 55% относится к так называемой „упорной“ меди (аналитик Ф. А. Калантарян).

Если окисленный молибден почти полностью ассоциирует с лимонитом*, то окисленная медь частью образует собственные минералы малахит, азурит, атакамит, куприт. В ассоциации с купритом встречается самородная медь. Повсеместно развивается марганцевый минерал псиломелан-вад. Последний образует налеты, корки, иногда почковидные агрегаты в лимонитах. Халькантит обнаружен в очень малых количествах.

Поскольку основной глинистый минерал—каолинит образует псевдоморфозы по плагиноклазу, а гётит является плотной разновидностью гидроокислов железа, то выделение их из руды в виде тонкой суспензии зависит от степени помола руды и способа диспергирования первичных шламов.

Для оценки количества первичного шламового продукта, содержащегося в характерных пробах сульфидного и смешанного типов руд, были проведены следующие опыты: руда дробилась до крупности менее 2,5 мм и подвергалась интенсивному перемешиванию в течение 20 минут во флотационной машине в виде пульпы плотностью 30% твердого в присутствии стабилизатора суспензии—пирофосфата натрия $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. После диспергирования шламов, выделялся путем

* Повелит встречается очень редко.

Таблица 2

Характеристика первичного шламового продукта, выделенного из руды, дробленной до крупности менее 2,5 мм

Представительные типы руды	Выход шламов, %	С о д е р ж а н и е, %											
		Mo		Cu		п.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O + K ₂ O
		сульфидный	окисленный	сульфидный	окисленный								
Сульфидный	10	0,051	0,016	0,22	0,21	10,0	46,0	25,8	2,2	3,1	4,0	2,3	3,3
Смешанный	15	0,064	0,018	0,29	0,30	8,6	47,9	25,5	3,8	2,5	3,6	1,8	2,8

отмучивания первичный шламовый продукт по классу 15 мк. Результаты опытов приведены в табл. 2.

Для сульфидных и смешанных руд Каджаранского месторождения характерно большое содержание класса частиц менее 15 мк соответственно 10 и 15%. Так как руда подвергалась только сухому дроблению, то преобладающую часть микроников составляют первичные шламы.

Первичный шламовый продукт характеризуется значительным содержанием окисленных форм молибдена и меди, а также сульфидов, которые подлежат извлечению. Степень окисления молибдена в шламах составляет около 25% и меди около 50%. Вместе с тем, первичный шламовый продукт имеет высокое содержание глинозема, порядка 25—26%, что характеризует первичные шламы как глиноземное сырье (хотя и с низким содержанием щелочей). Поэтому, схема обогащения смешанных руд предусматривает выделение первичного шламового продукта для самостоятельной переработки (¹). При этом, интенсифицируется процесс обогащения обесшламленной части руды.

Научно-исследовательский горно-металлургический институт Министерства цветной металлургии СССР

Հ. Գ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Վ. Ի. ԼՈՒՅՆԵԿՈ, Է. Գ. ԱՄԻՐԲԵԿՅԱՆ, Ա. Գ. ՀԱՎՈՐՅԱՆ

Քաջարանի հանքավայրի սուլֆիդային և խառը հանքաքարերի առաջնային հանքամանրումների մասին

Առաջնային հանքամանրումների տեխնոլոգիական նշանակության կապակցությամբ ճշտված է նրանց նյութական կազմը՝ այն է. կաոլինիտ, նոնտրոնիտ, գալուազիտ և հիդրոփալար, որոնք տարածում են գտել Քաջարանի հանքավայրում:

Կաոլինիտի առավել մաքուր նմուշներ պարունակում են 0,013% օքսիդացած մոլիբդեն և 0,15% օքսիդացած պղինձ: Ծշտված է մոլիբդենի և պղնձի ֆազային կազմը:

Հաստատված է նաև օքսիդացած մոլիբդենի և պղնձի կապը երկաթի հիդրոօքսիդների հետ: Լիմոնիտի հետադոստված նմուշները միջին հաշվով պարունակում են 0,15% օքսիդացած մոլիբդեն և 0,9% օքսիդացած պղինձ, որից այդ պղնձի 50% -ից ավելին վերադրվում է, այսուհետև կոչվող «կայուն» պղնձի միացության:

Սուլֆիդային և խառը հանքաքարի մեջ առաջնային հանքամանրումների ելքը կազմում է 10—18%, և այս նյութի մեջ է, որ խտացվում է կավանյութի ի հաշիվ կաոլինիտի, իսկ մոլիբդենի և պղնձի օքսիդացած տարատեսակները՝ լիմոնիտի հաշիվին:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Վ Ա Ն ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

¹ В. И. Луценко, С. Г. Вртанесян, «Цветные металлы», № 4, 1964. ² В. И. Луценко, А. А. Раганиян, Труды совещания по комплексному использованию медно-молибденовых руд. Ереван, 1968. ³ А. Г. Казарян, «Известия АН АрмССР», т. XI, № 6 (1958). ⁴ Э. Г. Амирбекян, Н. С. Корчагина, Научные труды НИГМИ, вып. VI, Ереван, 1967. ⁵ В. И. Луценко, Р. А. Оганесян, А. Е. Овчинникова, Научные труды НИГМИ, вып. 4, Ереван, 1964. ⁶ В. И. Луценко, А. Н. Данелян, Труды совещания по комплексному использованию медно-молибденовых руд, Ереван, 1968. ⁷ И. Д. Бернеман-Старынкевич, Руководство по расчету формул минералов, изд. Наука, 1964. ⁸ В. П. Иванова, Записки Всесоюзного минералогического общества, 1961, вып. I. ⁹ Е. А. Акопян, Минералогия зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении, изд. АН АрмССР. Ереван, 1960.

ПЕТРОГРАФИЯ

УДК 553.065.5/553.247.8/242.3

Г. А. Саркисян, Г. С. Арутюнян

О генетических типах лиственитизации
(на примере СВ побережья оз. Севан)

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 11/XII 1967)

Листвениты офиолитового пояса Армении, несмотря на их существенную роль в строении пояса, в литературе освещены крайне схематично. В проблеме генезиса лиственитов СВ побережья оз. Севан, как можно судить по представлениям А. Г. Бетехтина, С. Б. Абовяна, Г. О. Пиджяна и других, выявляются две взаимоисключающие точки зрения.

Согласно А. Г. Бетехтину (¹) и С. Б. Абовяну (²) листвениты являются апогипербазитовыми контактово-метаморфическими породами, образованными на контакте с известняками при магматическом внедрении гипербазитов, т. е. генезис и возраст лиственитов рассматривается ими в тесной связи с возрастом магматического становления гипербазитов.

По мнению Г. О. Пиджяна (³), листвениты ртутных проявлений СВ побережья оз. Севан являются контактовыми образованиями, возникшими за счет, главным образом, известняков на контакте с интрузивными породами габброидного состава (Кясаманское проявление, Буратапинское проявление). Ртутное оруденение, пространственно совмещенное с лиственитами и гипербазитами, по Г. О. Пиджяну, является более молодым и генетически связано с глубокими очагами кислых интрузий кварцевых диоритов и гранодиоритов.

Исследования последних лет по геолого-структурной позиции гипербазитов, их петрохимических особенностей и метасоматических явлений, широко в них развитых, позволяют по-новому трактовать вопросы генезиса и рудоносности лиственитов СВ побережья оз. Севан.

По геолого-структурному положению среди лиственитов СВ побережья оз. Севан можно выделить три основных структурно-морфологических типа: 1. Листвениты, приуроченные к тектоническим контактам гипербазитов с вмещающими их породами, т. н. „контактовые“

листвениты; 2. Листвениты, приуроченные к разломным зонам внутри гипербазитовых массивов; 3. Околожилные листвениты в зонах апогипербазитовых тальково-карбонатных пород. Более детальная геолого-структурная и минералого-петрохимическая характеристика выделенных типов лиственитов приведена в специальных статьях (4, 5).

По вещественному составу среди лиственитов выделяют следующие минеральные типы: 1. Кварц-магнезитовый (брейнеритовый); 2. Кварц-доломитовый; 3. Кварц-магнезит-доломитовый.

По количественным соотношениям кварца и породообразующих карбонатов различаются следующие подтипы: а) карбонатные листвениты; б) собственно листвениты; в) кварцевые листвениты.

Химико-спектральное и минералого-петрографическое изучение многочисленных разрезов по разным зонам лиственитизации показало, что исходный состав пород оказывает решающее значение при образовании тех или иных типов метасоматитов. Так, например, известняки в контакте с гипербазитами при процессе лиственитизации подвергаются доломитизации; габброиды, в зависимости от свойств и состава гидротермальных растворов подвергаются в одном случае альбитизации, хлоритизации, карбонатизации; в другом — аргиллизации и пропилитизации; в третьем — серицитизации, окварцеванию, карбонатизации.

Изучение петрохимических особенностей исходных пород и образованных по ним метасоматитов позволяет утверждать, что преобладающая часть лиственитов СВ побережья оз. Севан является апогипербазитовыми образованиями; причем, предпочтительное развитие тех или иных минеральных типов и подтипов лиственитов (особенно для их карбонатной части) полностью обусловлено тремя причинами: а) химическим составом разновидностей ультраосновных пород (дуниты, гарцбургиты или лерцолиты, верлиты); б) литологическим составом контактирующих с гипербазитами пород (известняки, габброиды и т. п.), из которых происходит заимствование ряда породообразующих элементов и, в частности, кальция и образование кальцийсодержащих карбонатов (доломит) в аподунитовых и апогарцбургитовых лиственитах (т. е. в породах первоначально не содержащих кальция); в) составом, свойствами и конкретными физико-химическими условиями протекания процесса лиственитизации.

Горизонтальная зональность ореолов лиственитизированных пород довольно однообразна и выражена в последовательной смене следующих зон (от гипербазитов к лиственитам): 1. Серпентинитовая, 2. Карбонатно-серпентинитовая и серпентинно-карбонатная, 3. Тальк-серпентинно-карбонатная, 4. Тальковая и тальково-карбонатная, 5. Кварц-тальково-карбонатная, 6. Кварцево-карбонатная (собственно лиственитовая).

Указанный ряд горизонтальной зональности отражает обобщенную картину направленности процесса лиственитизации. Однако детальные наблюдения устанавливают существенные отличия в строении

метасоматических колонок околужильного типа, с одной, и „контактового“ и приразломного типов с другой стороны.

1. Полное отсутствие или исключительно слабое развитие оталькования в ореолах „контактовых“ и приразломных лиственитов. В то же время обнаружены довольно крупные участки талькитов и тальково-карбонатных пород при полном отсутствии в них лиственитов (Таналыгское тальковое проявление).

2. Чрезвычайно интенсивное проявление процессов оталькования на Зодском рудном поле, где тальково-карбонатные породы составляют преобладающую часть апогипербазитовых рудоносных зон, а околужильные и околорудные листвениты, все без исключения, развиваются по ним, практически не выходя за их пределы.

3. Отсутствие кварц-тальково-карбонатных зон в метасоматических колонках „контактовых“ и приразломных лиственитов, тогда как они являются типично околорудными (в генетическом смысле) образованиями на Зодском месторождении.

4. Многократное проявление процессов собственно лиственитизации на Зодском месторождении в связи с пульсационным характером рудообразования.

Закономерное последовательное строение метасоматических колонок зон лиственитизации—от серпентинитов через серпентин—и тальково-карбонатные породы к лиственитам и разнометальным жильным телам—на первый взгляд наводит на мысль о единой метасоматической зональности, т. е. о параллельном развитии всех указанных зон в результате одного процесса. Фактически же, эта зональность гетерогенна и является следствием нескольких самостоятельных разновременных процессов, между которыми намечается существенный разрыв во времени. Это положение подтверждается целым комплексом наблюдений.

О серпентинизации. Ряд данных, а именно: наличие многочисленных галек типичных серпентинитов, аналогичных обнажающимся на современной дневной поверхности, в конгломератах терригенной свиты турон-коньяка, и многочисленные случаи прорывания типичных серпентинитов крайне незначительно метаморфизованными габброидами и дайками основного и среднего состава свидетельствуют о том, что площадная серпентинизация гипербазитов произошла в результате автометасоматических процессов вслед за магматическим становлением гипербазитов в доверхнемеловое время. Более поздние проявления аллометаморфической серпентинизации имели место и в послеверхнемеловое время, но носили локальный характер в зонах тектонических нарушений и в связи с другими процессами изменений (лиственитизация, пропилитизация и др.).

Об отальковании. Взаимоотношения тальковых и тальково-карбонатных пород с серпентинитами и лиственитами, с одной стороны, и золоторудным оруденением, с другой, показывают, что:

1) как тальково-карбонатные породы, так и листвениты трех структурно-морфологических типов развиваются по уже ранее брекчированным и дробленным аутометасоматическим серпентинитам в зонах тектонических разломов, что является косвенным доказательством независимости и наложенности процессов оталькования и лиственитизации на серпентинизацию;

2) тальково-карбонатные породы Зодского месторождения являются дорудными и долиственитовыми образованиями.

Разновременность образования тальковых пород и собственно лиственитов на Зодском месторождении фиксируется внедрением даек явно дорудных липаритовых порфиров, которые по возрасту изменения можно отнести к верхнеэоценовому времени.

Если все вышеизложенное подтверждает самостоятельность и более раннее происхождение тальковых пород по сравнению с лиственитами, то вопросы истинного возраста, генезиса и места оталькования в общей схеме послемагматической деятельности разновозрастных интрузивных комплексов (доверхнемелового и предверхнеэоценового (верхнеэоценового?)) остаются совершенно открытыми. В этом отношении имеются данные о доконьяк-сантонском возрасте тальковых пород, так как гальки их обнаружены в терригенной свите коньяк-сантона (среднее течение р. Сатанахач, верховья левого притока р. Таналыг) и есть основания для предположения о генетической связи процессов оталькования с послемагматической деятельностью плагиогранитов досенонского (турон-коньякского) возраста.

О лиственитизации. Если раньше наличие лиственитов в контактах гипербазитов и вмещающих их пород служило доказательством контактово-метаморфического генезиса лиственитов в результате магматического внедрения гипербазитов в верхнеэоценовое время, то в настоящее время можно считать более обоснованными и соответствующими действительности взгляды о досенонском возрасте гипербазитов и эпигенетичности лиственитов в контактовых ореолах последних (6, 7).

Лиственитизация „контактового“ типа происходила после тектонического становления серпентинизированных гипербазитов, т. е. после формирования средней подсвиты среднего эоцена, но до верхнего эоцена, так как, во-первых, листвениты нигде не обнаружены в пределах верхнеэоценовых образований и, во-вторых, они пересекаются многочисленными диабзовыми дайками послесреднеэоценового возраста. К сожалению, геологические и другие данные об истинном возрасте секущих листвениты диабзов отсутствуют и поэтому вопрос верхней возрастной границы лиственитов остается не выясненным. По мнению Г. С. Арутюняна (5), эти листвениты генетически связаны с послемагматической деятельностью интрузий среднеэоценового габброидного комплекса.

Околожилы листвениты, развитые на Зодском месторождении,

Таблица 1

Сравнительная характеристика генетических типов лиственитов СВ побережья оз. Севан

	Послесреднеэоценовые-доверхнеэоценовые листвениты	Послеверхнеэоценовые-до мио-плиоценовые листвениты
Генетический тип	1. Гидротермально-метасоматический 2. Биметасоматический — для „контактовых“	1. Гидротермально-метасоматический
Структурно-морфологический тип	1. Листвениты в контактовых тектонических зонах гипербазитов с вмещающими их породами („контактовые“) 2. Листвениты в разломных зонах внутри гипербазитов (приразломные)	1. Околожильные листвениты в альбандах кварцевых, карбонатных, пирит-арсенопиритовых, золото-полиметаллических, антимонитовых жил
Минеральный тип	1. Кварц-доломитовый — для „контактовых“ лиственитов 2. Кварц-магнезитовый и кварц-магнезит-доломитовый — для приразломных	1. Кварц-магнезитовый и кварц-магнезит-доломитовый
Рудоносность	Наложное ртутное, возможно, мышьяковое оруденение	Сопряженное золотое оруденение (сульфидизация-пирит, арсенопирит, сфалерит)
Горизонтальная зональность	1. Серпентиновая. 2. Серпентино-карбонатная. 3. Тальк-серпентино-карбонатная. 4. Кварц-карбонатная	1. Серпентиновая. 2. Серпентино-карбонатная. 3. Тальк-серпентино-карбонатная. 4. Тальково-карбонатная. 5. Кварц-тальково-карбонатная. 6. Кварц-карбонатная
Сопряженные с процессами лиственитизации типы изменений по алюмосиликатным и карбонатным породам	1. Доломитизация известняков 2. Окремнение туффитов 3. Альбитизация, хлоритизация, карбонатизация габброидов	1. Аргиллизация, пропилитизация, серицитизация, карбонатизация, сульфидизация габброидов, липаритовых порфиров
Состав исходных пород	Гарцбургиты, реже дуниты и лерцолиты	Гарцбургиты, редко лерцолиты
Взаимоотношения с дайками	До диабазовые (диабазы послесреднеэоценовые)	Послелипарит-порфировые (липарит-порфиры верхнеэоценовые)

являются постлипарит-порфировыми* образованиями и обнаруживают тесную временную связь с формированием руд отдельных стадий минерализации. Это дает нам возможность рассматривать возраст около-жильных лиственитов в связи с возрастом самого золоторудного оруденения. Несмотря на то, что прямые геологические данные на Зодском месторождении свидетельствуют лишь о послеверхнемеловом-домиоплиоценовом возрасте оруденения, данные абсолютного возраста дорудных серицитизированных липарит-порфиров (40 млн. лет) позволяют относить золотое оруденение и, следовательно, и около-жильные листвениты к верхнеэоцен-олигоценовому времени.

Таким образом, среди лиственитов СВ побережья оз. Севан в настоящее время можно с уверенностью выделить два генетических типа лиственитов (табл. 1) среднеэоценового и послеверхнеэоцен-домиоплиоценового возраста соответственно в связи со среднеэоценовым габброидным интрузивным комплексом и верхнеэоцен-олигоценовым комплексом малых интрузий гранитоидов (диорит-порфириты, липаритовые порфиры).

В заключение авторы считают необходимым обратить внимание исследователей на возможность существования третьего генетического типа лиственитов, связанного, по-видимому, с мио-плиоценовым тектоно-магматическим этапом развития описываемой зоны. Это положение находит некоторое подтверждение в ряде мест СВ побережья оз. Севан, где в местах сопряжений и пересечений описанных типов лиственитов с меридиональными разломами антикавказского направления устанавливаются окварцевание лиственитов и повышенные содержания в них, против фоновых, мышьяка, свинца, бора.

По-видимому, более детальные исследования зон меридиональных (мио-плиоценовых) разломов, пространственно совмещенных с гипербазитами и лиственитами, позволят однозначно решить вопрос существования третьего генетического типа лиственитов, с которым связано наиболее молодое в районе низкотемпературное оруденение ртути и мышьяка.

Институт геологических наук Академии наук
Армянской ССР

Հ. Հ. ՍԱՐԿՍՅԱՆ, Գ. Ս. ՀԱՐՈՒԹՅԱՆՅԱՆ

Լիստվենիտների գենետիկական տիպերի մասին
(Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան մասի օրինակով)

Հոդվածում շարադրված է հեղինակների կողմից վերջին տարիներին (1960—67 թթ.) Սևանա լճի հյուսիս-արևելյան ափի լիստվենիտների երկրաբանական դիրքի, բնութագրի, հանքաքանակի և ծաղման վերաբերյալ ստացված նոր տվյալները:

* Липаритовые (кварцевые) порфиры Зодского месторождения представляют собой дайкообразные тела с изменчивой мощностью по падению и простираению. Близ-широтное тело, не имеющее выхода на поверхности липаритового порфира, контролирует на своей висячей стороне протяженные зоны апогипербазитовых и апогаббро-вых метасоматитов с заключенными в них рудными телами промышленного значения.

УДК 582.78+581.12

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. М. Саркисова

Влияние гиббереллина и ретарданта ССС на дыхание
 у различных сортов винограда

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Х. Чайлахяном 10/XII 1967)

Одним из ростовых веществ, обладающим многообразным физиологическим действием является гибберелловая кислота (¹⁻⁸). Литература не располагает достаточными сведениями о связи между действием гиббереллинов на рост и на дыхание тканей. Данные эти необходимы для управления ростом и развитием растений (⁹). Правда в литературе встречаются исследования, посвященные связи между действием гиббереллинов на рост и некоторые физиологические процессы тканей некоторых растений. Однако эти исследования еще не вскрыли какого-либо специфического действия гиббереллинов на дыхание. Так, например, Н. Д. Феофановой (¹⁰) установлено, что обработка гиббереллином томатов способствует повышению интенсивности фотосинтеза и дыхания у растений некоторых поздних сортов и несколько снижает эти процессы у растений ранних сортов. Повышение ассимиляционного числа и интенсивности процесса фотосинтеза в листьях дуба и конопли установлено А. В. Хотянович, А. И. Закордонец (^{8, 11}); усиление окислительно-восстановительного процесса в корневой системе кукурузы под воздействием гиббереллина установлено И. В. и Л. В. Мосоловыми (¹²). Г. М. Живухина и Н. И. Якушкина (¹³) приходят к выводу, что гетероауксин и гиббереллин в митохондриях проростков гороха усиливают дыхание, окислительное фосфорилирование и сопряженность окисления и фосфорилирования, что должно привести к увеличению образования АТФ.

В связи с тем, что влияние гиббереллинов на культуру винограда дало эффективные результаты (¹⁻⁶), интересным представилось изучение действия гиббереллина на процесс дыхания у семенных и бессемянных сортов винограда и действия на дыхание ретарданта ССС, обладающего прямо противоположным воздействием на ростовые процессы.

Наши опыты проводились на Паракарской опытно-экспериментальной базе Института виноградарства, виноделия и плодоводства

МСХ Армянской ССР в 1965—66 гг. В качестве объектов исследования были взяты сорта Арагаци, Армения, Еревани желтый и Адиси. Сорта Арагаци, Армения и Еревани желтый в период массового цветения и в конце цветения подвергались опрыскиванию водным раствором гиббереллина. Опрыскиванию подвергались все надземные части растения, побеги, листья и соцветия. Опыты по испытанию ретарданта ССС и гиббереллина проводились только на сорте Адиси. Обработка кустов ретардантом ССС и гиббереллином производилась в одни и те же сроки (в начале, разгаре и в конце цветения). Для обработки ретардантом ССС брали водный раствор препарата в концентрации 0,1%. Концентрация раствора гиббереллина была намного слабее: для сортов Арагаци, Армения и Адиси—0,005%, а для сорта Еревани желтый—0,01%. Контролем служили кусты винограда, опрыснутые в те же сроки чистой водой.

Поскольку влияние гиббереллина на рост побегов, ягод и урожай винограда оказалось неодинаковым (³⁻⁶) представляло особый интерес проследить динамику интенсивности дыхания в различных органах растения. Для этого пробы для анализов брались со следующих частей виноградной лозы: верхушек побегов, оснований побегов, листьев, гребней и ягод. Интенсивность дыхания определялась в три срока: 1) через 3 дня после обработки кустов, 10 июня; 2) в первый период ягодообразования, 25 июня и 3) в начале созревания ягод, 30 августа.

Интенсивность дыхания определялась в газометрическом аппарате Варбурга по количеству поглощенного кислорода. Она выражена в микролитрах кислорода одним граммом веса сырого вещества за 60 минут при $t + 28^{\circ}$. Повторность опыта пятикратная.

Результаты определения интенсивности дыхания в различных органах всех сортов виноградной лозы через 3 дня после обработки показали, что гиббереллин стимулирует дыхательный процесс растительных тканей. Наибольшая стимуляция интенсивности дыхания в первый период наблюдалась в верхушках побегов. Гиббереллин, вызывая обычно очень сильное удлинение побегов, вместе с тем способствует и усилению интенсивности дыхания в этой части. Это обстоятельство отнюдь не является чем-то неожиданным, так как кривые роста растений и интенсивности дыхания всегда совпадают (²).

Прямая взаимосвязь между ростом и интенсивностью дыхания выявилась и у оснований побегов. Гиббереллин вызывает стимуляцию дыхательного процесса у основания побега, хотя и он в этой части побега протекает намного слабее, чем на верхушке побега. Как видно из табл. 1, очень сильная стимуляция интенсивности дыхания под воздействием гиббереллина происходит и в листьях виноградной лозы. Являясь местом синтеза природных гиббереллинов (⁴), листья виноградной лозы в период обработки гиббереллином, по-видимому, усиливают все окислительно-восстановительные процессы и отличаются самым высоким содержанием природных гиббереллинов. Отсюда они поступают в стебель и накапливаются в период созревания винограда в ягодах и семенах.

Таблица 1

Влияние гиббереллина и хлорхолинхлорида на интенсивность дыхания в различных органах виноградной лозы (мкл O_2 за 60 мин.)

Варианты опыта	Часть растения	Дата проведения анализов		
		10 июня	25 июня	30 августа
Сорт Армения				
Контроль	Верхушка побега	660	500	300
	Основание побега	270	110	45
	Гребни	125	250	280
	Ягоды	75	120	180
	Листья	670	550	300
Обработка ГК	Верхушка побега	950	700	475
	Основание побега]	255	175	75
	Гребни	170	275	350
	Ягоды	115	175	200
	Листья	800	550	400
Сорт Арагаци				
Контроль	Верхушка побега	575	500	375
	Основание побега	300	200	140
	Гребни	175	250	425
	Ягоды	150	325	425
	Листья	450	400	300
Обработка ГК	Верхушка побега	650	550	450
	Основание побега	400	350	240
	Гребни	270	400	500
	Ягоды	250	355	425
	Листья	600	525	425
Сорт Еревани желтый				
Контроль	Верхушка побега	710	550	325
	Основание побега	300	235	40
	Гребни	75	140	175
	Ягоды	40	85	125
	Листья	600	500	325
Обработка ГК	Верхушка побега	740	650	450
	Основание побега	350	275	190
	Гребни	200	325	425
	Ягоды	175	350	400
	Листья	650	550	375
Сорт Адиси				
Контроль	Верхушка побега	600	500	350
	Основание	170	125	100
	Гребни	165	255	300
	Ягоды	180	330	410
	Листья	580	420	315
Обработка ГК	Верхушка побега	740	610	400
	Основание побега	350	275	175
	Гребни	225	325	400
	Ягоды	245	330	475
	Листья	640	525	480
Обработка ССС	Верхушка побега	230	125	100
	Основание побега	180	140	75
	Гребни	160	250	275
	Ягоды	225	335	385
	Листья	185	120	85

Несмотря на то обстоятельство, что семенные сорта винограда обрабатывались раствором гиббереллина очень низкой концентрации (0,005%), а бессемянной сорт Еревани желтый — более высокой

(0,01%), стимуляция дыхательного процесса у семенных сортов намного интенсивнее, чем у бессемянного сорта. Это особенно заметно во II и III сроки взятия проб. Вероятно, относительно малое содержание природных гиббереллинов (⁴) в различных органах бессемянных сортов отражается и на окислительных процессах, происходящих в их тканях.

Как видно из табл. 1, интенсивность дыхания верхушки и основания побегов, листьев, гребней и ягод у всех сортов всегда выше в варианте, где кусты обработаны гиббереллином. Вместе с тем, интенсивность дыхания закономерно ослабляется от начала взятия проб до конца, т. е. от начала вегетации к концу. Однако интенсивность дыхания гребней и ягод у семенных и бессемянных сортов в первый период намного ниже, чем в начале созревания плодов. Если интенсивность дыхания в побегах и листьях постепенно ослабляется от начала вегетации к его концу, то в гребнях и ягодах, напротив, отмечается постепенное повышение от начала ягодообразования к началу созревания. Минимальная интенсивность дыхания в ягодах отмечена в период съемной зрелости плодов. Так, например, если 10 июня на верхушке побегов сорта Армения в контроле интенсивность дыхания равнялась 660 *мкл*, то 25 июня она равнялась 500 *мкл*, а 30 августа—300 *мкл*. В варианте обработки гиббереллином 10 июня интенсивность дыхания составляла 950 *мкл*, 25 июня—700 *мкл* и 30 августа 475 *мкл*. Такая же картина наблюдается и у сортов Арагаци, Адиси и Еревани желтый. В гребнях же, напротив, если 10 июня интенсивность дыхания составляла у сорта Армения 125 *мкл*, 25 июня она равнялась 250 *мкл*, а 30 августа—280 *мкл*. При обработке гиббереллином эти показатели выглядели соответственно так: 170 *мкл*, 275 *мкл* и 350 *мкл*.

У сорта Еревани желтый при обработке кустов гиббереллином сильно возрастает интенсивность дыхания ягод и гребней. Интенсивность дыхания этих органов по сравнению с контролем почти утраивается. Так, если в контроле 10 июня интенсивность дыхания составляла в ягодах 40 *мкл*, 25 июня—85 *мкл*, а 30 августа 125 *мкл*, то в варианте обработки гиббереллином эти показатели выглядели соответственно так: 175, 350 и 400 *мкл*.

Как и следовало ожидать, совершенно противоположные результаты получены при обработке виноградной лозы ретардантом ССС или хлорхолинхлоридом. У растений, обработанных этим препаратом, наблюдалась задержка роста побегов, междоузлия сильно укорачивались. Окраска листьев становилась после обработки интенсивно зеленой, в то время как при обработке гиббереллином листья приобретали желтоватый оттенок. Наши исследования показали, что хлорхолинхлорид тормозит интенсивность дыхания тканей виноградной лозы. Очень сильное торможение интенсивности дыхания в результате обработки ретардантом ССС наблюдается в верхушках побегов и в листьях; ягодах и гребнях интенсивность дыхания мало отличается

от контроля. Вероятно с этим связано то обстоятельство, что препарат ССС не оказывает отрицательного действия на завязывание плодов и урожайность кустов. Напротив, грозди на кустах, обработанных ССС, имеют более плотную структуру с большим числом ягод. Величина ягод при этом не отличается от величины ягод в контроле. Действие хлорхолинхлорида не отражается и на основаниях побегов. Наиболее чувствительными органами на обработку ССС являются верхушечные почки и молодые листья.

Проведенные нами исследования показывают, что гиббереллин способствует повышению интенсивности дыхания во всех надземных органах виноградной лозы. Стимуляция интенсивности дыхания под действием гиббереллина у семенных сортов выражена более резко, чем у бессемянных. Напротив, под воздействием хлорхолинхлорида наблюдается подавление интенсивности дыхания в верхушках побегов и листьях. Действие гиббереллина противоположено действию хлорхолинхлорида.

Армянский НИИ виноградарства,
виноделия и плодоводства

Մ. Մ. ՍԱՐԿԻՍՈՎԱ

Գիրքերելիքնի և ССС ռետարդանտի ազդեցությունը խաղողի տարբեր սորտերի շնչառության վրա

Ուսումնասիրվել է գիրքերելիքնի և ССС ռետարդանտի ազդեցությունը խաղողի սերմային և անսերմ սորտերի շնչառության վրա: Պարզվել է, որ գիրքերելիքնի ազդեցությամբ խաղողի վազի բոլոր օրգաններում շնչառության պրոցեսը խթանվում է: Այն ավելի ուժեղ է արտահայտվում չվերի գազաթններում և որոշ չափով թուղնում է չվերի հիմքի մոտ: Շնչառության խթանումը ավելի ուժեղ է արտահայտվում սերմային քան անսերմ սորտերի մոտ:

Ի տարբերություն գիրքերելիքնի, ССС ռետարդանտի ազդեցությամբ վերին չվերում և տերևներում նկատվում է շնչառության պրոցեսի անկում:

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

- ¹ М. Х. Чайлахян, Повесть о гиббереллинах, изд. „Знание“, М., 1963.
² М. Х. Чайлахян, Гиббереллины растений, Инструкция [по испытанию и применению гиббереллинов на культурных растениях, АН СССР, М. 1961. ³ М. Х. Чайлахян, М. М. Саркисова, ДАН СССР, т. 148, № 1, 219—222 (1963). ⁴ М. Х. Чайлахян, М. М. Саркисова, ДАН СССР, т. 165, № 6, 1443—1446 (1965). ⁵ М. Х. Чайлахян, М. М. Саркисова, Известия АН АрмССР, биологические науки, т. XVIII, № 2 (1965). ⁶ М. М. Саркисова, Известия АН АрмССР, биологические науки, т. XVIII, № 12 (1965). ⁷ А. С. Мелконян, М. М. Саркисова, ДАН АрмССР, т. XLI, № 3, (1965). ⁸ А. И. Закордо-нец, Известия АН СССР, сер. биол., № 1, 13—21 (1961). ⁹ Н. С. Туркова, Дыхание растений, изд. Московского университета, 1963. ¹⁰ Н. Д. Феофанова, „Ботанический журнал“, т. XV, 12, декабрь, 1960. ¹¹ А. В. Хотянович, „Ботанический журнал“, т. XVI, 1, январь, 1961. ¹² И. В. Мосолов, Л. В. Мосолов, ДАН, СССР, т. 136, № 2 (1961). ¹³ Г. М. Живухина, Н. И. Якушкина, Физиология растений, 13, № 1, 1966. ¹⁴ Б. А. Рубин, Дыхание и его роль в жизни растений, Изд. „Знание“, М., 1953.

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581/14

П. А. Хуршудян, Г. С. Авакян

О природе влияния интенсивности освещения на рост молодых деревьев ореха грецкого, произрастающих в лесном фитоценозе

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР В. О. Казаряном 12/1 1968)

Общая масса активных корней и листьев, по данным В. О. Казаряна и В. А. Давтяна ⁽¹⁾, изменяется сопряженно в онтогенезе растений. Даже искусственное уменьшение поверхности листьев или части активных корней приводит к энергичному восстановлению прежнего корнелистового соотношения. По представлению одного из этих авторов, необратимое уменьшение величины этого соотношения приводит к подавлению жизнедеятельности и старению растений ⁽²⁾. Однако старение вызывается также в результате крайнего ухудшения условий внешней среды: наступления длительной засухи, ослабления интенсивности освещения (под пологом леса) и др. Если исходить из

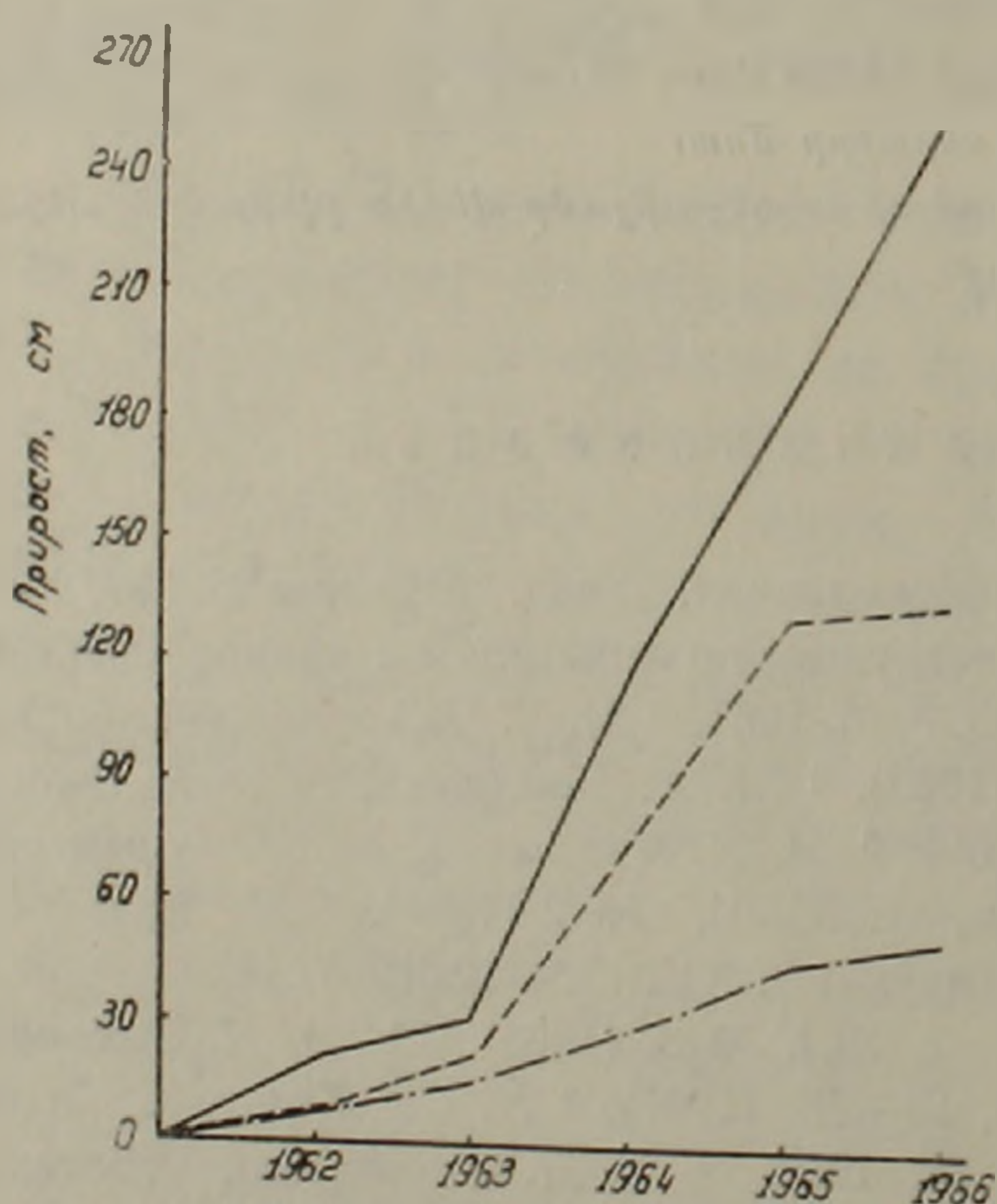


Рис. 1. Изменение среднего прироста подопытных деревьев ореха грецкого. Ряды: — центральный; — — — западный; — · — · — восточный.

бедашенского леспромхоза Армянской ССР.

новой концепции В. О. Казаряна о старении как затухания корне-листовой связи, наступающего вследствие уменьшения общей корнеобеспеченности листьев, мы вправе заключить, что подавление роста и усиление процессов старения растений, обитающих в неблагоприятных условиях среды, связаны с изменением массы корней и листьев в пользу последних. Для проверки этого положения нами были исследованы массы корней и листьев 5-летних деревьев ореха грецкого в реконструкционных посадках низкостелных лесов Садахлинского лесничества Де-

В реконструкционных полосах, шириною 15 м, были высажены рядами орех грецкий. За 5 лет, при одинаковом уходе, наблюдалась существенная разница между молодыми деревцами по высоте, мощности кроны, числу ветвей и листьев. Мощнее всех оказались деревья центрального ряда. Рост деревьев крайних рядов заметно был подавлен, особенно в восточном ряду. Указанная разница видна из приведенной кривой (рис. 1). По общей высоте деревья центрального ряда оказались в 1,7 раза больше деревьев западного и в 4,8 раза — восточного ряда. О росте и общей мощности исследуемых деревьев можно составить более полное представление из табл. 1.

Таблица 1

Некоторые дендрологические показатели сухой массы у деревьев, произрастающих на разных по освещенности рядах

Р я д ы	Высота деревьев, м	Диаметр деревьев у основания, см	Длина годового прироста, см	Сухой вес листьев, г	Сухой вес деревьев, г
Центральный	248	4,2	69,5	100,6	702,9
Западный краевой	140	2,8	17,1	64,2	418,8
Восточный	51	1,9	11,7	5,9	32,4

Как следует из приведенных цифр наблюдается прямая зависимость между весом деревьев и их листьев. Вес деревьев центрального ряда больше веса деревьев западного ряда в 1,5 раза и восточного в 17,0 раз, тогда как вес листьев деревьев центрального ряда больше веса листьев деревьев западного ряда в 1,6 раза и восточного — в 21,6 раза. В данном случае выявляется прямая зависимость между общими сухими весами деревьев и их листьев.

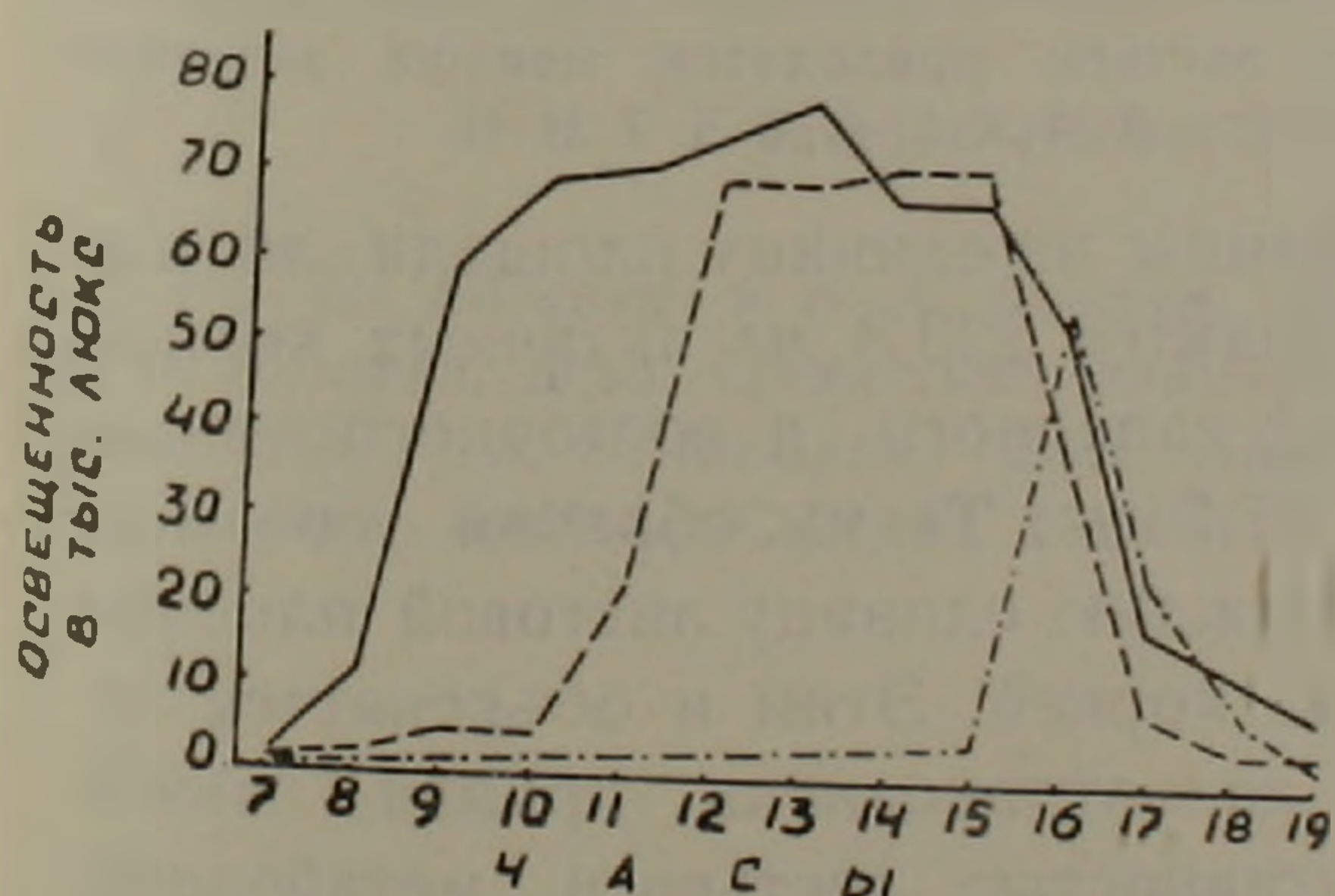


Рис. 2. Дневной ход изменения освещенности местообитания подопытных деревьев ореха грецкого. Обозначения те же, что и на рис. 1.

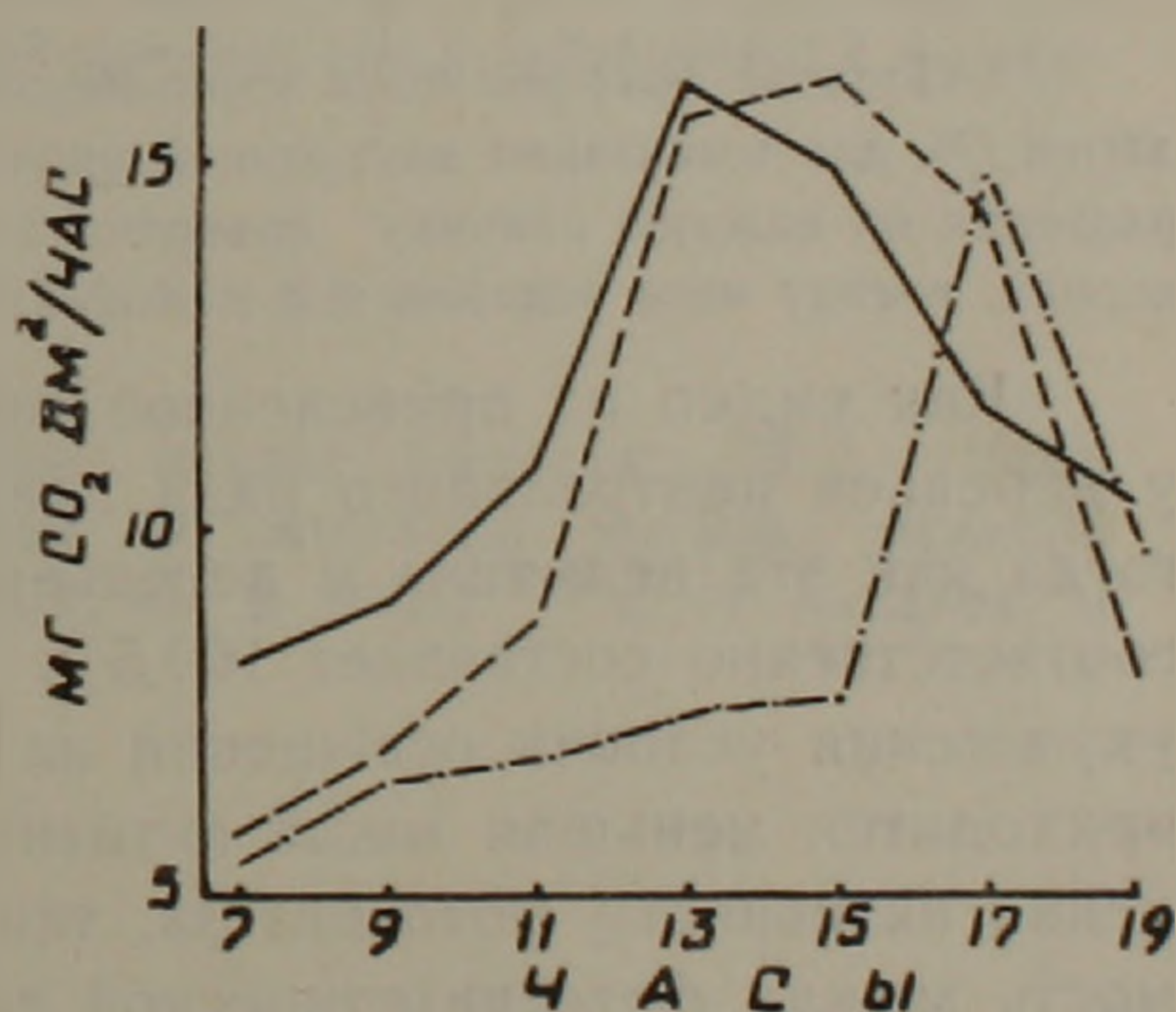


Рис. 3. Дневной ход интенсивности фотосинтеза листьев подопытных деревьев ореха грецкого. Обозначения те же, что и на рис. 1.

Подобная разница в росте, в весе листьев и деревьев, разумеется, была обусловлена условиями освещения. Исследуя дневной ход

изменения освещенности местообитания подопытных деревьев нами были получены следующие данные (рис. 2).

Как мы видим в наиболее благоприятных для освещения условиях находились деревья центрального ряда, в худших восточного. Такая разница в освещенности через общую фотосинтетическую продуктивность оказала существенное влияние на рост и накопление сухой массы (рис. 3).

Эти данные раскрывают внешние причины подавления роста деревьев, произрастающих в условиях слабого освещения. Внутренняя же причина, необратимого затухания роста по представлениям В. О. Казаряна (^{2,3}), является необратимое уменьшение коэффициента корнеобеспеченности листьев, т. е. усиление корневой недостаточности растений. Для экспериментальной проверки этого положения нами тщательно были выкопаны с корневой системой по 6 деревьев с центрального западного и восточного рядов. После тщательной промывки корневой системы под слабой струей воды, удаления и взвешивания всех активных корней и определения общей поверхности листьев были получены следующие данные (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент корнеобеспеченности листьев у подопытных деревьев
ореха грецкого

Ряды, с которых взяты деревья	Общая по- верхность листьев, дм ²	Сухой вес активных корней, г	Коэффициент корнеобеспеченности*
			листьев (вес активных корней г) поверхность листьев, дм ²
Центральный	179,7	40,13	233,3
Западный	136,6	21,9	160,5
Восточный	19,1	1,86	97,7

* Понятие коэффициента корнеобеспеченности листьев впервые вывел В. О. Казарян (²), для выявления внутренней причины старения растений. По мере старения растения на каждую единицу поверхности листьев приходится меньше активных корней, в силу чего ослабляется и жизнедеятельность листьев.

Как видно из приведенной таблицы на единицу площади листьев у деревьев центрального ряда приходится 223,3 мг активных корней, тогда как эта величина у деревьев с западного и восточного рядов соответственно составляет 160,5 и 97,7 мг. Таким образом по мере ухудшения условия освещения на каждую единицу листовой площади приходится меньшая масса активных корней. Этим и объясняется падение активности фотосинтеза, так как установлена прямая зависимость между фотосинтетической активностью листьев и метаболической деятельностью активных корней (⁴).

Приведенные данные показывают, что основной внутренней причиной ослабления роста, с чего и по В. О. Казаряну (²) начинается старение растений, является уменьшение корнеобеспеченности растений. Условия, способствующие ослаблению роста приводят, в первую

очередь, к уменьшению коэффициента корнеобеспеченности листьев, с чем и связано ослабление фотосинтетической активности последних.

Все эти данные дают основание заключить, что пониженная освещенность вызывает ослабление роста растений через уменьшение коэффициента корнеобеспеченности листьев, т. е. внутренней причиной затухания роста является возникновение и усиление корневой недостаточности.

Ботанический институт Академии наук
Армянской ССР

Պ. Ս. ԽՈՒՐՆՈՒԴՅԱՆ, Գ. Ս. ԱՎԱԴՅԱՆ

Լույսի ինտենսիվության ազդեցությունը երիտասարդ ընկուզենու աճի վրա, անտառային պայմաններում

Սաղախլուի անտառապետության ցածր արտադրողականության անտառների տնտեսական էֆեկտիվության բարձրացման նպատակով սկսած 1958 թ. կուլիսային եղանակով մասնաշարար աճեցված են ընկուզենիներ: Վերջիններս տնկվել են 15 մ լայնությամբ հատված անտառաշերտերում: Անտառային կուլիսից տարբեր հեռավորության վրա գտնվող ընկուզենու նույն հասակի ծառերի մոտ նկատվում է աճի մեծ տարբերություն: Շերտի կենտրոնում գտնվող ծառերը ցերեկվա բոլոր ժամերին, գտնվելով օպտիմալ լուսավորվածության պայմաններում ցույց են տալիս ֆոտոսինթեզի մեծ ակտիվություն, որը ապահովում է նրանց նորմալ աճը: Նզրային շարքերում գտնվող ծառերը օրվա որոշ ժամերին ընկնելով անտառի ստվերի տակ ցուցաբերում են թույլ ֆոտոսինթեզ և ընկճված աճ:

Վ. Հ. Ղազարյանի (2) ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ աճի անկման ներքին հիմնական պատճառը հանդիսանում է բույսի մոտ արմատային անբավարարության առաջացումը, որի զարգացումը աստիճանաբար տանում է դեպի բույսերի ծերացում:

Ուսումնասիրելով տարբեր աճ ունեցող ծառերի տերևների մեկ միավոր մակերեսին ընկնող ակտիվ արմատների քանակությունը, հեղինակները հանգել են այն եզրակացության, որ տվյալ դեպքում թույլ աճը արդյունք է նրանց արմատային անբավարարության: Հետևաբար, բույսերի կենսագործնական համար արտաքին անբարենպաստ պայմանները ազդում են բույսերի աճի վրա արմատային անբավարարություն առաջացնելու ճանապարհով, որը և հանդիսանում է բույսերի վաղ ծերացման ներքին գործոնը:

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

- ¹ В. О. Казарян и В. А. Давтян, „Биол. журнал Армении“, 19, 1 (1966).
² В. О. Казарян, Докл. Ереванского симпозиума по онтогенезу высших растений, Ереван, 1966. ³ В. О. Казарян, ДАН АрмССР, 41, 2 (1965). ⁴ В. О. Казарян и В. А. Давтян, ДАН АрмССР, 43, 4 (1967).

УДК 582.951.6

СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

И. И. Тумаджанов

Veronica bogosensis sp. nova m.—новый эндем
 верхнеальпийской аднивальской флоры Дагестана

(Представлено чл.-корр. АН СССР А. Л. Тахтаджяном 11/XII 1967)

Верхнеальпийская аднивальская флора Дагестана и всего Большого Кавказа к настоящему времени изучена настолько хорошо, что нахождение в ее составе нового для науки вида, стоящего особняком среди уже известных эндемичных и реликтовых растений, представляет большую редкость, и поэтому такая находка приобретает особый интерес. В статье приводится описание нового вида рода *Veronica* L., собранного нами в августе 1965 г. на верхнеальпийских осыпях Богосского хребта,—одного из самых труднодоступных в Дагестане.

Veronica bogosensis Tumad. sp. nova (sect. *Chamaedrys* Griseb.).

Herba perennis laxe caespitosa ad 7—8 cm alta, caulibus basi lignescentibus numerosis ascendentibus purpurascentibus, superne crebre foliosis. Tota planta imprimis parte superiore ob pilos longos flexuosos crinite pubescens, incanescens. Folia opposita 5—10 mm lg., 3—5 palmatipartita vel palmatisecta, segmentis oblongo-cuneatis plerumque plus minusve profundo obtuse fidis; folia inferiora triloba, cuneata fere sessilia, segmento medio lateralia interdum vix superante; lamina foliorum superiorum ambitu elliptico-spathulata in petiolum alatum ad 4 cm lg. sensim attenuata. Racemi axillares densi pauciflori tempore florendi ad 3 cm lg.; pedunculi sursum stricti ad 1 cm lg. calyce 2—3 plo longiores; bracteae inferiores trilobae foliis similes, bracteae superiores sessiles, cuneatae apice tridentatae ad 5 cm lg. cum foliis utrinque dense pilosae. Calyx quinquipartitus, calycis laciniis 4 aequilongis (4—5 mm lg.), lanceolatis abtusatis utrinque dense setosa—glandulosis capsula longioribus, lacinia quinta anguste—lanceolata diminuta ad 3 mm lg. vel haud evoluta. Corolla intense rosea ad 12 mm in diam., glabra, limbo in lobos lata—rotundatos partito, limbo in lobos late—rotundatos partito, lobus inferior laterales subaequans. Stamina corolla breviora. Stylus ad 7 mm lg. calycem superans. Capsula matura late cordata basi rotundata circa 5 mm lt. et 3 mm lg. calyce brevior, glabra vel sparse breviter pilosa apice obtuse sinuata, lobis complanatis rotundatis. Semina plano-convexa, oblongo-ovata, levia.

Typus: Caucasus. Daghestania montana, 3200 m supra m., in declivis australis abruptis schistosis jugi Bogos, 4.VIII.1965, fl., fr., I. Tuma-djanov (ERE).

Affinitas. Species maxime propria inter species caucasicas sectionis Chamaedrys Griseb. prominens. Foliorum forma speciebus seriei Turkomanicae Boriss. affinis est, sed caeteris notis (calyx quinquipartitus) ad species e serie Orientales Wulff accedit.

Habitat in declivibus schistosis regionis subnivalis Daghestaniae. Planta endemica.

Многолетнее растение с древеснеющими у основания многочисленными приподнимающимися красноватыми стеблями, образующими рыхлую дернинку до 7—8 см высоты. Все растение, особенно в верхних частях густо олиственных стеблей, сизое от косматого опушения длинными извилистыми волосками. Листья супротивные 5—10 мм длины, 3—5 пальчатораздельные или рассеченные на продолговатоклиновидные, обычно более или менее глубоко тупо надрезанные сегменты, средний из которых у тройчатых листьев иногда несколько превышает остальные; листовая пластинка верхних листьев в очертании широко-овально-лопатчатая, постепенно суженная в крылатый черешок до 4 мм длины. Нижние листья трехлопастные, клиновидные, почти сидячие. Кисти боковые густые немногочетковые, во время цветения не более 3 см длины; цветоножки косо вверх стоячие, до 1 см длины, в 2—3 раза длиннее чашечки, нижние прицветники трехлопастные, подобные листьям, верхние сидячие клиновидные, на вершине трехзубчатые до 5 мм длины, как и листья, с обеих сторон густо волосистые. Чашечка 5-раздельная, с 4 одинаковыми по длине (4—5 мм) с обеих сторон густо-щетинисто-железисто опушенными ланцетными туповатыми долями длиннее коробочки и пятой узколанцетной укороченной долей до 3 мм длины. Или пятая доля чашечки не развита. Венчик интенсивно розовый до 12 мм в диаметре, голый с отгибом из четырех широко-округлых долей, нижняя из которых почти равна боковым. Тычинки короче венчика, пестик до 7 мм длины и превышает чашечку. Зрелая коробочка широкосердцевидная короче чашечки около 5 мм ширины и 3 мм длины у основания округлая голая или рассеянно коротковолосистая с округлыми лопастями и неглубокой тупой выемкой. Семена плоско-выпуклые, гладкие, удлинено-яйцевидные.

Цветет VIII. Местообитание—щебнистые осыпи верхнеальпийского пояса.

Тип. Нагорный Дагестан на крутом южном склоне Богосского хребта на высоте 3200 м н. у. м. 4/VIII 1965, цв., плд., И. Тумаджанов. Хранится в гербарии Ботанического института Академии наук Армянской ССР (Ереван). Изотип в гербарии Института ботаники Академии наук Грузинской ССР (Тбилиси).

Описываемый новый вид среди других видов секции *Chamaedrys* Griseb. рода *Veronica* L., произрастающих на Кавказе, стоит не-



Рис. 1. *Veronica bogosensis* Tumad.

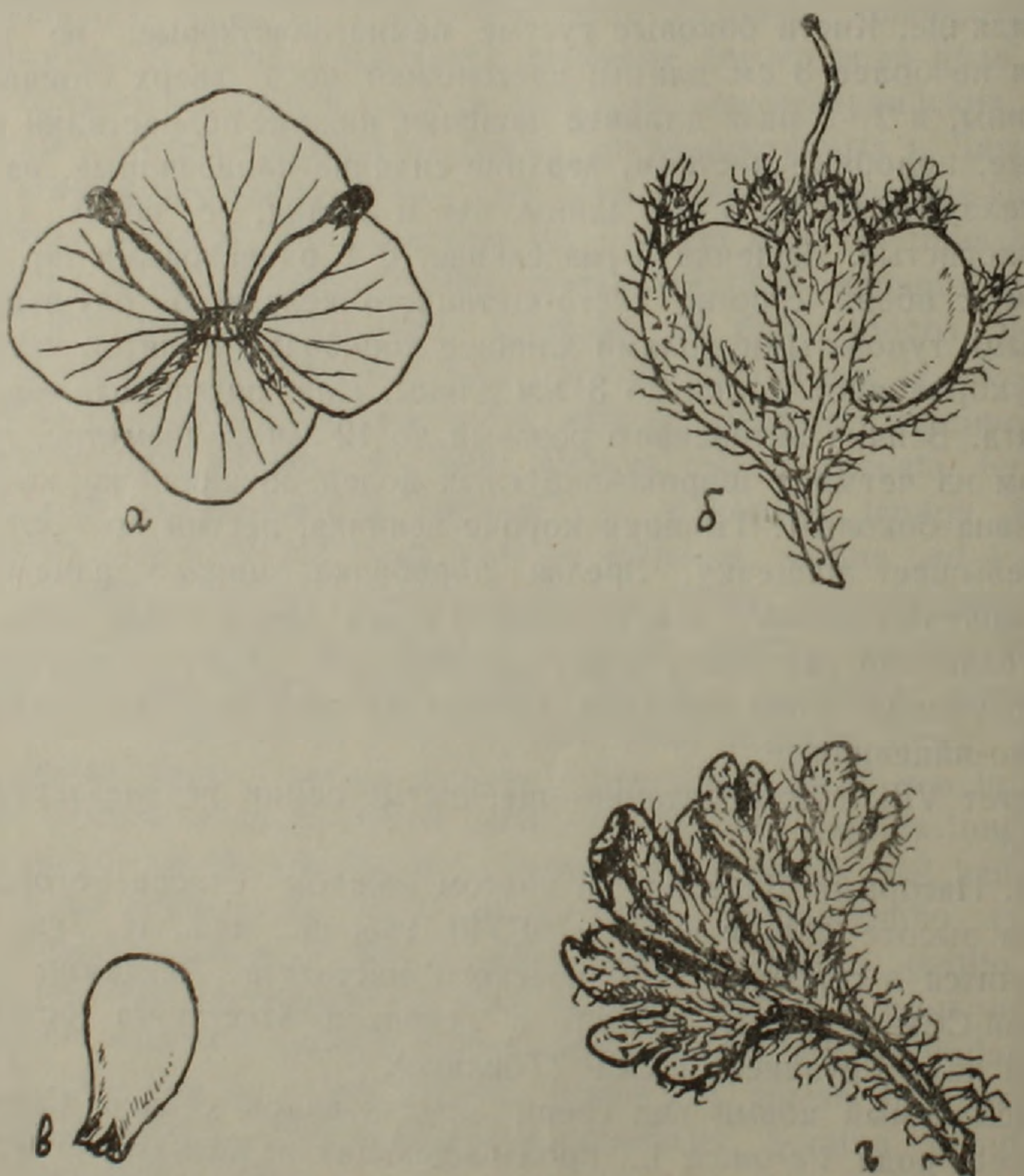


Рис. 2. Детали к растению *Veronica bogosensis* Tumad. а—венчик (увел. $\times 4$); б—коробочка с чашечкой ($\times 7$); в—семя ($\times 12$); г—лист ($\times 5$).

сколько особняком. На самом деле, при первом же знакомстве с этим растением становится совершенно очевидным, что по общему своему габитусу, а также по целому ряду других морфологических признаков, растение это не может быть непосредственно сближено с каким-либо другим из Кавказских высокогорных видов р. *Veronica* L.

Такое изолированное положение особенно подчеркивается сочетанием в этом растении признаков, разграничивающих различные ряды в секции *Chamaedrys* Griseb., а именно пальчатораздельными или рассеченными листьями (ряд *Turcomanicae* Boriss.), одновременно с наличием пятого хорошо развитого листочка чашечки (ряд *Orientales* Wulff), а также формой коробочки и семени.¹ И все же более внимательное сравнительное изучение этого вида убеждает в необходимости рассматривать его в генетической связи с рядом *Orientales*, выделенного ⁽⁴⁾ в его монографии Крымско-Кавказских видов р. *Veronica*. Однако группу видов, связанную с этим рядом, следует рассматривать более широко, предполагая вслед за ⁽⁴⁾, что исходная форма всей этой группы должна была охватывать и районы Центральной Азии, в подтверждение чего можно указать на произрастание в Джунгарии и Тарбагатае такого полиморфного вида этой группы, как *Veronica multifida* L.

При таком подходе к эволюции цикла близких форм, связанных с кавказско-переднеазиатскими представителями группы *Orientales* Wulff, в качестве одного из звеньев выступает выделенный ⁽³⁾ среднеазиатский ряд *Turcomanicae* Boriss., горные виды которого, произрастающие в поясе арчевого редколесья (*Veronica czerniakowskiana* Monjuschko) и в высокогорьях Копет-Дага (*Veronica tripartita* Boriss.), отличаются от видов ряда *Orientales* пальчатолопастными или раздельными листьями, подобно тому, как это характерно и для нашего вида—в этом отношении единственного среди Кавказских видов р. *Veronica* L.

Произрастание в Дагестане *Veronica bogosensis* m. следует рассматривать как результат очень древнего викарного формообразования, происходившего на основе общих с Копет-Дагом предковых популяций, охватывавших в плиocene до эпохи неотектонических поднятий территорию современной Горной Туркмении, Северного Ирана и восточной части Большого Кавказа. Этим самым еще раз подчеркивается высокая флорогенетическая роль Дагестана как центра эндемизма Восточного Кавказа, о которой так настойчиво и убедительно писал еще ⁽⁶⁾.

Описанный нами вид, пополняющий список палеоэндемов высокогорной аднивальской флоры Нагорного Дагестана, представляет собой то недостающее на Кавказе звено в веере формообразования, которое может служить лишним аргументом в пользу мнения ⁽¹⁾, высказанного на основе карнологического изучения ряда представителей р. *Veronica* L., что именно Кавказ (с прилегающими районами Передней Азии) является тем узловым пунктом, от которого расхо-

дятся основные пути эволюции в группе *Chamaedrys* Griseb. этого рода.

В этом отношении представители этой группы могут служить также убедительным примером того, как в результате сложного процесса адаптивной дивергенции возникают, с одной стороны, виды с широкими ареалами и широкой экологической амплитудой (полиморфные *Veronica multifida* L. и *Veronica orientalis* Mill.), а другой,—отмеченные выше виды со стенотопными ареалами, узко специализированные к условиям отдельных изолированных высокогорий.

Общее значение этих, неотделимых друг от друга направлений в приспособительной эволюции организмов—к более широкой изменчивой среде или к определенным и относительно постоянным условиям среды, убедительно показано в последнее время (1).

Таким образом, *Veronica bogosensis* n. sp.—новый замечательный эндем верхнеальпийской аднивальской флоры Нагорного Дагестана обнаруживает наибольшее сродство с эндемичными видами Горной Туркмении, относящимися к ряду *Turcomanicae* Boriss., произрастание которых в Северном Иране (3) считает вполне возможным. Вместе с тем вид этот перекликается с такими представителями ряда *Orientalis* Wulff, как североиранская горная *Veronica kurdica* Benth., заходящая и в Южное Закавказье, а также более ксерофитизированная армянская *Veronica armena* Boiss. et Huet, рассматриваемая (5) вслед за (4) в составе цикла форм, близко родственных к ряду *Orientalis* Wulff.

В заключение отметим, что на Богосском хребте *Veronica bogosensis* n. sp. обитает совместно с кавказско-переднеазиатской *Vavilovia formosa* (Stev.) An. Fedor., по нашим наблюдениям, произрастающей здесь в чрезвычайном обилии, местами буквально в качестве фонового растения на осыпях, также весьма характерной здесь *Pseudovesicaria digitata* (C. A. Mey.) Rupr., найденной недавно на изолированных высокогорьях Армении (2), и целым рядом других типичных представителей верхнеальпийской аднивальской флоры.

Институт ботаники Академии наук
Грузинской ССР

Ի. Ի. ԹՈՒՄԱԶԱՆՈՎ

Veronica bogosensis sp. nova n. sp. նոր էնդեմ Դաղստանի վերին ալպիական ադնիվալ ֆլորայից

Հոդվածում բերվում է բերենիկե (*Veronica* L.) գեղին պատկանող մի նոր տեսակի՝ *Veronica bogosensis* Tumad. նկարագրությունը: Գիտության համար նոր այդ տեսակը հեղինակը հավաքել է Դաղստանի Բոգոսի լեռնաշղթայի վերին ալպիական ձյունամերձ գոտուց: Նկարագրված տեսակը պատկանում է *Chamaedrys* Griseb. սեկցիային և իր արտաքին հատկանիշներով ազնի մոտ է լեռնային Խուրքմենիայի *Turcomanicae* Boriss. խմբին:

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

¹ Н. Г. Афанасьева и Л. З. Мешкова, Ботан. журн., 46, 2 (1961). ² А. А. Ахмедов и В. А. Манакян, „Известия АН АрмССР“, биол. науки 16 (1963). ³ А. Г. Борисова, Род Вероника—*Veronica* L., Флора СССР, 22, 1955. ⁴ Е. В. Вульф, Тр. Тифл. бот. сада, 15, 1914. ⁵ Л. М. Кемулариа-Натадзе, Сем. Scrophulariaceae, Флора Кавказа А. А. Гроссгейма, 7, 1967. ⁶ Н. И. Кузнецов, Изв. Русского Географ. Общества, 6-7, 1910. ⁷ А. Л. Тахтаджян, Система и филогения цветковых растений, 1966.

УДК 615.37

ФАРМАКОЛОГИЯ

Г. А. Камалян

Об антибактериальном свойстве комплексной связи
серебра с хлорофиллом

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Мирзояном 22/1 1968)

Исследован новый препарат серебра, который получается в результате действия на спиртовой экстракт хлорофилла раствором азотнокислого серебра (¹). Установлено, что полученный препарат обладает выраженным антимикробным действием. Препарат представляет собой после сушки нерастворимый порошок темно-коричневого цвета, в котором содержание серебра достигает 220 мг на один грамм вещества. С целью выявления его антибактериальной активности проводились экспериментальные работы в Институте микробиологии АН Армянской ССР. Результаты опытов показали, что препарат обладает широким спектром антибактериального действия (табл. 1).

Таблица 1
Антибактериальный спектр препарата

Культура испытуемых бактерий	Антибактериальная активность
Золотистый стафилококк St. aureus 209 .	+++
Кишечная палочка B. coli	+
Bac. cereus шт. 617	++
Bac. thuringiensis шт. 614	++
Bac. megaterium шт. 6	++
Bac. sp. шт. 314	+++
Candida albicans	+++
Torula utilis шт. 20	—
Torula rosea	—

Примечание: знаком (+) отмечена слабая, (++) — умеренная, (+++) — сильная антибактериальная активность, (—) — отсутствие действия.

На рис. 1—4 показано антибактериальное действие препарата на некоторые микроорганизмы.

Дальнейшее исследование препарата было проведено в Институте эпидемиологии и гигиены Министерства здравоохранения Армянской ССР им. Н. Б. Акопяна. Испытание было проведено на антибактериальную активность чашечным методом на мясопептонном агаре

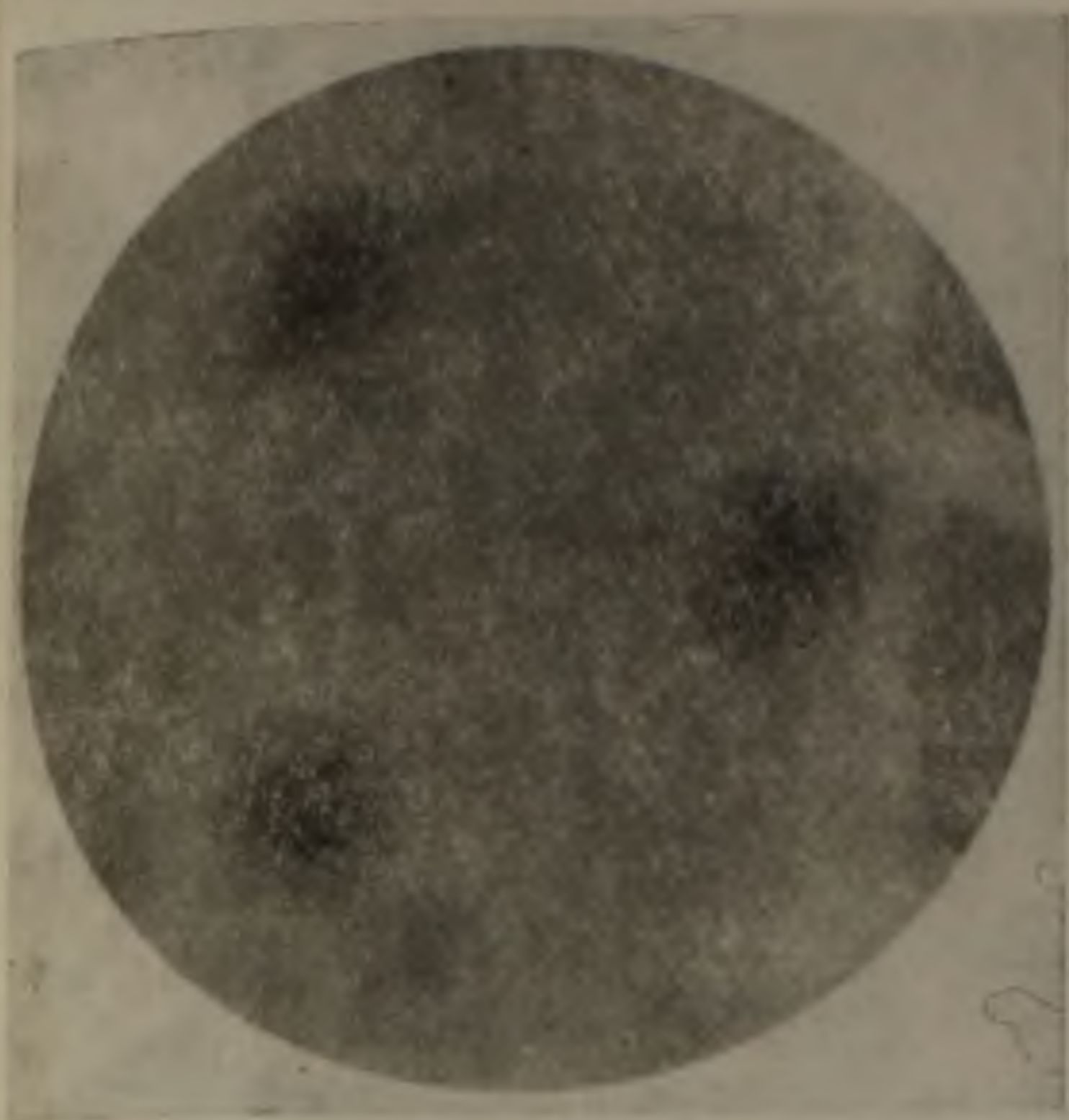


Рис. 1. *Bac. cereus* 617.

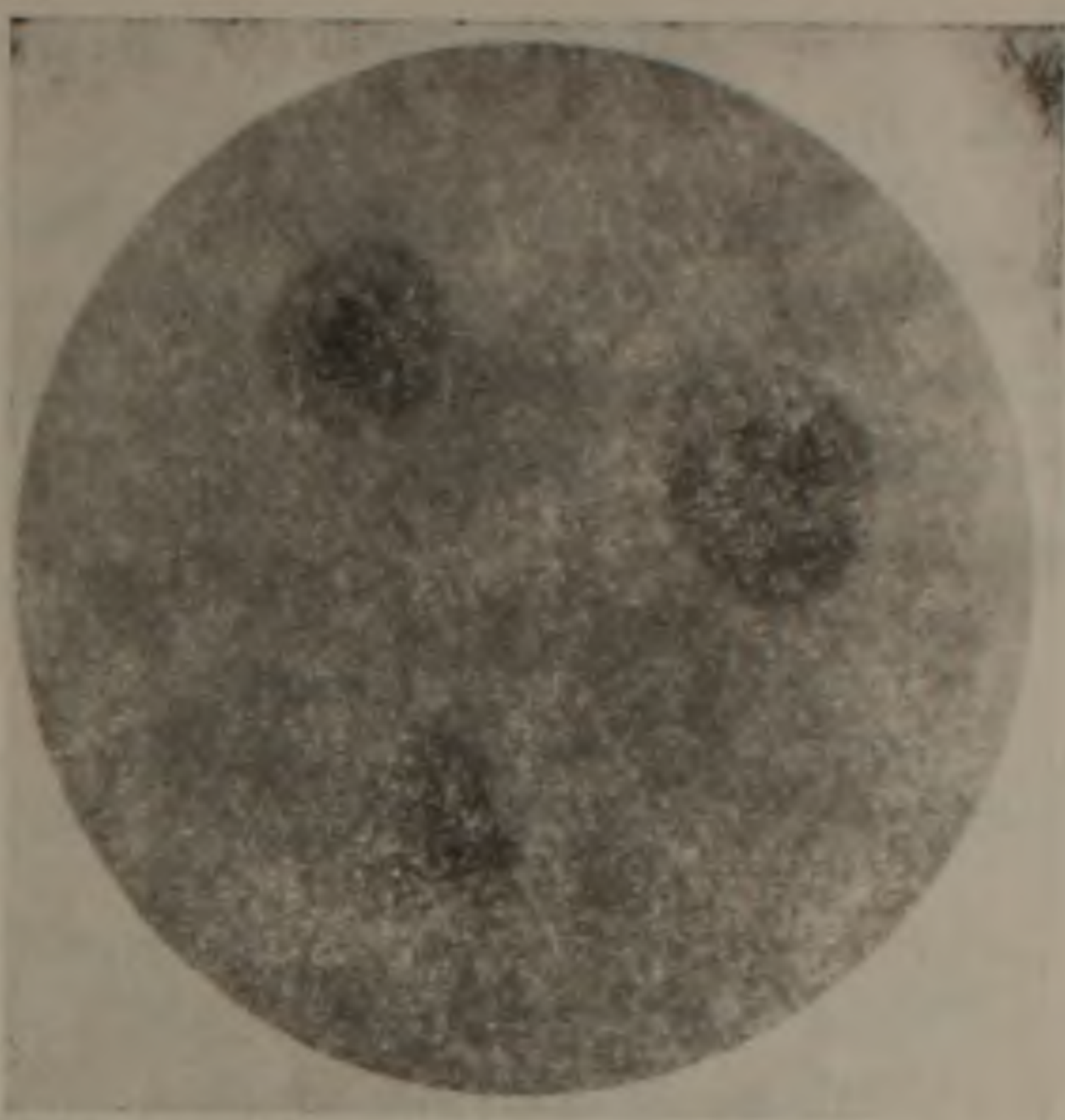


Рис. 2. *Bac. sp.* 314.

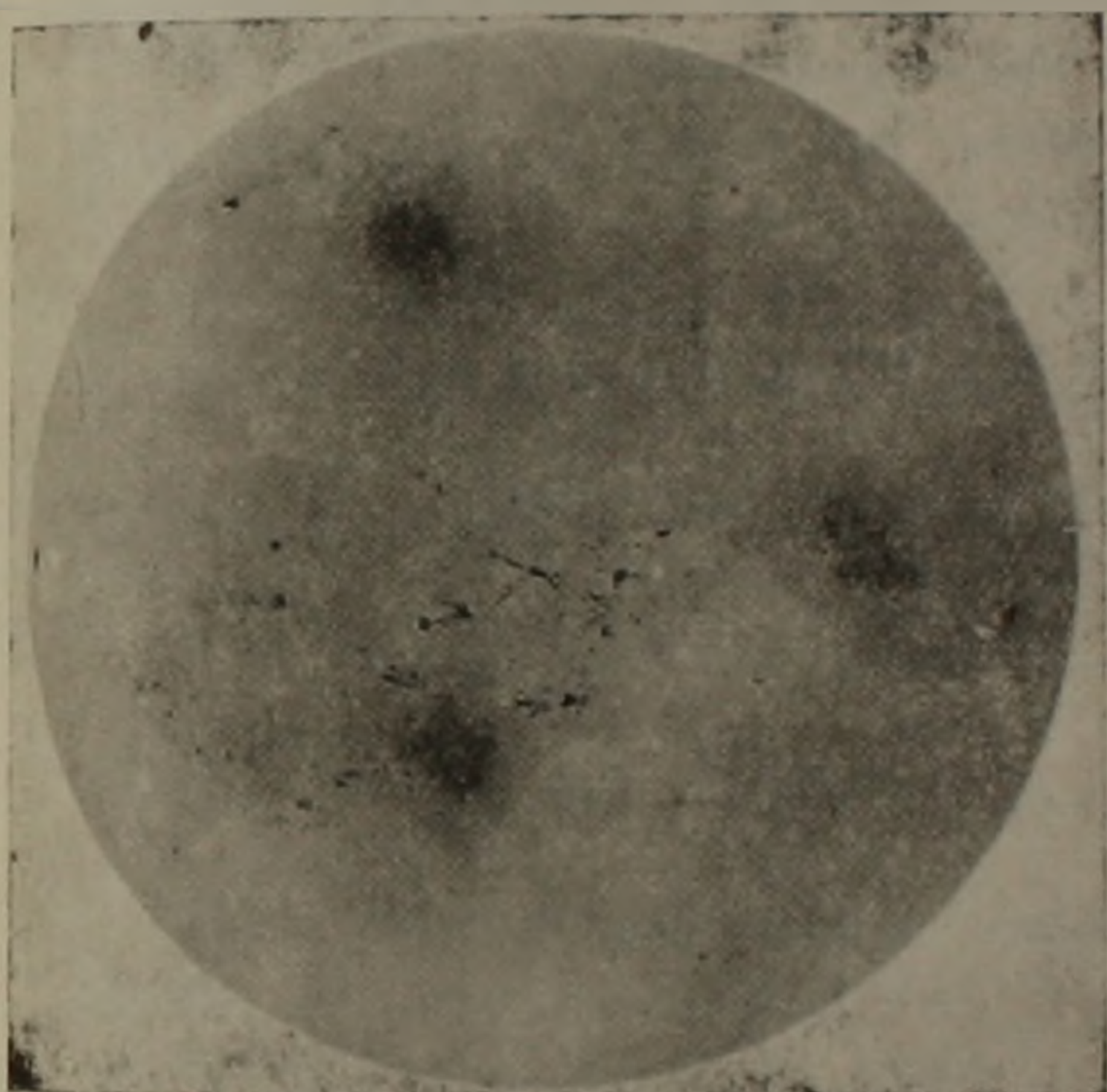


Рис. 3. *Candida albicans*.

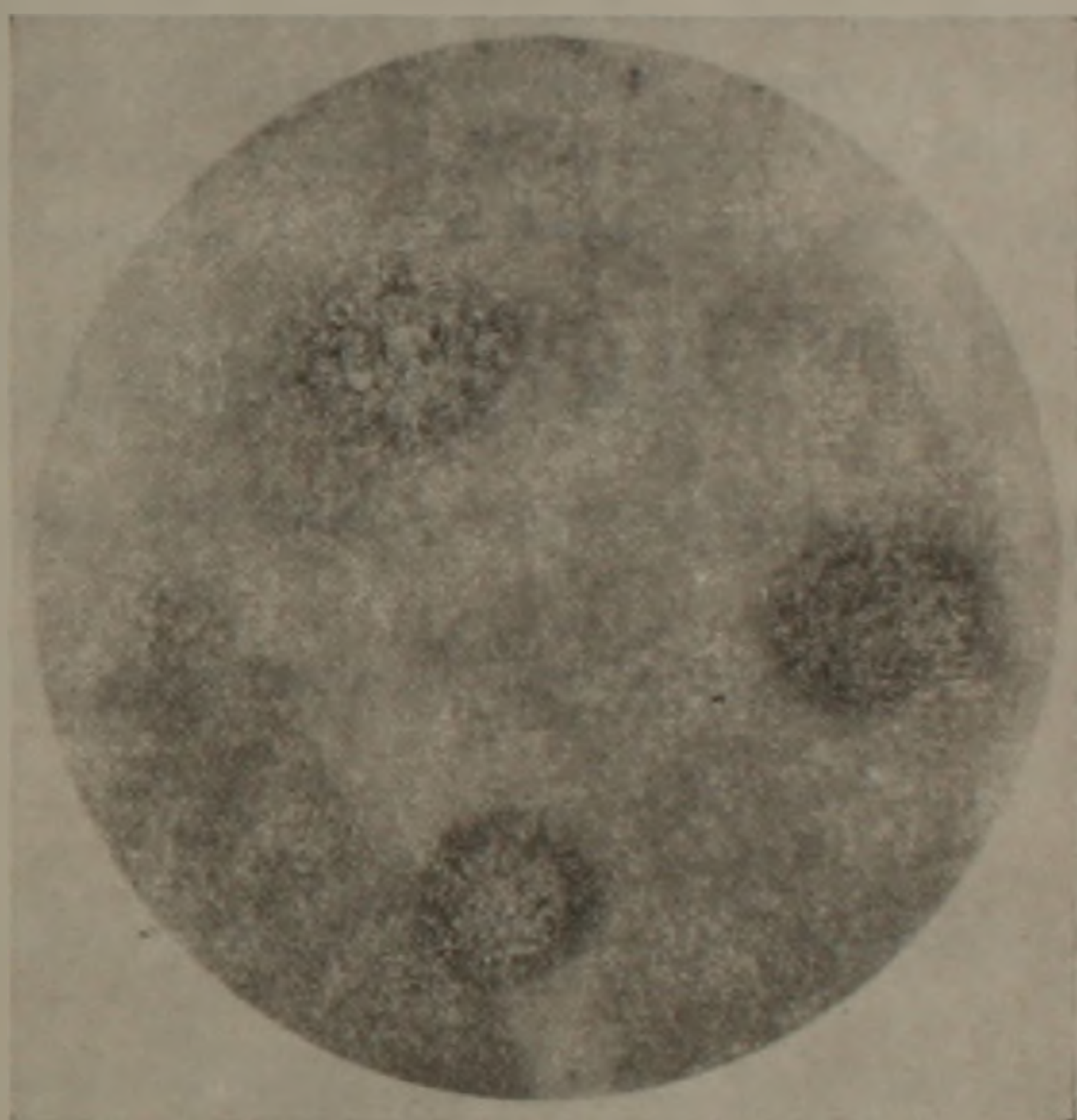


Рис. 4. Золотистый стафилококк
St. aureus 209.

Таблица 2
Антибактериальный спектр препарата

Испытанные культуры	Степень задержки роста
<i>S. paratyphi</i> B—412 . .	+++
<i>S. paratyphi</i> B—438 . .	+++
<i>S. paratyphi</i> B—355 . .	+++
<i>S. typhi</i> 289	+++
<i>S. typhi</i> 356	+++
<i>S. typhi</i> 134	+++
<i>Sh. shiga</i>	++++
<i>Sh. sonne</i>	+++
<i>Boydii</i>	+++
<i>Sh. Ifexneri</i>	+++
<i>St. aureus</i> 209 p	++++

Примечание: (+++) — зона задержки роста в 10—15 см.
(++++) — зона задержки роста в 20—25 см.

Лабораторное испытание препарата показало, что он вызывает образование зон задержек роста испытуемых культур (одиннадцать названий, табл. 2).

Проведенные опыты убеждают, что препарат обладает широким антибактериальным спектром и может быть рекомендован после дополнительных исследований для испытания в медицинской практике для лечения ран, ожогов, а также в качестве обеззараживающего средства.

Научно-исследовательский
горнометаллургический институт
Министерства цветной металлургии СССР

Գ. Ա. ՔԱՄԱԼՅԱՆ

Արժաթի ֆենֆիտինատը որպես հակամիկրոբային պրեպարատ

Արժաթի ֆենֆիտինատը, որն ստացվում է փոքրֆիլի սպիրտային լուծույթի վրա արժաթի նիտրատի ջրային լուծույթի ներգործությամբ, ունի հակամիկրոբային ունակություն: Այն ոչնչացնում է մի շարք հիվանդաբեր բակտերիաներ և այլ միկրոօրգանիզմներ:

Նշելով արժաթի ֆենֆիտինատի այս հատկանիշներին, այն կարելի է օգտագործել բժշկության, սննդի արդյունաբերության և գյուղատնտեսության մեջ:

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

- ¹ Г. А. Камалян, „Армянский химический журнал“, № 7, 1967.

