

ISSN 0132-0173

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

1
1998



ԵՐԵՎԱՆ
ЕРЕВАН

ԿԱՆՈՆՆԵՐ ԼԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ԸՄՄՈՒՐ

1. «Գիտական տեղեկագիր» ամսագրում հրատարակվում են Երևանի պետական համալսարանում կատարված օրիգինալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու նամակներ տեսական ու էքսպերիմենտալ բնույթի՝ մաթեմատիկայի, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, ռադիոֆիզիկայի, քիմիայի, երկրաբանության, կենսաբանության և ֆիզ. աշխարհագրության բնագավառներին:

2. Ընդունվում են նաև ԵՊՀ-ի մասնակցությամբ Հայաստանի Հանրապետությունում կայացած կոնֆերանսների, գիտաժողովների և գիտական դպրոցների մասին նյութեր:

3. Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, մեքենագրված երկու ինտերվալը մեկ, հայերեն կամ ռուսերեն լեզվով, ռուսերեն կամ հայերեն ամփոփումներով: Մ/կ-ից (վերևի ձախ անկյունում), հեղինակի անվանատերից ու ազգանունից և հոդվածի վերնագրից հետո բերվում է կարճ անոտագիտ: Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, նամակինը՝ 2:

4. Հոդվածի հետ առանձին էջով ներկայացվում է հեղինակի ազգանունը, հոդվածի վերնագիրը և ամփոփումը: Անգլերեն լեզվով, արձանագրությանը քաղվածքը այն ամբողջից, որտեղ կատարվել է քննարկվել է աշխատանքը, և հանձնաժողովի ակտը:

5. Թույլատրվում է 5-ից՝ աչ ավելի նկար երկու օրինակից (հստակ լուսանկար կամ զծագրեր՝ արված սև տուշով առանձին սպիտակ թղթի վրա): Յուրաքանչյուր նկարի հսկառակ կողմի վրա գրվում է կարգային համարը, հոդվածի վերնագիրը և հեղինակների ազգանունները: Տեքստի լուսանցքներում նշվում են նկարների և աղյուսակների տեղերը: Նկարների քաջատրությունները անհրաժեշտ է ներկայացնել առանձին էջի վրա ըստ հերթականության:

6. Միևնույն նյութը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:

7. Բանաձևերը գրվում են պարզ և ազատ սև տուշով կամ թանաքով: Անհրաժեշտ է մտադրված նշանները իրար նմանվող մեծատառերը և փոքրատառերը (S, \bar{s}, V, \bar{v}) ինդեքսները և ցուցիչները (A^2, B^2) : Կարմիր մատիտով ընդգծել հունական տառերը:

8. Բերվող գրականության մասին հոդվածում նշվում է միայն կարգային համարը քառանկուսի փակագծերում $([1], [2-5])$ ըստ հանդիպման հերթականության: Հոդվածի վերջում մույն հաջորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը. կարգային համարը, հեղինակների ազգանուններն ու անվանատառերը, գրքի կամ հոդվածի վերնագիրը: Պարթերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը՝ առանց չափերունների, թվականը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը և էջը: Գրքերի դեպքում՝ հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, թվականը և էջը: Չհրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիսերտացիայից) գրականության մեջ նշել չի թույլատրվում: Այլուստահմանյան գրականությունը տեքստում նշվում է հոդվածի լեզվով, իսկ գրականության մեջ՝ օրիգինալով (մեքենագրված կամ գրված սև թանաքով պարզ և ազատ):

9. Հոդվածի տեքստի վերջում ձախ կողմում նշվում է այն ամբողջը կամ լաբորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:

10. Հոդվածը ստորագրվում է թղթի հեղինակների կողմից:

11. Խմբագրությունը հեղինակին սույիս է առաջին արբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են միայն տպագրության սխալները:

ԲՈՎԱՆ ԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Մ Ա Թ Ե Մ Ա Տ Ի Կ Ա

Ա.Վ. Քոլյան – Ֆրենեի եռաչափ տարածությունը	3
Ա.Ս. Մաշուրյան – M - թվաբանությունները և նրանց հանգումակները (մոդելները)	8
Գ.Ա. Կարապետյան, Ա.Հ. Պետրոսյան – Վերասերվող կիսաէլիպտիկ հավասարումների լուծումը կիսատարածությունում	13

Մ Ե Խ Ա Ն Ի Կ Ա

Վ.Ռ. Բարսեղյան - Մեմբրանի տատանումների օպտիմալ դեկավարման մասին ֆիքսած միջանկյալ պայմանների առկայությամբ	24
Է.Խ. Գրիգորյան, Ա.Ս. Հակոբյան – Կոնտակտային խնդիր սեպի համար. որը սեղմվում է սիմետրիկ դասավորված վերջավոր և կիսաանվերջ հեծանքներով	30

Ֆ Ի Զ Ի Կ Ա

Ա.Ս. Զիրքիճյան – Ֆորանց - Կելդիշի էֆեկտը $A^3 B^5$ տիպի կիսահաղորդչային բարակ լարերում	41
Հ.Բ. Մովսեսյան, Հ.Շ. Պետրոսյան – Պղնձով լեգիրացված կադմիումի սելենիդի բյուրեղների անդրադարձման դիֆերենցիալ սպեկտրները	47

Ք Ի Մ Ի Ա

Մ.Գ. Գևորգյան, Ս.Ծ. Յավրյան, Ն.Յա. Սարգսյան – Լեոնա-մարգագետնային հողերի երեք ենթատիպերի տարբեր շերտերում H_2O_2 -ի քայքայման արագության մասին	50
Ն.Օ. Գյուլչյան, Զ.Ա. Միքայելյան, Ա.Ա. Եղիազարյան, Հ.Գ. Խաչատրյան – Ոսկու (III) բրոմատիդի հետազոտությունը ազինային շարքի մերկանյութ չեզոք կարմիրով էքստրակցիոն-արսուրբիոմետրիկ եղանակով ծծմբաթթվային միջավայրում	59

Կ Ե Ն Ս Ա Բ Ա Ն ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

Ս.Գ. Հովհաննիսյան, Մ. Ա. Դավթյան, Լ.Ե. Լաչինյան, Ա.Ռ. Պապոյան - Գլյուտամինաթթվի և ալանին-դեմիդրոզենազների ակտիվությունը Asp.niger R-3-ի ենթաբջջային ֆրակցիաներում	63
Ա.Ա. Համբարձումյան, Գ.Վ. Թոզալաքյան, Ա.Ն. Արզումանյան, Զ.Ա. Աղաջանյան, Մ.Թ. Պետրոսյան, Յու. Գ. Պոպով – Մուտակախտի և զետնատանձի կալուսային կոլտուրաների ֆենիլալանին-ամոնիակ-լիազային ակտիվության ուսումնասիրությունը	67

Հ.Հ. Հովհաննիսյան, Ս.Ա. Հակոբյան, Ս.Մ. Մինասյան, Ա.Ժ. Հակոբյան, Կ.Ռ. Հովհաննիսյան –
Լուսնի փուլերի ազդեցությունը սրտի աշխատանքի վրա..... 72

Մ.Ա. Կարապետյան, Ն.Ս. Հակոբյան, Ն.Վ. Սարգսյան – Սպեցիֆիկ և ոչ սպեցիֆիկ հրահրված պատասխանների էլեկտրաֆիզիոլոգիական բնութագիրը թթվածնային անբավարարության դինամիկայում..... 76

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ.Գ. Սիմոնյան, Ս.Գ. Բալյան, Հ.Խ. Չիլյան, Լ.Ս. Նազարյան – Հայաստանի և հարակից շրջանների նեոտեկտոնական ուսումնասիրությունների համառոտ ակնարկ (Փոքր կովկաս) 82

Ռ.Ս. Մինասյան, Վ.Գ. Վարդանյան – Ստորերկրյա ջրահոսքերի տարածական դիրքի ճշգրտումը դաշտային տվյալների վիճակագրական վերլուծման հիման վրա 88

ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Թ. Գրիգորյան – Լեռնային երկրների գետերի ջրի ջերմաստիճանի դիտարկումների ժամկետների և հաճախականության մասին (ՀՀ օրինակով) 93

ՀԱՂՈՐԳՈՒՄՆԵՐ

Մ.Լ. Երիցյան, Ֆ.Հ. Կարապետյան, Ս.Կ. Գրիգորյան – Ակրիլաթթվի ռադիկալային պոլիմերացումը պոլիվինիլսպիրտի ներկայությամբ..... 97

Հ.Հ.Գարբիցյան, Գ.Ն. Շապոշնիկովա, Հ.Գ. Խայատրյան – Հիմնային օրգանական ներկանյութերը որպես ամպերաչափական ռեագենտներ: XIV. Au (III) և Pd (II) անիոնային կոմպլեքսների փոխազդեցության ուսումնասիրությունը սաֆրանին T-ի հետ..... 100

Զ.Ռ. Անդրեասյան, Ռ.Տ. Մկրտչյան, Ս.Կ. Գրիգորյան, Ժ.Խ. Գրիգորյան – Բարձր մաքրության բարիումի ֆտորիդի ստացման եղանակ 103

Ն.Ա. Հովհաննիսյան, Մ.Գ. Սնափյան, Զ.Ա. Աղաջանյան, Մ.Թ. Պետրոսյան, Յու.Գ. Պոպով – Շուտուկախտի կալլուսային կոլտուրայի սուպերօքսիդ-դիսմուտազի ակտիվության վրա օքսիդային ստրեսի ազդեցությունը..... 106

ՆԱՄԱԿ ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅԱՆԸ

Կ.Մ. Գրիգորյան, Օ.Ա. Յուսեֆ – Հայաստան ներմուծվող այլուրում հայտնաբերված *Aspergillus* և *Penicillium* ցեղերի տեսակների կոնսպեկտ 109

УДК 513.813

А. В. КОЛЯН

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО ФРЕНЕ

Введено понятие трехмерного пространства Френе, найдены коэффициенты связности и доказана теорема о структуре такого пространства.

1. Используемые понятия. Топологическое пространство T будем называть n -мерным многообразием, если каждая точка обладает окрестностью, допускающей гомеоморфное отображение на открытую область n -мерного аффинного пространства R^n или на всю R^n .

Пара (окрестность, отображение) называется картой. Совокупность карт образует атлас этого пространства, если окрестности, принадлежащие этой совокупности, покрывают T .

Допустим (U, φ) и (V, ψ) - две карты и $U \cap V = W \neq \emptyset$.

Для $\forall A \in U$, $\varphi(A) \in R^n$ имеет координаты u^a , где $a=1, \dots, n$ относительно какого-нибудь фиксированного аффинного репера. Эти числа можно считать координатами точки A , так как с заданием точки A определится точка $\varphi(A)$, следовательно, и числа u^a , и наоборот, если заданы числа u^a , то определится точка $\varphi(A)$, и, следовательно, точка A .

Таким образом, любой точке A области U будут приписаны координаты u^a , поэтому U называется координатной окрестностью.

Итак, пространство T будет покрыто координатными окрестностями. В этом случае скажем, что в T введены локальные координаты. Фактически многообразие - это такое топологическое пространство, куда можно вводить локальные координаты.

Предположим, что $M \in W = U \cap V$. В этом случае ей будут приписаны одновременно координаты u^a , которые являются координатами $\varphi(M)$ в R^n , и координаты u^b , которые являются координатами $\psi(M)$ в R^n относительно того же репера. Очевидно, что все u^b являются функциями от u^a и все u^a являются функциями от u^b . Эти функции непрерывны. Они называются функциями связи.

Наложим на T такое условие: все функции связи, определяемые на $U \cap V \neq \emptyset$, k -раз дифференцируемы, и k -ые производные - непрерывные функции. В таком случае многообразие называется дифференцируемым многообразием.

В дифференциальной геометрии рассматриваются только дифференцируемые многообразия.

Будем считать, что вдоль кривой γ задана *связность*, если дан способ установить соответствие между векторами, приложенными к различным точкам этой кривой. Если вектор v^i , приложенный к точке кривой $u^a = u^a(t)$, изменяется в зависимости от t так, что остается соответствующим своему первоначальному значению по отношению к данной связности, то говорят, что он *переносится параллельно вдоль кривой* по отношению к данной связности [1].

Связность называется *аффинной*, если линейная зависимость векторов сохраняется при их параллельном перенесении.

Вдоль кривой γ дадим n линейно независимых векторных полей $\mathbf{a}_1^i(t), \dots, \mathbf{a}_n^i(t)$ и предположим, что каждое из них переносится параллельно вдоль кривой. В точке t_1 рассмотрим вектор v^i , который имеет координаты $\lambda^1, \dots, \lambda^n$ относительно базиса $\mathbf{a}_1^i(t_1), \dots, \mathbf{a}_n^i(t_1)$. Так как связность аффинная, то вектор v^i в точке t_2 имеет координаты $\lambda^1, \dots, \lambda^n$ относительно базиса $\mathbf{a}_1^i(t_2), \dots, \mathbf{a}_n^i(t_2)$.

Это значит, что поле, переносимое параллельно, можно задать таким образом

$$v^i(t) = \lambda^1 \mathbf{a}_1^i(t) + \dots + \lambda^n \mathbf{a}_n^i(t), \quad (1)$$

где $\lambda^k = \text{const}$, $k=1, \dots, n$.

(1) то же самое, что и

$$v^i(t) = \lambda^k \mathbf{a}_k^i(t). \quad (2)$$

Следовательно,

$$dv^i(t) = \lambda^k d\mathbf{a}_k^i(t). \quad (3)$$

Из (2) определим λ^k и поставим в (3). Для этого свертываем (2) с $\mathbf{a}_k^i(t)$, где $\mathbf{a}_k^i(t)$ - взаимный базис базиса $\mathbf{a}_k^i(t)$.

Получим

$$\lambda^k = \mathbf{a}_k^i(t) v^i(t). \quad (4)$$

Следовательно,

$$dv^i(t) = \mathbf{a}_j^k(t) d\mathbf{a}_k^i(t) v^j(t)$$

или

$$dv^i(t) = -\omega_j^i v^j(t), \quad (5)$$

где

$$\omega_j^i = -\mathbf{a}_j^k(t) d\mathbf{a}_k^i(t). \quad (6)$$

Систему величин ω_j^i называют дифференциальным объектом связности.

Условие параллельного перенесения принимает вид

$$\delta v^i = 0, \quad (7)$$

где

$$\delta v^i = dv^i + \omega_j^i v^j. \quad (8)$$

δv^i называется абсолютным дифференциалом вектора v^i .

Теперь определим понятие аффинного пространства. Дифференциальное многообразие M^n называется пространством аффинной связности A^n , если на каждой кривой задана аффинная связность, причем это задание удовлетворяет условию линейности: для всякой точки A и для всякого векторного поля, заданного в окрестности этой точки, абсолютный дифференциал вектора, принадлежащий этому полю, вычисленный в точке A для любой кривой, проходящей через A , есть линейная функция от вектора du^k :

$$\delta v^i = v^k du^k, \quad (9)$$

где v^k зависят от точки и v^i , но не зависят от du^k [1].

Из (8) и (9) следует

$$\partial_k v^i du^k + \omega_j^i v^j = v^i_k du^k$$

или

$$\omega_j^i v^j = (v^i_k - \partial_k v^i) du^k. \quad (10)$$

Так как правая часть (10) есть линейная функция du^k , то левая часть - также линейная функция от du^k . v^i не зависит от du^k , следовательно,

$$\omega_j^i = \Gamma^i_{kj} du^k, \quad (11)$$

где Γ^i_{kj} - функция точки и называется коэффициентом связности

$$\Gamma^i_{kj} = \Gamma^i_{kj}(u^a). \quad (12)$$

2. Понятие трехмерного пространства Френе. Рассмотрим дифференцируемое многообразие M^3 . На нем определим параллельный перенос по заданной кривой следующим образом. Как параллельно переносимое поле возьмем $\vec{\tau}(\sigma), \vec{v}(\sigma), \vec{\beta}(\sigma)$, где σ - есть натуральный параметр кривой, $\vec{\tau}(\sigma)$ - единичный касательный вектор, $\vec{v}(\sigma)$ - единичный вектор главной нормали, $\vec{\beta}(\sigma)$ - единичный вектор бинормали.

Закон параллельного переноса (1) примет вид:

$$\vec{V}(\sigma) = \lambda^1 \vec{\tau}(\sigma) + \lambda^2 \vec{v}(\sigma) + \lambda^3 \vec{\beta}(\sigma). \quad (13)$$

Так как $\lambda^p = \text{const}$, где $p=1, 2, 3$, то

$$d\vec{V}(\sigma) = \lambda^1 d\vec{\tau}(\sigma) + \lambda^2 d\vec{v}(\sigma) + \lambda^3 d\vec{\beta}(\sigma). \quad (14)$$

Из формул Френе:

$$\begin{aligned} d\vec{\tau}(\sigma) &= k_1(\sigma) d\sigma \vec{v}(\sigma), \\ d\vec{v}(\sigma) &= (-k_1(\sigma) \vec{\tau}(\sigma) - k_2(\sigma) \vec{\beta}(\sigma)) d\sigma, \\ d\vec{\beta}(\sigma) &= k_2(\sigma) d\sigma \vec{v}(\sigma). \end{aligned} \quad (15)$$

Из (14) и (15) следует

$$d\vec{V} = (\lambda^1 k_1 \vec{v} - \lambda^2 k_1 \vec{\tau} - \lambda^2 k_2 \vec{\beta} + \lambda^3 k_2 \vec{v}) d\sigma. \quad (16)$$

Из (13) следует

$$\begin{aligned} \lambda^1 &= \vec{V} \vec{\tau}, \\ \lambda^2 &= \vec{V} \vec{v}, \\ \lambda^3 &= \vec{V} \vec{\beta}. \end{aligned} \quad (17)$$

Из (16) и (17) следует

$$\begin{aligned} d\vec{V}/d\sigma &= k_1(\vec{V}, \vec{\tau}) \vec{v} - (\vec{V}, \vec{v}) k_1 \vec{\tau} - (\vec{V}, \vec{v}) k_2 \vec{\beta} + (\vec{V}, \vec{\beta}) k_2 \vec{v} = \\ &= k_1[\vec{V}, \vec{\beta}] - k_2[\vec{V}, \vec{\tau}]. \end{aligned} \quad (18)$$

Допустим, что по отношению к фиксированному базису e_1, e_2, e_3 векторы τ, υ, β имеют координаты:

$$\begin{aligned}\vec{\tau} & (\tau^1, \tau^2, \tau^3), \\ \vec{\upsilon} & (\upsilon^1, \upsilon^2, \upsilon^3), \\ \vec{\beta} & (\beta^1, \beta^2, \beta^3).\end{aligned}\tag{19}$$

Из (18) следует

$$\begin{aligned}dv^1/d\sigma &= k_1(\beta^3\upsilon^2 - \upsilon^3\beta^2) - k_2(\tau^3\upsilon^2 - \tau^2\upsilon^3), \\ dv^2/d\sigma &= k_1(\beta^1\upsilon^3 - \upsilon^1\beta^3) - k_2(\tau^1\upsilon^3 - \tau^3\upsilon^1), \\ dv^3/d\sigma &= k_1(\beta^2\upsilon^1 - \upsilon^2\beta^1) - k_2(\tau^2\upsilon^1 - \tau^1\upsilon^2).\end{aligned}\tag{20}$$

Из (5) следует

$$\begin{aligned}dv^1 &= -\omega^1_1 v^1 - \omega^1_2 v^2 - \omega^1_3 v^3, \\ dv^2 &= -\omega^2_1 v^1 - \omega^2_2 v^2 - \omega^2_3 v^3, \\ dv^3 &= -\omega^3_1 v^1 - \omega^3_2 v^2 - \omega^3_3 v^3.\end{aligned}\tag{21}$$

Так как (v^1, v^2, v^3) – любой параллельно переносимый вектор, то из (20) и (21) следует

$$\begin{aligned}\omega^1_1 &= 0, \\ \omega^1_2 &= -(k_1\beta^3 - k_2\tau^3) d\sigma, \\ \omega^1_3 &= (k_1\beta^2 - k_2\tau^2) d\sigma, \\ \omega^2_1 &= (k_1\beta^3 - k_2\tau^3) d\sigma, \\ \omega^2_2 &= 0, \\ \omega^2_3 &= (-k_1\beta^1 + k_2\tau^1) d\sigma, \\ \omega^3_1 &= (-k_1\beta^2 + k_2\tau^2) d\sigma, \\ \omega^3_2 &= (k_1\beta^3 - k_2\tau^3) d\sigma, \\ \omega^3_3 &= 0.\end{aligned}\tag{22}$$

Из (11) следует

$$\omega^1_1 = (\Gamma^1_{11}\tau^1 + \Gamma^1_{21}\tau^2 + \Gamma^1_{31}\tau^3)d\sigma.$$

Так как $\omega^1_1 = 0, \omega^2_2 = 0, \omega^3_3 = 0$, следовательно,

$$\Gamma^1_{11} = \Gamma^1_{21} = \Gamma^1_{31} = 0,\tag{23}$$

$$\Gamma^2_{12} = \Gamma^2_{22} = \Gamma^2_{32} = 0,\tag{24}$$

$$\Gamma^3_{13} = \Gamma^3_{23} = \Gamma^3_{33} = 0.\tag{25}$$

Из (22) следует

$$\omega^1_2 + \omega^2_1 = 0,\tag{26}$$

$$\omega^1_3 + \omega^3_1 = 0,\tag{27}$$

$$\omega^2_3 + \omega^3_2 = 0.\tag{28}$$

С помощью (11) из (26) получится

$$(\Gamma^1_{12} + \Gamma^2_{11})\tau^1 + (\Gamma^1_{22} + \Gamma^2_{21})\tau^2 + (\Gamma^1_{32} + \Gamma^2_{31})\tau^3 = 0.$$

Так как (τ^1, τ^2, τ^3) произвольны, то

$$\begin{aligned} \Gamma^1_{12} + \Gamma^2_{11} &= 0, \\ \Gamma^1_{22} + \Gamma^2_{21} &= 0, \\ \Gamma^1_{32} + \Gamma^2_{31} &= 0. \end{aligned} \quad (29)$$

Аналогично из (27) и (28) следует

$$\begin{aligned} \Gamma^1_{13} + \Gamma^3_{11} &= 0, \\ \Gamma^1_{23} + \Gamma^3_{21} &= 0, \\ \Gamma^1_{33} + \Gamma^3_{31} &= 0. \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \Gamma^2_{13} + \Gamma^3_{12} &= 0, \\ \Gamma^2_{23} + \Gamma^3_{22} &= 0, \\ \Gamma^2_{33} + \Gamma^3_{32} &= 0. \end{aligned} \quad (31)$$

Из (24), (25), (29), (30), (31) условий вытекает следующее:

$$\Gamma^k_{ij} = -\Gamma^i_{jk} \quad (32)$$

Таким образом коэффициенты связности Френе удовлетворяют условию (32).
Для тензора кручения S^i_{jk} пространства A^n имеем

$$S^i_{jk} = 1/2(\Gamma^i_{jk} - \Gamma^i_{kj}), \quad (33)$$

$$S^i_{jk} = 1/2(\Gamma^i_{jk} - \Gamma^i_{kj}), \quad (34)$$

$$S^k_{ij} = 1/2(\Gamma^k_{ij} - \Gamma^k_{ji}). \quad (35)$$

Складывая их, получим

$$\Gamma^i_{jk} = S^k_{ij} + S^i_{jk} + S^i_{kj}. \quad (36)$$

Если тензор кручения равен 0, то из (36) следует $\Gamma^i_{jk} = 0$, и связность Френе будет аффинной. Таким образом доказана следующая теорема.

Теорема. Трехмерное пространство Френе есть или пространство с кручением, или аффинное пространство R^3 .

Кафедра алгебры и геометрии

Поступила 30.10. 1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Норден А. П. Пространства аффинной связности. М., 1976.

Ա. Վ. ՔՈՆՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԻ ԵՌԱԶԱԾ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Մտածված է ֆիզիկական տարածության գաղափարը, գտնված են կապակցության գործակիցները և անվազուցված է թեորիան այդպիսի տարածության կառուցվածքի վերաբերյալ:

УДК 517.11

А. С. МАШУРЯН

М -АРИФМЕТИКИ И ИХ МОДЕЛИ

В этой статье, уточняя и определяя некоторые из введенных в предыдущих наших работах (см. список литературы) понятий, связанных с М-арифметиками, рассматриваем следующие три из М-арифметик: абсолютную арифметику, классическую арифметику Пеано и слабую арифметику Пеано. Исследуем модели (квазиарифметики) слабой арифметики Пеано и доказываем (основная теорема), что каждая квазиарифметика представима в виде объединения двух частей, из которых первая есть модель арифметики Пеано, а другая получается из первой определенным естественным преобразованием.

Предпринятое нами, начиная с [1], изучение принципа математической индукции привело к возникновению следующих трех направлений исследования, отраженных в [2].

I. Характеризация и классификация носителей свойства индукции - моделей аксиомы индукции (АИ), т.е. исследование семантики теории индукции.

II. Построение метатеории некоторых формальных теорий, названных в [2] М-арифметиками, содержащих АИ в числе собственных аксиом, т.е. исследование синтаксиса теории индукции.

III. Характеризация классов функций, представимых в той или иной М-арифметике; исследования в этом направлении мы называем функциологией теории индукции или М-арифметик.

Данная статья относится к I и II из этих направлений.

Определение 1. Сигнатуру $\sum_0 = \langle 0; ' ; \Rightarrow \rangle$, где 0 – предметная константа, - одноместная функциональная буква, = – двуместная предикатная буква, называем унарной.

Сигнатуру $\sum = \langle 0; ' ; + ; ; \Rightarrow \rangle$, где 0, ' , = те же, что и выше, а + и ' – двуместные функциональные буквы, называем абсолютно арифметической.

Язык L_{\sum_0} первого порядка сигнатуры \sum_0 называем унарным.

Язык L_{\sum} первого порядка сигнатуры \sum называем абсолютно арифметическим.

Язык первого порядка, сигнатура которого содержит сигнатуру \sum , называем арифметическим.

Модели унарного языка называем унарными, (абсолютно) арифметического языка – (абсолютно) арифметическими.

Интерпретации символов 0; ' ; + ; ; = в какой-либо модели обозначаем теми же символами и называем соответственно нулем, операцией следования, сложением, умножением, равенством.

Если М – модель какого-либо языка, то через $|M|$ обозначаем носитель этой модели.

Определение 2. Пусть L – расширение унарного языка. Следующая схема аксиом называется аксиомой индукции (АИ) для L:

$$[\varphi(0) \& \forall x(\varphi(x) \supset \varphi(x'))] \supset \forall x \varphi(x),$$

где $\varphi(x)$ - произвольная формула L со свободной переменной x .

Определение 3. Теория первого порядка арифметического языка называется M -арифметикой, если множество ее собственных аксиом содержит АИ и некоторые из нижеперечисленных формул:

- а) группа аксиом нуля: $1^0 \exists x(x' = 0)$, $2^0 \forall x(x' \neq 0)$ (первая аксиома Пеано);
- б) группа операций следования: $1^0 \forall x \forall y(x = y \supset x' = y')$, $2^0 \forall x \forall y(x' = y' \supset x = y)$ (вторая аксиома Пеано);
- с) группа сложения: $1^0 \forall x(x + 0 = x)$, $2^0 \forall x \forall y(x + y' = (x + y))$;
- д) группа умножения: $1^0 \forall x(x \cdot 0 = 0)$, $2^0 \forall x \forall y(xy' = xy + x)$;
- е) группа равенства: $1^0 \forall x(x = x)$ (рефлексивность), $2^0 \forall x \forall y(x = y \supset y = x)$ (симметричность); $3^0 \forall x \forall y \forall z(x = y \supset (x = z \supset y = z))$ (транзитивность);
- ф) группа антифинитности: состоит из бесконечного числа формул вида $0' \neq 0, 0'' \neq 0, \dots$

Условимся для произвольного термина t обозначать через $t^{(n)}$ терм $t^{\overbrace{\dots}^n}$, а терм $0^{(n)}$ через \bar{n} . Тогда группу ф) можно записать в виде $\bar{n} \neq 0 (n = 1, 2, \dots)$.

Ниже перечислены те из M -арифметик, которые в данной статье будут использованы.

Определение 4. M -арифметика, собственными аксиомами которой являются (кроме АИ)

- 1. группа равенства е) и аксиома 1^0 из б), называется минимальной M -арифметикой и обозначается M_{Inar} ,
- 2. транзитивность равенства 3^0 из е), 1^0 из б), группа сложения с) и группа умножения д), называется абсолютной арифметикой и обозначается AM ,
- 3. AM вместе с аксиомой 2^0 из б), называется второй средней арифметикой и обозначается M_2M ,
- 4. M_2M вместе с первой аксиомой Пеано (аксиома 2^0 из а)), называется арифметикой Пеано и обозначается PM . Это – общепринятый (обычный, классический) формальный вариант обычной арифметики – система S из [3],
- 5. M_2M вместе с бесконечной группой аксиом антифинитности (группа ф)), называется второй слабой арифметикой Пеано и обозначается через W_2PM .

Рассмотрим модели некоторых M -арифметик. Следующее утверждение очевидно.

Теорема 1. Каждая модель каждой M -арифметики является обогащением до соответствующего языка некоторой модели минимальной M -арифметики M_{Inar} . Каждая модель каждой M -арифметики, отличной от M_{Inar} , является моделью абсолютной арифметики AM .

Определение 5. Модели M_{Inar} называются урарифметиками. Модели AM называются квазиарифметиками или AM -арифметиками.

Известно [4], что единственными конечными AM -арифметиками являются унары конечной характеристики $(m, n) (m, n \in \omega, n \neq 0)$. Натуральный ряд в естественном порядке и с обычными операциями сложения и умножения (стандартная модель ω формальной арифметики Пеано PM) – единственная бесконечная квазиарифметика, являющаяся унаром (характеристики $(\infty, 0)$).

Теорема 2. Вторая слабая арифметика Пеано (М-арифметика W_2PM) непротиворечива.

Доказательство. Предположим, что формула $\forall x(x' \neq 0)$ доказуема в W_2PM , и пусть $\bar{k} \neq 0$ – последняя из антифинитных аксиом, используемых в этом доказательстве. Тогда эта формула истинна на унаре характеристики $(0, n)$ при $n > k$, что противоречит равенству $\bar{n} = 0$, также истинному в этом унаре. Таким образом, в W_2PM имеется недоказуемая формула, что и доказывает теорему.

Определение 6. Модели PM называются пеановыми квазиарифметиками. Модель W_2PM , не являющаяся моделью PM , называется непеановой квазиарифметикой.

Теорема 3. Среди моделей W_2PM имеются непеановы квазиарифметики.

Доказательство. Добавим к W_2PM аксиому $\exists x(x' = 0)$ (формула 1^0 из группы а). Проверим, что полученная теория T непротиворечива.

Действительно, противоречивость T означала бы, что первая аксиома Пеано (формула 2^0 из а), являющаяся отрицанием формулы $\exists x(x' = 0)$, является теоремой W_2PM . Пусть $\bar{n} \neq 0$ – последняя антифинитная аксиома, участвующая в этом доказательстве формулы $\forall x(x' \neq 0) \equiv \neg(\exists x(x' = 0))$. Тогда эта формула была бы истинна в унаре характеристики $(0, n+1)$. С другой стороны, в этом унаре истинна формула $\overline{n+1} = 0$, что противоречит аксиоме $\forall x(x' \neq 0)$. Т.к. теория T непротиворечива, она имеет модель. Пусть M – одна из таких моделей. По построению T , в M истинна формула $\exists x(x' = 0)$; с другой стороны, M – модель и для W_2PM (ведь T – расширение W_2PM). Таким образом, M – непеанова квазиарифметика, и теорема доказана.

Итак, модели W_2PM разбиваются на два класса: класс пеановых квазиарифметик (в них истинна формула $\forall x(x' \neq 0)$) и класс непеановых квазиарифметик, в которых истинна формула $\exists x(x' = 0)$.

Если T – теория, M – модель T , φ – формула языка T , то записи $T \vdash \varphi$, $T \models \varphi$, $\exists!$ означают, как обычно, что соответственно " φ – теорема теории T ", " φ истинна во всех моделях теории T ", "существует, при этом единственное". Кроме того, запись $M \models \varphi$ будет означать, что " M – модель теории T и формула φ истинна в M ".

Теорема 4. Если $M \models^{W_2PM} \exists x(x' = 0)$, то $M \models^{W_2PM} \exists! x(x' = 0)$.

Доказательство. Т.к. формула $\forall x \forall y (x' = y' \supset x = y)$ – аксиома W_2PM , то из $a' = 0$, $b' = 0$ (по транзитивности равенства) получим $b' = a'$, затем, применив правило отделения (MP), – требуемое равенство $b = a$.

Таким образом, в каждой непеановой квазиарифметике имеется единственный элемент a со свойством $a' = 0$. Обозначим этот элемент через $\bar{1}$ и назовем сопряженным элементом элемента $\bar{1} = 0'$.

Определение 7. Пусть M – непеанова квазиарифметика. Для каждого элемента x обозначим через x^* , называя его элементом, сопряженным с x , элемент $x^* = \bar{1} \cdot x$.

Теорема 5. $x + x^* = 0, 0^* = 0, x^{**} = x, (x + y)^* = x^* + y^*, (xy)^* = xy^* = x^* \cdot y, x = y$ тогда и только тогда, когда $x^* = y^*, 1^* \cdot 1^* = \bar{1}, 1^* \neq \bar{1}, 1^* \neq 0$.

Доказательства всех этих соотношений - непосредственные применения соответствующих определений.

Определение 8. Замкнутая формула φ теории T называется неразрешимой в T , если ни φ , ни ее отрицание $\neg\varphi$ не являются теоремами T . Теория T называется неполной, если в ней имеется неразрешимая формула.

Знаменитая теорема Геделя о неполноте утверждает неполноту арифметики Пеано PM . Известно, ценой каких громоздких построений удастся построить – при этом крайне искусственную – неразрешимую в PM формулу.

Теорема 6. Формула $\varphi_0 = \forall x \forall y (x + y = 0 \supset x = 0 \& y = 0)$ в W_2PM неразрешима.

Доказательство. Т.к. $PM \vdash \varphi_0$ (3, гл. 3), то φ_0 истинна в любой пеановой квазиарифметике. Выше было установлено (теорема 3), что W_2PM имеет непеановы модели. Пусть M_1 - непеанова квазиарифметика, M_2 – пеанова. Уже имеем, что $M_2 \models^{W_2PM} \varphi_0$. Т.к. $\bar{1} + 1^* = 0$, $\bar{1} \neq 0$, $1^* \neq 0$, то φ_0 в M_1 ложна. Таким образом, замкнутая формула φ_0 истинна в одних моделях W_2PM и ложна – в других. Это, по теореме Геделя о полноте, означает, что φ_0 – неразрешимая в W_2PM формула.

Интересно сопоставить этот результат и предшествующее ему замечание с тем фактом, что W_2PM "почти" не отличается от PM , а относительно обычной арифметики (математики натурального ряда ω) эти формализмы совпадают.

Определение 9. Пусть M – произвольная квазиарифметика, $a \in |M|, b \in |M|$. Назовем элементы a, b эквивалентными (записывая $a \sim b$), если существуют такие натуральные числа n, k , что $a^{(n)} = b^{(k)}$.

Следующее утверждение очевидно.

Лемма 1. Отношение \sim рефлексивно, симметрично и транзитивно, т.е. является отношением эквивалентности. Для любых $a, b \in M$, если $a \sim b$, то $a^* \sim b^*$.

Факторизуем модель M по отношению \sim . Элементы этого фактор-множества M/\sim называем компонентами квазиарифметики M .

Определение 10. Пусть M – квазиарифметика, $a \in |M|$. Компоненту M , содержащую a , называем a -компонентой и обозначаем через $[a]$. Для каждой компоненты $e = [a]$ обозначим через e^* множество $\{x^* | x \in e\}$, называя его сопряженной компоненте e компонентой.

Лемма 2. Для любого $a \in |M|$ верно равенство $[a]^* = [a^*]$

Доказательство. $t \in [a]^*$ тогда и только тогда, когда при некотором $v \in [a]$ $t = v^*$. Но $v \in [a]$ тогда и только тогда, когда $v \sim a$, что равносильно $v^* \sim a^*$, т.е. $t = v^* \in [a^*]$

Следствие. Для каждого элемента a квазиарифметики M сопряженная к a -компоненте $[a]$ компонента $[a]^*$ является компонентой элемента a^* .

Лемма 3. Если M – пеанова квазиарифметика, то $[0] = \omega$, а если M – непеанова, то $1^* \in [0]$ и, следовательно, $[0] \neq \omega$.

Лемма 4. В каждой модели W_2PM содержится максимальная подмодель, являющаяся моделью PM .

Доказательство. Пусть M – произвольная квазиарифметика. Если M – пеанова, то она и есть требуемая подмодель. Пусть M непеанова. Рассмотрим класс \mathcal{M} всех пеановых подмоделей M . Т.к. $\omega \subset M$, то $\mathcal{M} \neq \emptyset$. Частично упорядочим

\mathcal{M} обычным теоретикомножественным порядком ($a \leq b$, если $a \subseteq b$). Проверим, что для (\mathcal{M}, \leq) выполнено условие леммы Цорна.

Пусть $\{M_\xi\}_{\xi \in I}$ – некоторое семейство попарно сравнимых элементов \mathcal{M} и $M_0 = \bigcup_{\xi \in I} M_\xi$. Легко проверить, что M_0 – модель арифметического языка и что M_0 удовлетворяет всем аксиомам РМ. Следовательно, $M_0 \in \mathcal{M}$ и поэтому в \mathcal{M} имеется максимальный элемент. Обозначим максимальную пеанову подмодель квазиарифметики M через $P(M)$ и назовем ее ядром M .

Лемма 5. Пусть M – модель $W_2\text{РМ}$, $P(M)$ – ядро M , $a \in |M|, a \neq 0$. Тогда одна и только одна из компонент $[a]$ и $[a]^*$ содержится в $P(M)$.

Доказательство. Пусть $a \neq 0$. Т.к. $a + a^* = 0$, то из $[a] \subseteq P(M)$, $[a]^* \subseteq P(M)$ следовало бы, что в $P(M)$ неверна формула $\varphi_0 = \forall x \forall y (x + y = 0 \supset x = 0 \& y = 0)$, что противоречит пеановости $P(M)$. Остается доказать, что или $[a] \subseteq P(M)$, или $[a]^* \subseteq P(M)$. Если это не так, то пусть $\overline{P(M)}$ – расширение множества $P(M) \cup [a]$ до подмодели M такой, что $\overline{P(M)}$ – модель арифметического языка. Ясно, что $\overline{P(M)}$ удовлетворяет всем аксиомам РМ, что противоречит максимальнойности $P(M)$.

Резюмируя вышеустановленные результаты, получаем следующее утверждение.

Основная теорема. Каждая квазиарифметика M представима в виде объединения $M = M_1 \cup M_2$, где M_1 – модель РМ, а M_2 – множество всех элементов, сопряженных к элементам множества M_1 .

Кафедра алгебры и геометрии

Поступила 14.11.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. **Машурян А.С.** О рекурсивных определениях на индукционных моделях - ДАН Арм. ССРСР, 1974, т. IX, №4.
2. **Машурян А. С.** Ряды Поля и представимость функций в конечных моделях некоторых арифметических теорий. - Изв. НАН Армении, Математика, 1995, г. XXX, № 1.
3. **Мендельсон Э.** Введение в математическую логику. М.: Наука, 1971.
4. **Машурян А. С.** Непротиворечивость некоторых теорий первого порядка. - Межв. сб. Математика, 1985, Ер., № 3.

ԱՇԽԱՏԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ - ԹՎԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՀԱՆԳՈՒՆԱԿՆԵՐԸ (ՄՈԴԵԼՆԵՐԸ)

Ա մ փ ո փ ո մ

Այստեղ, ճշգրտելով և սահմանելով նախորդ հոդվածներում (տես գրականության գանկը) ներածած Մ-թվաբանության գաղափարը, դիտարկում ենք այդ տեսություններից հետևյալ երեքը. բացարձակ թվաբանությունը, դասական (Պեանոյի) թվաբանությունը և Պեանոյի թույլ թվաբանությունը: Հետազոտում ենք Պեանոյի թույլ թվաբանության հանգումակները (թերթվաբանությունները) և ապացուցում (հիմնական մակասույթ (թերութմ)), որ յուրաքանչյուր թերթվաբանություն տրոհելի է երկու մասերի, որոնցից առաջինը Պեանոյի թվաբանության հանգումակ է, իսկ երկրորդը ստացվում է առաջինից որոշակի բնականոն ձևափոխությամբ:

Г.А. КАРАПЕТЯН, А.Г. ПЕТРОСЯН

РЕШЕНИЕ ВЫРОЖДАЮЩИХСЯ ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКИХ
 УРАВНЕНИЙ В ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

В статье исследуются вопросы существования единственности и гладкости решения полуэллиптических уравнений в полупространстве с вырождением на границе. Для изучения свойств решения уравнения $P(x, q, D)u = f$ вводятся специальные пространства $H_{\alpha, \mu}^{k, q}(R_+^n)$ и развивается теория этих пространств.

Настоящая статья является продолжением работ [1, 2] для вырождающихся уравнений, а также продолжением работ [3, 4] для более общих операторов, точнее для подкласса гипозэллиптических уравнений, называемых полуэллиптическими.

Введем следующие обозначения:

$$D_\kappa = \frac{1}{i} \frac{\partial}{\partial x_\kappa}, D^\alpha = D_1^{\alpha_1} \dots D_{n-1}^{\alpha_{n-1}} D_n^{\alpha_n}, \xi^\alpha = \xi_1^{\alpha_1} \dots \xi_n^{\alpha_n},$$

где $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_{n-1}, \alpha_n)$ - мультииндекс, $|\alpha| = \alpha_1 + \dots + \alpha_n$.

Пусть имеем четные натуральные числа m_0, \dots, m_n . Обозначим через

$\mu = (\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_n) = (\frac{1}{m_0}, \frac{1}{m_1}, \dots, \frac{1}{m_n})$. В полупространстве R_+^n рассмотрим оператор

$$P(x, q, D) = \sum_{(\ell, \mu) \leq 2} a_\ell(x) x_n^{\ell_n} q^{\ell_n} D_x^\ell D_{x_n}^{\mu_n}, \tag{1}$$

где $\ell = (\ell_0, \ell', \ell_n) = (\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{n-1}, \ell_n)$ - мультииндекс в R^{n+1} , $\ell' = (\ell_1, \dots, \ell_{n-1})$,

$$x = (x', x_n) = (x_1, \dots, x_{n-1}, x_n),$$

q - комплексный параметр, изменяющийся в некотором замкнутом угле Q комплексной плоскости с вершиной в начале координат, а коэффициенты

$a_\ell(x)$ - бесконечно гладкие функции в \bar{R}_+^n , постоянные при больших по модулю значениях x , $(\ell, \mu) = \ell_0 \mu_0 + \ell_1 \mu_1 + \dots + \ell_n \mu_n$.

Нас будут интересовать существование, единственность и гладкость решения уравнения

$$P(x, q, D)u = f \tag{2}$$

в полупространстве R_+^n .

Введем специальные пространства, где будем изучать решения уравнения (2).

Определение 1. Обозначим через $H_{\alpha, \mu}^{k, q}$ пополнение пространства $C_0^\infty(R_+^n)$ по норме

$$\langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q} = \left(\int_{R^n} \sum_{(\ell, \mu) \leq \kappa} x_n^{2(\ell_n + \alpha)} |q^{\ell_0} D_x^{\ell'} D_{x_n}^{\ell_n} u|^2 dx \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где κ – целое неотрицательное число, α – действительное число, q – комплексный параметр, $|q| \geq \varepsilon > 0$, $\ell = (\ell_0, \ell', \ell_n) = (\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{n-1}, \ell_n)$.

Определение 2. Через $H_{\mu}^{\kappa, q}(\lambda)$ обозначим пополнение пространства $C_0^{\infty}(R^n)$ по норме

$$\|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q} = \left(\int_{R^n} e^{2\lambda\tau} \sum_{(\ell, \mu) \leq \kappa} |q^{\ell_0} D_x^{\ell'} D_{\tau}^{\ell_n} u|^2 dx' d\tau \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

Лемма 1. Пространства $H_{\alpha, \mu}^{\kappa, q}$ и $H_{\mu}^{\kappa, q}(\alpha + \frac{1}{2})$ изоморфны и для некоторых постоянных C_1, C_2 справедливо неравенство

$$C_1 \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q} \leq \|u\|_{\kappa, \mu, \alpha + \frac{1}{2}, q} \leq C_2 \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q}, \quad (5)$$

где константы C_1, C_2 не зависят от u, α, q .

Доказательство. При преобразовании

$$\begin{aligned} x_i &= x_{i'}, \quad i = 1, \dots, n-1, \\ x_n &= e^{\tau}, \end{aligned} \quad (6)$$

полупространство R_+^n переходит в пространство R^n . Посмотрим, во что переходит пространство $H_{\alpha, \mu}^{\kappa, q}$.

Заметим, что после преобразования (6) имеем

$$D_{x_n}^{\kappa} u = e^{-\kappa\tau} \sum_{i=1}^{\kappa} C_{i, \kappa} D_{\tau}^i u, \quad D_{\tau}^{\kappa} u = \sum_{i=1}^{\kappa} d_{i, \kappa} x_n^i D_{x_n}^i u,$$

где постоянные $C_{i, \kappa}, d_{i, \kappa}$ от u не зависят и $C_{\kappa, \kappa} = d_{\kappa, \kappa} = 1$. Заметим, что якобиан этого преобразования равен e^{τ} . Поэтому имеем

$$\begin{aligned} \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q}^2 &= \int_{R_+^n} \sum_{(\ell, \mu) \leq \kappa} x_n^{2(\ell_n + \alpha)} |q^{\ell_0} D_x^{\ell'} D_{x_n}^{\ell_n} u|^2 dx' dx_n = \\ &= \int_{R^n} e^{2(\alpha + \frac{1}{2})\tau} \sum_{(\ell, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\ell_0} \sum_{i=1}^{\ell_n} C_{i, \ell_n} D_x^{\ell'} D_{\tau}^i u \right|^2 dx' d\tau \leq \\ &\leq C_1 \int_{R^n} e^{2(\alpha + \frac{1}{2})\tau} \sum_{(\ell, \mu) \leq \kappa} |q^{\ell_0} D_x^{\ell'} D_{\tau}^{\ell_n} u|^2 dx' d\tau, \end{aligned} \quad (7)$$

так как если $(\ell, \mu) \leq \kappa$ при $\ell = (\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{n-1}, \ell_n)$, то для любого $i \leq \ell_n, (\bar{\ell}, \mu) \leq \kappa$, где $\bar{\ell} = (\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{n-1}, i)$.

Рассмотрим обратное. Имеем

$$\int_{R^n} e^{2(\alpha+\frac{1}{2})\tau} \sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\nu} D_{x'}^{\nu} D_{\tau}^{\nu} u \right|^2 dx' d\tau = \int_{R^n} x_n^{-1} x_n^{2(\alpha+\frac{1}{2})} \sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\nu} \sum_{i=1}^n d_{i, \nu} x_n^i D_{x'}^{\nu} D_{x_n}^{\nu} u \right|^2 dx' dx_n \leq C_2 \int_{R^n} \sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} x_n^{2(\nu+\alpha)} \left| q^{\nu} D_{x'}^{\nu} D_{x_n}^{\nu} u \right|^2 dx' dx_n.$$

так как для любого i , $0 \leq i \leq \ell_n$, справедливо неравенство (см., напр., [5])

$$\int_{R^n} x_n^i \left| D_{x'}^{\nu} D_{x_n}^i u \right|^2 dx \leq \int_{R^n} x_n^{\ell_n} \left| D_{x'}^{\nu} D_{x_n}^{\ell_n} u \right|^2 dx.$$

Неравенства (7), (8) доказывают лемму 1.

Лемма 2. Норма $\|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q}$ эквивалентна норме

$$\left(\int_{R^n} \left(|q|^{m_n} + \rho_{\mu}(\xi) + |\lambda|^{m_n} \right)^{2\kappa} |\hat{u}(\xi', \xi_n + i\lambda)|^2 d\xi' d\xi_n \right)^{\frac{1}{2}},$$

где $\rho_{\mu}(\xi) = \left(\sum_{i=1}^n \xi_i^{2m_i} \right)^{\frac{1}{2}}$, μ – расстояние точки $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ (см. [6]).

Доказательство. Так как для любого ℓ_n

$$(D_{\tau} + i\lambda)^{\ell_n} (e^{\lambda\tau} u) = e^{\lambda\tau} D_{\tau}^{\ell_n} u, \text{ то имеем}$$

$$\begin{aligned} \|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q}^2 &= \int_{R^n} e^{2\lambda\tau} \sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\nu} D_{x'}^{\nu} D_{\tau}^{\nu} u \right|^2 dx' d\tau = \\ &= \int_{R^n} \sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\nu} D_{x'}^{\nu} (D_{\tau} + i\lambda)^{\nu} (e^{\lambda\tau} u) \right|^2 dx' d\tau. \end{aligned}$$

Применяя равенство Парсеваля, имеем

$$\|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q}^2 = \frac{1}{(2\pi)^n} \int_{R^n} \sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\nu} \xi^{\nu'} (\xi_n + i\lambda)^{\nu} \hat{u}(\xi', \xi_n + i\lambda) \right|^2 d\xi' d\xi_n.$$

С другой стороны,

$$\sum_{(\nu, \mu) \leq \kappa} \left| q^{\nu} \xi^{\nu'} (\xi_n + i\lambda)^{\nu} \right| \sim \left(|q|^{m_n} + \rho_{\mu}(\xi) + |\lambda|^{m_n} \right)^{\kappa},$$

следовательно, норма $\|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q}$ эквивалентна норме (9). Лемма 2 доказана.

В дальнейшем под нормой $\|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q}$ будем иметь в виду как (4), так и (9).

Лемма 3. Если $u \in H_{\alpha, \mu}^{\kappa, q}$ и $\hat{a}(x)$ – гладкая в \bar{R}_n^+ функция, являющаяся константой при достаточно больших по модулю x , то

$$\langle au \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q} \leq C \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q},$$

где постоянная C не зависит от u, α, q .

Доказательство. После преобразования (6), используя (5), получим

$$\langle au \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q} \leq C_1 \|au\|_{\kappa, \mu, \alpha + \frac{1}{2}, q} \leq C_2 \|u\|_{\kappa, \mu, \alpha + \frac{1}{2}, q} \leq C_3 \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q}.$$

Лемма 4. Если $u \in H_{\alpha, \mu}^{\kappa+s, q}$, то для любого мультииндекса ℓ , $(\ell, \mu) \leq s$,

$$\langle x_n^{\ell_n} q^{\ell_n} D_x^{\ell_n} D_{x_n}^{\ell_n} u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q} \leq C \langle u \rangle_{\kappa+s, \mu, \alpha, q}, \quad (10)$$

причем константа C не зависит от u, α, q .

Доказательство. После преобразования (6), учитывая, что $(\ell, \mu) \leq s$, имеем

$$\begin{aligned} \langle x_n^{\ell_n} q^{\ell_n} D_x^{\ell_n} D_{x_n}^{\ell_n} u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q}^2 &\leq C_1 \left\| q^{\ell_n} \sum_{j=1}^{\ell_n} C_{j, \ell_n} D_x^j D_{x_n}^j u \right\|_{\kappa, \mu, \alpha + \frac{1}{2}, q}^2 \\ &\leq C_2 \int_{R^n} \left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0} + \left| \alpha + \frac{1}{2} \right|^{m_n} \right)^{2\kappa} \times \\ &\quad \times \left(\sum_{j=1}^{\ell_n} C_{j, \ell_n} q^{j \ell_n} \xi^{j \ell_n} (\xi_n + i(\alpha + \frac{1}{2}))^j \right)^2 |\hat{u}(\xi', \xi_n + i\lambda)|^2 d\xi' d\xi_n \leq \\ &\leq C_3 \int_{R^n} \left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0} + \left| \alpha + \frac{1}{2} \right|^{m_n} \right)^{2(\kappa+s)} |\hat{u}(\xi', \xi_n + i(\alpha + \frac{1}{2}))|^2 d\xi \leq C \langle u \rangle_{\kappa+s, \mu, \alpha, q}^2 \end{aligned}$$

Лемма 4 доказана.

Из лемм 3 и 4 следует

Следствие. Оператор (1) непрерывно действует из $H_{\alpha, \mu}^{\kappa+s, q}$ в $H_{\alpha, \mu}^{\kappa, q}$, точнее существует постоянная C , такая, что для любого $u \in H_{\alpha, \mu}^{\kappa+s, q}$ имеет место неравенство

$$\langle Pu \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q} \leq C \langle u \rangle_{\kappa+s, \mu, \alpha, q}.$$

Лемма 5. Если $u \in H_{\alpha, \mu}^{\kappa, q}$, то

$$\langle u \rangle_{\kappa-1, \mu, \alpha, q} \leq \frac{C}{|q|^{m_0}} \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q},$$

$$\left(\|u\|_{\kappa-1, \mu, \lambda, q} \leq \frac{C}{|q|^{m_0}} \|u\|_{\kappa, \mu, \lambda, q} \right)$$

Доказательство. Имеем

$$\begin{aligned} \langle u \rangle_{\kappa-1, \mu, \alpha, q} &\leq C \|u\|_{\kappa-1, \mu, \alpha + \frac{1}{2}, q} = C \left(\int \left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0} + \left| \alpha + \frac{1}{2} \right|^{m_n} \right)^{2\kappa-2} |\hat{u}|^2 d\xi \right)^{\frac{1}{2}} \leq \\ &\leq \frac{C_1}{|q|^{m_0}} \left(\int \left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0} + \left| \alpha + \frac{1}{2} \right|^{m_n} \right)^{2\kappa} |\hat{u}(\xi)|^2 d\xi \right)^{\frac{1}{2}} \leq \\ &\leq \frac{C_1}{|q|^{m_0}} \|u\|_{\kappa, \mu, \alpha + \frac{1}{2}, q} \leq \frac{C_2}{|q|^{m_0}} \langle u \rangle_{\kappa, \mu, \alpha, q}, \end{aligned}$$

где C_2 не зависит от q и α .

Лемма 5 доказана.

Для изучения свойств решения уравнения (1) докажем следующую лемму.

Лемма 6. Пусть $P(q, \xi)$ – μ -однородный многочлен порядка 2, где $q \in \mathbb{Q}$, $\xi \in \mathbb{R}^n$. Если

$$P(q, \xi) \neq 0 \text{ при } |\xi| + |q| \neq 0, \quad (11)$$

то существуют такие положительные постоянные C и d , что при $|q|^{m_\mu m_n} > d|\lambda|$ имеет место неравенство

$$|P(q, \xi', \xi_n + i\lambda)| \geq C \left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} + |\lambda|^{m_n} \right) \left(\left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} \right)^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{m_n} \quad (12)$$

Замечание. Неравенство (12) можно было написать в более симметричной форме $|P(q, \xi', \xi_n + i\lambda)| \geq C \left(\left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} \right)^{\mu_n} + |\lambda| \right) \left(\left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} \right)^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{m_n}$

Доказательство. Если многочлен, удовлетворяющий условию (11), рассмотреть как многочлен относительно переменной ξ_n , то, как известно [2], $P(q, \xi', \xi_n + i\lambda)$ будет иметь m_n корней с положительной мнимой частью и m_n корней с отрицательной мнимой частью, и если корни $\varphi_j(q, \xi')$ ($j = 1, \dots, 2m_n$), то каждая из функций φ_j является $\bar{\mu} = (\mu_0, \dots, \mu_{j-1})$ однородной функцией порядка μ_n . После разложения многочлена $P(q, \xi', \xi_n + i\lambda)$ через корни φ_j имеем

$$P(q, \xi', \xi_n + i\lambda) = a \prod_{j=1}^{2m_n} (\xi_n + i\lambda - \varphi_j(q, \xi')).$$

Оценим каждый множитель по отдельности.

Пусть $\lambda < 0$ (доказательство для $\lambda > 0$ аналогично).

Рассмотрим следующие случаи:

1. $\text{Im} \varphi_j > 0$, так как функция $|\xi_n - \varphi_j(q, \xi')|$ отлична от нуля при $\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} = 1$, то существует постоянная C , что $|\xi_n - \varphi_j(q, \xi')| > C$, при $\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} = 1$.

Если теперь комплексное число z такое, что $\text{Im} z < 0$, то

$$\begin{aligned} |\xi_n + i\lambda - \varphi_j| &\geq |\xi_n - \varphi_j| - |\lambda| \geq C \left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} \right)^{\mu_n} - |\lambda| \\ &= C_j \left(\left(\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_n} \right)^{\mu_n} - \frac{1}{C_j} |\lambda| \right). \end{aligned}$$

при $|z|^{m_n} + |\xi_1|^{m_n} + \dots + |\xi_{n-1}|^{m_n} + |q|^{m_n} = 1$.

В силу μ -однородности выражения $|z - \varphi_j|$ порядка μ_n , следует, что

$$P(q, \xi', \xi_n + i\lambda) = a \prod_{j=1}^{2m_n} (\xi_n + i\lambda - \varphi_j(q, \xi')).$$

Следовательно, $|\xi_n + i\lambda - \varphi_j| \geq C_j \left(\rho_\mu(\xi) + |\lambda|^{m_n} + |q|^{m_n} \right)^{\mu_n}$.

2. $\text{Im} \varphi_j < 0$. Тогда имеем

$$|\xi_n + i\lambda - \varphi_j| \geq |\xi_n - \varphi_j| - |\lambda| \geq C_j (\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - |\lambda| =$$

$$= C_j \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - \frac{1}{C_j} |\lambda| \right)$$

Обозначим через $d = \max_{j=1, \dots, m_n} \frac{1}{C_j}$, $|a| \prod_{j=1}^{2m_n} C_j = C$.

Так как есть m_n корней с положительной мнимой частью и m_n корней с отрицательной мнимой частью, то при $|q|^{m_0 \mu_n} > d|\lambda|$ имеем.

$$|P(q, \xi', \xi_n + i\lambda)| \geq C \left(\rho_\mu(\xi) + |\lambda|^{m_0} + |q|^{m_0} \right) \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{m_n}$$

Лемма 6 доказана.

Переходим к изучению уравнения (2). Для этого на оператор $P(x, q, \xi)$ наложим следующие условия.

Условие 1. Оператор $P(x, q, \xi)$ полуэллиптический в любой точке $x_0 \in \mathbb{R}_n^+$, т. е.

$$P_0(x, q, \xi) = \sum_{(\ell, \mu)=2} a_\ell(x_0) x_n^{\ell_0} q^{\ell_0} \xi^{\ell'} \xi_n^{\ell''} \neq 0 \text{ при } |\xi| + |q| \neq 0.$$

Условие 2. Коэффициенты оператора $P_0(x, q, \xi)$ мало меняются, т.е. существует положительное число $\varepsilon > 0$, что

$$|a_\ell(x) - a_\ell(y)| < \varepsilon, \quad \forall x, y \in \bar{\mathbb{R}}_n^+.$$

В дальнейшем будем считать, что $|q| \geq \varepsilon > 0$.

Теорема 1. Если выполняются условия 1, 2, тогда существуют такие положительные числа D_1 и D_2 , зависящие только от оператора (1), что при достаточно малом ε и при

$$|\lambda| < \frac{1}{D_1} \left(1 - \sqrt[m_n]{\frac{1}{2} + \frac{D_2}{|q|^\beta}} \right) |q|^{m_0 \mu_n}$$

справедлива оценка

$$\langle u \rangle_{2, \mu, \alpha, q} \leq C \langle Pu \rangle_{0, \mu, \alpha, q}, \quad u \in C_0^\infty, \quad (13)$$

где C – постоянная, не зависящая от u, α, q .

Доказательство. Сделаем преобразование (6). После этого пространство $H_{\alpha, \mu}^{2, q}$

переходит в пространство $H_\mu^{2, q} \left(\alpha + \frac{1}{2} \right)$ (см. лемму 1), а оператор P переходит в

оператор $\bar{P} = \sum_{(\ell, \mu) \leq 2} b_\ell(x', \tau) q^{\ell_0} D_x^{\ell'} D_\tau^{\ell''}$, где $b_\ell(x', \tau) = a_\ell(x', e^\tau)$, когда

$(\ell, \mu) = 2$.

Так как оператор P полуэллиптический в точке $(0, 0, \dots, 1)$, то оператор \bar{P} будет полуэллиптическим в точке $(0, \dots, 0)$. Кроме того, коэффициенты $b_\ell(x', \tau)$ будут удовлетворять условию 2 при $(\ell, \mu) = 2$.

Теперь для доказательства теоремы достаточно показать, что

$$\|u\|_{2,\mu,\alpha+\frac{1}{2},q} \leq C \|\overline{Pu}\|_{0,\mu,\alpha+\frac{1}{2},q}. \quad (14)$$

Положим :

$$\overline{P}_0 = \sum_{(l,\mu)=2} b_l(x',\tau) q^{l_0} D_x' D_\tau'^n,$$

$$P_1 = \sum_{(r,\mu)<2} b_r(x',\tau) q^{r_0} D_x' D_\tau'^n.$$

Пусть $\lambda = \alpha + \frac{1}{2}$. Имеем

$$\|\overline{Pu}\|_{0,\mu,\lambda,q} \geq \|\overline{P}_0(0,D,q)u\|_{0,\mu,\lambda,q} - \|Bu\|_{0,\mu,\lambda,q} - \|P_1u\|_{0,\mu,\lambda,q}, \text{ где}$$

$$B = \overline{P}_0(x',\tau,D,q) - \overline{P}_0(0,D,q).$$

Оценка второго и третьего слагаемых непосредственно следует из лемм 4,5 и из условия 2. Имеем

$$\|P_1u\|_{0,\mu,\lambda,q} \leq C \sum_{(r,\mu)<2} \|q^{r_0} D_x' D_\tau'^n u\|_{0,\mu,\lambda,q} \leq \frac{C_1}{|q|^\beta} \|u\|_{2,\mu,\lambda,q}, \text{ где}$$

$$\beta = \min\{2 - (l,\mu), \text{ где } (l,\mu) < 2\},$$

$$\|Bu\|_{0,\mu,\lambda,q} = \|(\overline{P}_0(x',\tau,D,q) - \overline{P}_0(0,D,q))u\|_{0,\mu,\lambda,q} =$$

$$= \left\| \sum (b_l(x',\tau) - b_l(0)) q^{l_0} D_x' D_\tau'^n u \right\|_{0,\mu,\lambda,q} \leq \varepsilon C_2 \|u\|_{2,\mu,\lambda,q}.$$

Теперь покажем, что при $|q|^{m_0\mu_n} > (1+d)|\lambda|$

$$\left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{m_n} \geq \left(1 - \frac{(1+d)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} \right) \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} + |\lambda|^{m_n} \right).$$

Действительно,

$$\begin{aligned} \left(1 - \frac{(1+d)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} \right) \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} + |\lambda| \right) &= (\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} + |\lambda| - \\ - (\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} |\lambda| &\leq (\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - d|\lambda|. \end{aligned}$$

Значит,

$$\begin{aligned} \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{m_n} &\geq \left(1 - \frac{(1+d)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} \right)^{m_n} \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} + |\lambda| \right)^{m_n} \geq \\ &\geq \left(1 - \frac{(1+d)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} \right)^{m_n} \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} + |\lambda|^{m_n} \right) \end{aligned}$$

Отсюда, учитывая лемму 6, после преобразования Фурье для $\overline{P}_0(0,D,q)$ имеем

$$\begin{aligned}
\|\bar{P}_0(0, D, q)u\|_{0, \mu, \lambda, q}^2 &= \int_{R^n} |P_0(0, \xi', \xi_n + i\lambda, q)|^2 |\hat{u}(\xi', \xi_n + i\lambda)|^2 d\xi \geq \\
&\geq C_3^2 \int_{R^n} (\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0} + |\lambda|^{m_n})^2 \left((\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{2m_n} |\hat{u}(\xi)|^2 d\xi \geq \\
&\geq C_3^2 \left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0 \mu_n}} \right)^{2m_n} \int_{R^n} (\rho_\mu(\xi) + |q|^{m_0} + |\lambda|^{m_n})^{\mu_n} |\hat{u}|^2 d\xi = \\
&= C_3^2 \left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0 \mu_n}} \right)^{2m_n} \|u\|_{2, \mu, \lambda, q}^2.
\end{aligned}$$

Окончательно получим:

$$\|\bar{P}u\|_{0, \mu, \lambda, q} \geq \left(C_3 \left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0 \mu_n}} \right)^{m_n} - \varepsilon C_2 - \frac{C_1}{|q|^\beta} \right) \|u\|_{2, \mu, \lambda, q}.$$

Неравенство будет доказано, если

$$C_3 \left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0 \mu_n}} \right)^{m_n} - \varepsilon C_2 - \frac{C_1}{|q|^\beta} > \frac{C_3}{4}. \quad (15)$$

Предположим, что ε настолько мало, что $\frac{\varepsilon C_2}{C_3} < \frac{1}{4}$. Тогда для выполнения условия (15) достаточно, чтобы имело место неравенство

$$|\lambda| < \frac{1}{(d+1)} \left(1 - m_n \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{C_1}{C_3 |q|^\beta}} \right) |q|^{m_0 \mu_n}.$$

Теорема 1 доказана.

Теорема 2. Пусть изучается уравнение (2), где оператор $P(x, D, q)$ удовлетворяет условиям теоремы 1. Тогда существуют константы D_1 и D_2 такие,

что при достаточно малом ε и $|\lambda| < \frac{1}{D_1} \left(1 - m_n \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{D_2}{|q|^\beta}} \right) |q|^{m_0 \mu_n}$, $q \in Q$,

уравнение (2) при любом $f \in H_{\alpha, \mu}^{0, q}$ имеет единственное решение из класса $H_{\alpha, \mu}^{2, q}$ и имеет место неравенство

$$\|u\|_{2, \mu, \alpha, q} \leq C \|f\|_{0, \mu, \alpha, q}, \quad (16)$$

где постоянная C не зависит от u, α, q .

Доказательство. После преобразования (6) оператор $P(x, D, q)$ переходит в оператор \bar{P} , и, следовательно, достаточно доказать существование решения уравнения $\bar{P}u = f$ из класса $H_\mu^{0, q}(\lambda)$ в $H_\mu^{2, q}(\lambda)$, где $\lambda = \alpha + \frac{1}{2}$.

Для любого $f \in H_{\mu}^{0,q}$ рассмотрим оператор

$$Rf = e^{-\lambda\tau} F^{-1} \left[\frac{F(e^{\lambda\tau} f(x', \tau))(\xi)}{P_0(0, 1, \xi', \xi_n + i\lambda, q)} \right].$$

Действительно, из леммы 6 и при $|q|^{m_0\mu_n} > (1+d)|\lambda|$ имеем

$$\begin{aligned} \|Rf\|_{2,\mu,\lambda,q}^2 &= \int (\rho_{\mu}(\xi) + |q|^{m_0} + |\lambda|^{m_n})^4 \frac{|\hat{f}(\xi', \xi_n + i\lambda)|^2}{|\overline{P}_0(\xi', \xi_n + i\lambda, q)|^2} d\xi \leq \\ &\leq C \int \frac{(\rho_{\mu}(\xi) + |q|^{m_0} + |\lambda|^{m_n})^2}{\left((\rho_{\mu}(\xi) + |q|^{m_0})^{\mu_n} - d|\lambda| \right)^{2m_n}} |\hat{f}|^2 d\xi \leq \frac{C}{\left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} \right)^{2m_n}} \|f\|_{0,\mu,\lambda,q}^2. \end{aligned} \quad (17)$$

Докажем теперь, что существует обратный оператор

$$\begin{aligned} \overline{P}Rf &= (\overline{P}_0(x', \tau, D, q) - \overline{P}_0(0, D, q) + \overline{P}_0(0, D, q) + P_1(x', \tau, D, q))Rf = \\ &= (\overline{P}_0(x', \tau, D, q) - \overline{P}_0(0, D, q))Rf + P_1(x', \tau, D, q)Rf + \\ &+ \overline{P}_0(0, D, q)e^{-\lambda\tau} F^{-1} \frac{F(e^{\lambda\tau} f(x', \tau))(\xi)}{\overline{P}_0} = T_1f + T_2f + \\ &+ e^{-\lambda\tau} \overline{P}_0(0, D', D_n + i\lambda, q) F^{-1} \frac{\hat{f}}{\overline{P}_0} = T_1f + T_2f + f, \end{aligned}$$

$$\text{где } T_1f = ((\overline{P}_0(x', \tau, D, q) - \overline{P}_0(0, D, q))) , T_2f = P_1Rf.$$

Если бы оператор $T_1 + T_2$, действующий из $H_{\mu}^{0,q}(\lambda)$ в $H_{\mu}^{0,q}(\lambda)$, имел норму меньше единицы, то оператор \overline{P} имел бы обратный оператор, равный $R(1 + T_1 + T_2)^{-1}$.

Посмотрим, при каких λ и q оператор $T_1 + T_2$ имеет малую норму. Из условия 2 и оценки (17) и следствия получим

$$\begin{aligned} \|T_1f\|_{0,\mu,\lambda,q}^2 &= \|(\overline{P}_0(x', \tau, D, q) - \overline{P}_0(0, D, q))Rf\|_{0,\mu,\lambda,q}^2 \leq \\ &\leq \varepsilon^2 C^2 \|Rf\|_{2,\mu,\lambda,q}^2 \leq \frac{\varepsilon^2 C_1^2}{\left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}} \right)^{2m_n}} \|f\|_{0,\mu,\lambda,q}^2, \end{aligned}$$

$$\text{при } |q|^{m_0\mu_n} > (d+1)|\lambda|.$$

Из оценки (17), лемм 4 и следствия получим

$$\|T_2 f\|_{0,\mu,\lambda,q} \leq \frac{C}{|q|^\beta} \|T_2 f\|_{1,\mu,\lambda,q} \leq \frac{C_2 \|f\|_{0,\mu,\lambda,q}}{|q|^\beta \left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}}\right)^{m_n}},$$

где $\beta = \min\{2 - (\ell, \mu), \text{где } (\ell, \mu) < 2\}$.

Предположим, что ε настолько мало, что $\varepsilon C_1 < \frac{1}{4}$. Тогда для существования обратного оператора достаточно, чтобы

$$\frac{\frac{1}{4} + \frac{C_2}{|q|^\beta}}{\left(1 - \frac{(d+1)|\lambda|}{|q|^{m_0\mu_n}}\right)^{m_n}} < \frac{1}{2}, \quad (18)$$

а для выполнения (18) достаточно, чтобы $|\lambda| < \frac{1}{d+1} \left(1 - m_n \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{2C_2}{|q|^\beta}}\right) |q|^{m_0\mu_n}$.

Теорема 2 доказана.

Теорема 3. Пусть оператор $P(x, D, q)$ удовлетворяет условиям теоремы 1, 2. Тогда уравнения $Pu = f$ при любом $f \in H_{\alpha,\mu}^{\kappa,q}$ и имеют единственное решение из класса $H_{\alpha,\mu}^{2+\kappa,q}$, и имеют место неравенство

$$\langle u \rangle_{2+\kappa,\mu,\alpha,q} \leq C \langle f \rangle_{\kappa,\mu,\alpha,q}.$$

Доказательство аналогично.

*Кафедра математических
методов и моделирования*

Поступила 08.12.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян Г. А. Об одном классе вырождающихся регулярных уравнений в полупространстве. - Изв. АН Арм. ССР, сер.матем., 1986, т. XXI, №5, с. 471-487.
2. Карапетян Г. А. Регулярные уравнения с параметром. - Изв. АН. Арм. ССР, сер. матем., 1990, т.25, №2, с.193-202.
3. Агранович М. С. Вишик М.Н. Эллиптические задачи с параметром и параболические задачи общего вида. - УМН, 1964, т. XIX, №3(117), с. 33-157.
4. Фурсяков А. В. Об одном классе вырождающихся эллиптических операторов. - Мат. сб., 1969, т.79(121), №3(7), с. 381-404.
5. Никольский С. М. - Приближение функций многих переменных. М.: "Наука", 1969.
6. Бесов О.В., Ильин В. Г., Никольский С. М.- Интегральное представление функций и теоремы вложения. М.: "Мир", 1975.
7. Карапетян Г. А. - Решение полуэллиптических уравнений в полупространстве. - Тр. МИАН СССР, 1984, с. 119-136.

ՎԵՐԱՍԵՐՎՈՂ ԿԻՍԱԷԼԻՊՏԻԿ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ
ԼՈՒԾՈՒՄԸ ԿԻՍԱՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում ուսումնասիրվում են կիսաէլիպտիկ հավասարումների լուծման գոյության, միակության և ուղղկության հարցերը կիսատարածությունում, որոնք վերասերվում են եզրի վրա: Պարամետրից կախված $P(x, q, D)\mu = f$ հավասարման լուծման հատկությունները ուսումնասիրելու համար մտցվում է $H_{\alpha, \mu}^{k, q}(R_+)$ տարածությունը, որը $C_0^\infty(R_+)$ տարածության լրիվացումն է համապատասխան նորմով, և տրվում են այդ տարածությունների հաւելությունները: Վերջնական արդյունքը ստացվում է երկուդ քերենում:

УДК 62.50

В.Р. БАРСЕГЯН

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ КОЛЕБАНИЯМИ
 МЕМБРАНЫ ПРИ ФИКСИРОВАННЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Рассматривается задача оптимального управления собственными колебаниями мембраны, края которой закреплены. Требуется с помощью внешних сил, действующих на нее за заданный промежуток времени, перевести систему из начального состояния через фиксированные промежуточные состояния в конечное при заданном критерии качества на всем промежутке времени.

Методом Фурье решение задачи сводится к проблеме моментов в пространстве $L_{2(0,T)}$. Определен вид оптимальных управляющих воздействий. Исследована сходимость рядов для полученных решений.

1. Рассмотрим однородную, упругую, прямоугольную мембрану, края которой закреплены. Пусть на мембрану действуют распределенные силы с плотностью $u(x,y,t)$, перпендикулярные поверхности мембраны. Ограничимся рассмотрением малых колебаний мембраны и предположим, что область, на которую действуют распределенные силы, имеет положительную меру, по Лебегу.

Пусть прогиб мембраны будет $Q(x,y,t)$, $0 \leq x \leq b$, $0 \leq y \leq c$, $t \geq 0$, подчиненной при $0 < x < b$, $0 < y < c$ и $t > 0$ следующему уравнению [1]:

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right) + u(x, y, t) \quad (1.1)$$

с начальными условиями

$$Q(x, y, 0) = \varphi_0(x, y), \quad 0 \leq x \leq b, 0 \leq y \leq c, \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_0(x, y)$$

и однородными граничными условиями

$$Q(x, 0, t) = 0, \quad Q(x, c, t) = 0, \quad t > 0. \quad (1.3)$$

$$Q(0, y, t) = 0, \quad Q(b, y, t) = 0.$$

В правой части уравнения (1.1) функция $u(x,y,t)$ – плотность внешней силы, рассчитанная на единицу массы мембраны, $a^2 = \frac{T_0}{\rho}$, где T_0 – натяжение, а ρ – плотность мембраны.

Пусть в некоторые промежуточные моменты времени $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_n < t_{n+1} = T$ заданы значения состояния и скорости любой точки мембраны

$$Q(x, y, t_j) = \varphi_j(x, y),$$

$$0 < x < b, 0 < y < c, \quad (1.4)$$

$$\left. \frac{\partial Q}{\partial t} \right|_{t=t_j} = \psi_j(x, y) \quad (j = 1, \dots, n).$$

Задача оптимального управления колебаниями мембраны ставится следующим образом: среди возможных управлений $u(x, y, t)$, $0 \leq x \leq b$, $0 \leq y \leq c$, $0 \leq t \leq T$ требуется найти оптимальное управление $u^0(x, y, t)$, переводящее систему из заданного начального состояния (1.2) через промежуточные состояния (1.4) в конечное состояние

$$Q(x, y, T) = 0, \quad \left. \frac{\partial Q}{\partial T} \right|_{t=T} = 0, \quad 0 \leq x \leq b, 0 \leq y \leq c, \quad (1.5)$$

и минимизирующее функционал

$$\int_0^T \int_0^b \int_0^c [u(x, y, t)]^2 dx dy dt \quad (1.6)$$

2. Решение уравнения (1.1) ищем в виде

$$Q(x, y, t) = \sum_{k, m=1}^{\infty} Q_{km}(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y. \quad (2.1)$$

Представив функции $u(x, y, t)$, $\varphi_j(x, y, t)$, $\psi_j(x, y, t)$ в виде рядов Фурье и подставив их значения вместе с $Q(x, y, t)$ в уравнение (1.1) и в условие (1.2), (1.4), (1.5), получаем

$$\ddot{Q}_{km}(t) + \lambda_{km}^2 Q_{km}(t) = u_{km}(t), \quad (2.2)$$

$$Q_{km}(0) = \varphi_{km}^{(0)}, \quad \dot{Q}_{km}(0) = \psi_{km}^{(0)}, \quad (2.3)$$

$$Q_{km}(t_j) = \varphi_{km}^{(j)}, \quad \dot{Q}_{km}(t_j) = \psi_{km}^{(j)} \quad (j = 1, \dots, n), \quad (2.4)$$

$$Q_{km}(T) = \varphi_{km}^{(n+1)} = 0, \quad \dot{Q}_{km}(T) = \psi_{km}^{(n+1)} = 0, \quad (2.5)$$

где через $u_{km}(t)$, $\varphi_{km}^{(j)}$, $\psi_{km}^{(j)}$ обозначены коэффициенты Фурье соответственно функциям

$$u(x, y, t), \varphi_j(x, y), \psi_j(x, y), \quad \text{а } \lambda_{km}^2 = a^2 \pi^2 \left(\frac{k^2}{b^2} + \frac{m^2}{c^2} \right).$$

Предполагается, что функция $u(x, y, t)$ такая, что ее коэффициенты Фурье $u_{km}(t)$, $0 \leq t \leq T$ для каждой пары индексов k, m не равны нулю.

Общее решение уравнения (2.2) с начальными условиями (2.3) имеет вид [2]

$$Q_{km}(t) = \varphi_{km}^{(0)} \cos \lambda_{km} t + \frac{1}{\lambda_{km}} \psi_{km}^{(0)} \sin \lambda_{km} t + \frac{1}{\lambda_{km}} \int_0^t u_{km}(\tau) \sin \lambda_{km}(t - \tau) d\tau. \quad (2.6)$$

Имея явное выражение (2.6) для $Q(x, y, t)$ и учитывая условия (2.4) и (2.5), получим, что функции $u_{km}(\tau)$ должны удовлетворять следующей бесконечной системе равенств:

$$\int_0^{t_j} u_{km}(\tau) \sin \lambda_{km}(t_j - \tau) d\tau = \lambda_{km} \varphi_{km}^{(j)} - \lambda_{km} \varphi_{km}^{(0)} \cos \lambda_{km} t_j - \psi_{km}^{(0)} \sin \lambda_{km} t_j, \quad (2.7)$$

$$\int_0^{t_j} u_{km}(\tau) \cos \lambda_{km}(t_j - \tau) d\tau = \psi_{km}^{(j)} + \lambda_{km} \varphi_{km}^{(0)} \sin \lambda_{km} t_j - \psi_{km}^{(0)} \cos \lambda_{km} t_j. \quad (2.8)$$

Эти равенства удобно представить в виде

$$\int_0^{t_j} u_{km}(\tau) \sin \lambda_{km} \tau d\tau = c_{1km}(t_j), \quad (j=1, \dots, n+1), \quad (2.9)$$

$$\int_0^{t_j} u_{km}(\tau) \cos \lambda_{km} \tau d\tau = c_{2km}(t_j),$$

где

$$\begin{aligned} c_{1km}(t_j) &= \lambda_{km} \varphi_{km}^{(0)} - \lambda_{km} \varphi_{km}^{(j)} \cos \lambda_{km} t_j + \psi_{km}^{(j)} \sin \lambda_{km} t_j, \\ c_{2km}(t_j) &= -\psi_{km}^{(0)} + \psi_{km}^{(j)} \cos \lambda_{km} t_j + \lambda_{km} \varphi_{km}^{(j)} \sin \lambda_{km} t_j. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Для того чтобы возможно было левую часть системы (2.9) для каждого $k, m=1, 2, \dots$ рассматривать как линейную операцию, порожденную функцией $u_{km}(\tau)$ на отрезке $[0, T]$, целесообразно ввести следующие функции:

$$h_{1km}^{(j)}(\tau) = \begin{cases} \sin \lambda_{km} \tau & \text{при } 0 \leq \tau \leq t_j, \\ 0 & \text{при } t_j < \tau \leq T, \end{cases} \quad (2.11)$$

$$h_{2km}^{(j)}(\tau) = \begin{cases} \cos \lambda_{km} \tau & \text{при } 0 \leq \tau \leq t_j, \\ 0 & \text{при } t_j < \tau \leq T \quad (j=1, \dots, n+1) \end{cases} \quad (2.12)$$

Соотношения (2.9) при помощи функций $h_{1km}^{(j)}(\tau)$ (2.11) и $h_{2km}^{(j)}(\tau)$ (2.12) запишутся так:

$$\begin{aligned} \int_0^T h_{1km}^{(j)}(\tau) u_{km}(\tau) d\tau &= c_{1km}(t_j), \\ \int_0^T h_{2km}^{(j)}(\tau) u_{km}(\tau) d\tau &= c_{2km}(t_j), \quad (j=1, \dots, n+1). \end{aligned} \quad (2.13)$$

Учитывая, что $u(x, y, t)$ является элементом пространства L_2 , при $x \in [0, b]$, $y \in [0, c]$, получим

$$\int_0^T \int_0^b \int_0^c [u(x, y, t)]^2 dx dy dt = \frac{bc}{4} \sum_{k, m=1}^{\infty} \int_0^T u_{km}^2(\tau) d\tau. \quad (2.14)$$

Минимизация функционала (2.14) равносильна минимизации каждого слагаемого, т.е. функционалов

$$\int_0^T u_{km}^2(\tau) d\tau, \quad (k, m = 1, 2, \dots). \quad (2.15)$$

Таким образом, для каждой пары индексов k, m надо найти такое оптимальное управляющее воздействие $u_{km}^0(t)$, $t \in [0, T]$, $k, m = 1, 2, \dots$, которое удовлетворяет интегральным условиям (2.13) и минимизирует функционал (2.15). Так как (2.15) является квадратом нормы линейного нормированного пространства, то решение поставленной задачи можно найти с помощью проблемы моментов [3].

3. Для простоты изложения решений (2.13), (2.15) предположим, что состояние и скорость любой точки мембраны заданы в одном промежуточном моменте времени, т.е. $0 < t_1 < t_2 = T$ (или $n = 1$).

Нужно найти такие числа p_{jkm} и q_{jkm} , $j = 1, 2$, связанные условием

$$\sum_{j=1}^2 [p_{jkm} c_{1km}(t_j) + q_{jkm} c_{2km}(t_j)] = 1, \quad (3.1)$$

для которых

$$(\rho_{km}^0)^2 = \min_{(3.1)} \int_0^T h_{km}^2(\tau) d\tau, \quad (3.2)$$

где

$$h_{km}(\tau) = \sum_{j=1}^2 [p_{jkm} h_{1km}^{(j)}(\tau) + q_{jkm} h_{2km}^{(j)}(\tau)] \quad (3.3)$$

Подставляя (3.3) в (3.2), проведя соответствующие вычисления и вводя следующие обозначения:

$$a_{ikm} = t_i - \frac{\sin 2\lambda_{km} t_i}{2\lambda_{km}}, \quad b_{ikm} = t_i + \frac{\sin 2\lambda_{km} t_i}{2\lambda_{km}}, \quad (3.4)$$

$$d_{ikm} = \frac{\sin^2 \lambda_{km} t_i}{\lambda_{km}}, \quad i = 1, 2,$$

для искомым величин p_{jkm}^o, q_{jkm}^o ($j = 1, 2$) будем иметь

$$p_{1km}^o = \frac{M_{1km}}{A_{km}}, \quad p_{2km}^o = -\frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} \cdot \frac{M_{2km}}{A_{km}}, \quad (3.5)$$

$$q_{1km}^o = \frac{N_{1km}}{A_{km}}, \quad q_{2km}^o = -\frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} \cdot \frac{N_{2km}}{A_{km}}.$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$\Delta_{km} = \sigma_{1km} \sigma_{2km} - \sigma_{3km}^2, \quad \Delta_{1km} = a_{1km} \cdot b_{1km} - d_{1km}^2,$$

$$M_{1km} = e_{km} + \frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} M_{2km}, \quad M_{2km} = c_{1km} \sigma_{2km} - c_{2km} \sigma_{3km},$$

$$N_{1km} = f_{km} + \frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} N_{2km}, \quad N_{2km} = c_{2km} \sigma_{1km} - c_{1km} \sigma_{3km},$$

$$A_{km} = b_{1km} c_{1km}^2(t_1) + a_{1km} c_{2km}^2(t_1) - 2d_{1km} c_{1km}(t_1) c_{2km}(t_1) - \quad (3.6)$$

$$- \frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} (c_{1km}^2 \sigma_{2km} + c_{2km}^2 \sigma_{1km} - 2c_{1km} c_{2km} \sigma_{3km}),$$

$$\sigma_{1km} = a_{1km} - a_{2km}, \quad \sigma_{2km} = b_{1km} - b_{2km}, \quad \sigma_{3km} = d_{1km} - d_{2km},$$

$$e_{km} = b_{1km} c_{1km}(t_1) - d_{1km} c_{2km}(t_1), \quad c_{1km} = c_{1km}(t_2) - c_{1km}(t_1),$$

$$f_{km} = a_{1km} c_{2km}(t_1) - d_{1km} c_{1km}(t_1), \quad c_{2km} = c_{2km}(t_2) - c_{2km}(t_1).$$

Из (3.2) с учетом (3.5) будем иметь

$$(\rho_{km}^o)^2 = \frac{\Delta_{1km}}{A_{km}}. \quad (3.7)$$

Подставляя из (3.5) значения для p_{km}^o, q_{km}^o в (3.3), получим

$$h_{km}^o(\tau) = \frac{1}{A_{km}} \left[d_{km} h_{1km}^{(1)}(\tau) + f_{km} h_{2km}^{(2)} + \frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} M_{2km} (h_{1km}^{(1)}(\tau) - h_{1km}^{(1)}(\tau)) \right] + \frac{\Delta_{1km}}{\Delta_{km}} \cdot N_{2km} (h_{2km}^{(r)} - h_{2km}^{(r)})$$

Так как

$$u_{km}^o(t) = \frac{1}{(\rho_{km}^o)^2} h_{km}^o(t), \quad (3.9)$$

то, (2.11), (2.12) подставляя в (3.8) и учитывая (3.7), получим

$$u_{km}^o(t) = \begin{cases} u_{km}^{o-}(t) & \text{при } 0 \leq t \leq t_1, \\ u_{km}^{o+}(t) & \text{при } t_1 < t \leq t_2, \end{cases} \quad (3.10)$$

где

$$u_{km}^{o-}(t) = \frac{2}{t_1^2 - \frac{\sin^2 \lambda_{km} t_1}{\lambda_{km}^2}} \left\{ \left[\varphi_{km}^{(0)} \lambda_{km} \left(t_1 + \frac{\sin 2\lambda_{km} t_1}{2\lambda_{km}} \right) - \varphi_{km}^{(1)} \lambda_{km} (t_1 \cos \lambda_{km} t_1 + \frac{\sin \lambda_{km} t_1}{\lambda_{km}}) + \varphi_{km}^{(1)} t_1 \sin \lambda_{km} t_1 + \psi_{km}^{(0)} \frac{\sin^2 \lambda_{km} t_1}{\lambda_{km}} \right] \sin \lambda_{km} t + \left[\varphi_{km}^{(1)} \lambda_{km} t_1 \sin \lambda_{km} t_1 - \varphi_{km}^{(0)} \sin^2 \lambda_{km} t_1 + \psi_{km}^{(1)} \left(t_1 \cos \lambda_{km} t_1 - \frac{\sin \lambda_{km} t_1}{\lambda_{km}} \right) - \psi_{km}^{(0)} \left(t_1 - \frac{\sin 2\lambda_{km} t_1}{2\lambda_{km}} \right) \right] \cos \lambda_{km} t \right\}, \quad (3.11)$$

$$u_{km}^{o+}(t) = \frac{2}{(t_2 - t_1)^2 - \frac{\sin^2 \lambda_{km} (t_2 - t_1)}{\lambda_{km}^2}} \left\{ [(t_2 - t_1)(\lambda_{km} \varphi_{km}^{(1)} \cos \lambda_{km} t_1 - \psi_{km}^{(1)} \sin \lambda_{km} t_1) + (\varphi_{km}^{(1)} \cos \lambda_{km} t_2 + \frac{\psi_{km}^{(1)}}{\lambda_{km}} \sin \lambda_{km} t_2) \sin \lambda_{km} (t_2 - t_1)] \sin \lambda_{km} t - [(t_2 - t_1)(\psi_{km}^{(1)} \cos \lambda_{km} t_1 + \lambda_{km} \varphi_{km}^{(1)} \sin \lambda_{km} t_1) + (\varphi_{km}^{(1)} \sin \lambda_{km} t_2 - \frac{\psi_{km}^{(1)}}{\lambda_{km}} \cos \lambda_{km} t_2) \sin \lambda_{km} (t_2 - t_1)] \cos \lambda_{km} t \right\}.$$

Явные выражения для $u_{km}^{o-}(t)$ и $u_{km}^{o+}(t)$ позволяют вычислить значение функционала (2.15), вид которого здесь не приводится.

4. В пункте 3 полностью определены функции $u_{km}^o(t)$ ($k, m = 1, 2, \dots$), имеющие вид (3.10), (3.11), (3.12).

Для функции $u^o(x, y, t)$ будем иметь

$$u^o(x, y, t) = \begin{cases} \sum_{k,m=1}^{\infty} u_{km}^{o-}(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y, & 0 \leq t \leq t_1, \\ \sum_{k,m=1}^{\infty} u_{km}^{o+}(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y, & t_1 \leq t \leq t_2. \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\sum_{k,m=1}^{\infty} u_{km}^{o+}(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y, \quad t_1 \leq t \leq t_2. \quad (4.2)$$

Из формулы (2.6) для функции $Q_{km}(t)$ с учетом (3.10) и интегрального условия (2.7) будем иметь

$$Q_{km}^-(t) = \varphi_{km}^{(0)} \cos \lambda_{km} t + \frac{1}{\lambda_{km}} \psi_{km}^{(0)} \sin \lambda_{km} t + \frac{1}{\lambda_{km}} \int_0^t u_{km}^{o-}(\tau) \sin \lambda_{km} (t - \tau) d\tau, \quad (4.3)$$

$0 \leq t \leq t_1,$

$$Q_{km}^+(t) = \varphi_{km}^{(1)} + \frac{1}{\lambda_{km}} \int_{t_1}^t u_{km}^{o+}(\tau) \sin \lambda_{km} (t - \tau) d\tau, \quad t_1 < t \leq t_2. \quad (4.4)$$

Следовательно, функция прогиба мембраны представится в виде

$$Q(x, y, t) = \begin{cases} \sum_{k,m=1}^{\infty} Q_{km}^-(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y, & 0 \leq t \leq t_1, \\ \sum_{k,m=1}^{\infty} Q_{km}^+(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y, & t_1 < t \leq t_2. \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\sum_{k,m=1}^{\infty} Q_{km}^+(t) \sin \frac{k\pi}{b} x \sin \frac{m\pi}{c} y, \quad t_1 < t \leq t_2. \quad (4.6)$$

Доказательство равномерной сходимости рядов (4.1), (4.2), (4.5), (4.6) и рядов для функции $Q_{xx}(x, y, t)$, $Q_{yy}(x, y, t)$, $Q_{xy}(x, y, t)$ сводится к доказательству сходимости рядов [4]

$$\sum_{k,m=1}^{\infty} \lambda_{km}^{\alpha} |\varphi_{km}^{(j)}| \quad (\alpha = 0, 1, 2; j = 0, 1), \quad (4.7)$$

$$\sum_{k,m=1}^{\infty} \lambda_{km}^{\alpha} |\psi_{km}^{(j)}| \quad (\alpha = -1, 0, 1; j = 0, 1). \quad (4.8)$$

Для сходимости рядов (4.7) достаточно потребовать, чтобы начальное и промежуточное отклонения, т.е. $\varphi_0(x, y)$ и $\varphi_1(x, y)$, удовлетворяли условиям сходимости ряда при $\alpha = 2$.

Для сходимости рядов (4.8) достаточно потребовать, чтобы начальная и промежуточная скорости $\psi_0(x, y)$ и $\psi_1(x, y)$ удовлетворяли условиям сходимости ряда при $\alpha = 1$.

Кафедра теоретической механики

Поступила 10.06.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнение математической физики. М., 1977.
2. Саакян Л.С., Барсегян В.Р. Об управлении колебаниями мембраны.- Межвуз. сб. научных трудов: Механика, Ер.: Изд-во ЕГУ, 1987, в. 6.
3. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М., 1968.
4. Габриелян М.С. О стабилизации механической системы мощности континуума.- Уч. записки ЕГУ, 1975, N 2.

Վ. Ռ. ԲԱՐՍԵԳՅԱՆ

ՄԵՄԲՐԱՆԻ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՂԵԿԱՎԱՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ ՖԻԶՄԱԾ ՄԻՋԱՆԿՅԱԼ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՄԲ

Ա ն փ ո փ ու մ

Դիտարկվում է անրացված եզրերով ուղղանկյուն մենբրանի տատանումների օպտիմալ ղեկավարման խնդիրը: Պահանջվում է մենբրանի վրա ազդող արտաքին ուժերի միջոցով համակարգը տեղափոխել սկզբնական վիճակից ֆիքսած միջանկյալ վիճակներով վերջնական վիճակին՝ մինիմիզացնելով ժամանակի ամբողջ ինտերվալի վրա տրված որակի հայտանիշը:

Փոփոխականների անջատման եղանակով խնդրի լուծումը բերվում է L_2 տարածությունում մոմենտների պրոբլեմին: Կառուցված են օպտիմալ ղեկավարող ազդեցությունները:

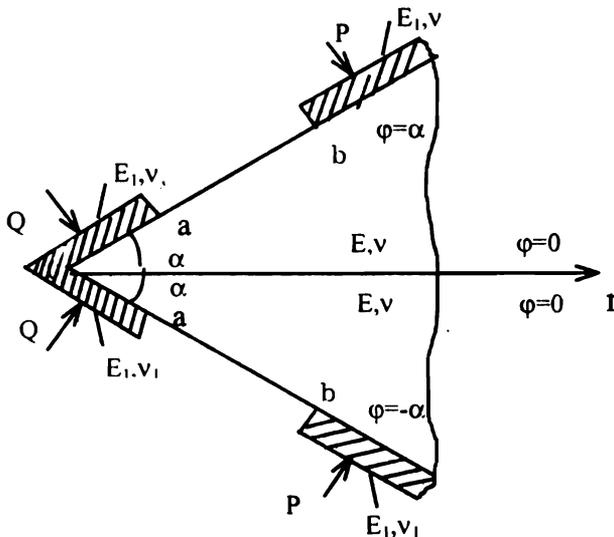
УДК 539.3

Յ.Ք.ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Ա.Տ.ԱԿՕՅԱՆ

**КОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ КЛИНА, ВДАВЛИВАЕМОГО
 СИММЕТРИЧНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ КОНЕЧНЫМИ И
 ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫМИ БАЛКАМИ**

В работе рассматривается контактная задача для клина, на гранях которого вдавливаются симметрично расположенные конечные и полубесконечные балки. Конечные балки выходят к вершине клина и связаны между собой различными способами. Задача заключается в определении нормальных контактных напряжений и решается путем разбиения на симметричную и антисимметричную задачи. С помощью интегрального преобразования Меллина и метода ортогональных многочленов Чебышева, задача сводится к решению квазивполне регулярной бесконечной системы линейных алгебраических уравнений.

Рассматривается контактная задача для клина ($-\alpha \leq \varphi \leq \alpha, 0 \leq r < \infty$), границы которого на участках $0 \leq r \leq a$ и $b \leq r < \infty, a < b$, подкреплены одинаковыми конечными и полубесконечными балками с жесткостью D (см. рис.).



Задача, где упругий клин контактирует с полубесконечными балками, рассмотрена в [1].

Нормально приложенные к балкам сосредоточенные силы Q и P действуют соответственно в точках $r=c(0 < c < a)$ и $r=d(b < d < \infty)$. Концы балок, на которые действуют силы Q , совпадающие с острием клина, связаны между собой. Возможны три типа соединения: жесткое, шарнирное и свободные края.

$$v^{(1)}(r) = [\theta(a-r) + \theta(r-b)] \frac{dv^{(1)}(r)}{dr}, q(r) = [\theta(a-r) + \theta(r-b)] q_1(r),$$

$$N_1 = D \frac{dv^{(1)}(r)}{dr} \Big|_{r=a}, N_2 = D \frac{dv^{(1)}(r)}{dr} \Big|_{r=b}, D = \frac{E_1 h^3}{12(1-\nu_1^2)},$$

где $v^{(1)}(r)$ – нормальные перемещения балок, $q_1(r)$ – нормальные контактные напряжения, $\delta(r)$ – функция Дирака, $\theta(r)$ – функция Хевисайда, h, E_1, ν_1 – соответственно толщина, модуль упругости и коэффициент Пуассона материала балок.

К (1) необходимо добавить еще условия соединения концов балок у острия клина. Поскольку шарнирное соединение эквивалентно свободным краям, то в этом случае условия равновесия имеют вид:

$$\int_0^a q(r) dr = Q, \int_b^\infty q(r) dr = P, \quad (2)$$

$$\int_0^a q(r) r dr = Qc, \int_b^\infty q(r) r dr = Pd. \quad (3)$$

В случае жесткого соединения условие (3) нужно заменить на следующее [1]:

$$\int_0^a q(r) r^2 dr = Qc^2 - 2N_1, \int_b^\infty q(r) r^2 dr = Pd^2 + 2N_2, \quad (4)$$

эти условия получаются из условий $\frac{dv^{(1)}(r)}{dr} \Big|_{r=0} = 0$ и $\frac{dv^{(1)}(r)}{dr} \Big|_{r \rightarrow \infty} = 0$.

Для $q_1(r)$ потребуем [2], чтобы

$$q(r) \sim r^{-\varepsilon} \text{ при } r \rightarrow 0 \text{ и } q(r) \sim r^{-1-\delta} \text{ при } r \rightarrow \infty.$$

Здесь $\varepsilon < 1$, а δ – любое положительное число.

С помощью интегрального преобразования Меллина из уравнений Ламе для деформаций границ клина имеем

$$\frac{dv(r, \alpha)}{dr} = \frac{4}{E} \int_0^\infty q(t) K\left(\frac{r}{t}\right) \frac{dt}{t}, \quad 0 < r < \infty, \quad (5)$$

$$K\left(\frac{r}{t}\right) = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{\sin^2 s\alpha - \sin^2 \alpha}{\sin 2s\alpha + s \sin 2\alpha} \left(\frac{r}{t}\right)^{-(s+1)} ds,$$

где $v(r, \alpha)$ – нормальные перемещения точек границы клина, E – модуль упругости клина, а s – комплексный параметр преобразования.

Представим (5) в следующем виде:

$$V_1(r, \alpha) + V_2(r, \alpha) = \frac{4}{E_0} \int_0^{\infty} q(t) K\left(\frac{r}{t}\right) \frac{dt}{t}, \quad 0 < r < \infty,$$

$$V_1(r, \alpha) = [\theta(a-r) + \theta(r-b)] \frac{dv(r, \alpha)}{dr}, \quad (6)$$

$$V_2(r, \alpha) = [\theta(r-a) - \theta(r-b)] \frac{dv(r, \alpha)}{dr}.$$

Применяя преобразование Меллина на (1) и (6), получим

$$\bar{V}^{(1)}(s+1) = \frac{\bar{q}(s+4) - Qc^{s+3} - Pd^{s+3}}{Dg(s)} + \frac{N_1 a^{s+1} - N_2 b^{s+1}}{D(s+1)}, \quad -4 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < -3 + \delta. \quad (7)$$

$$\bar{V}_1(s+1) + \bar{V}_2(s+1) = \frac{4}{E} \bar{K}(s, \alpha) \bar{q}(s+1), \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0. \quad (8)$$

$$\bar{K}(s, \alpha) = \frac{\sin^2 s\alpha - \sin^2 \alpha}{\sin 2s\alpha + s \sin 2\alpha},$$

где

$$\bar{q}(s+4) = \int_0^{\infty} q(r) r^{s+3} dr, \quad \bar{q}(s+1) = \int_0^{\infty} q(r) r^s dr.$$

$$\bar{V}^{(i)}(s+1) = \int_0^{\infty} V^{(i)}(r) r^s dr, \quad \bar{V}_i(s+1) = \int_0^{\infty} V_i(r) r^s dr \quad (i=1,2), \quad g(s) = (s+1)(s+2)(s+3).$$

Используя условие контакта

$$\bar{V}^{(1)}(s+1) = \bar{V}_1(s+1) \quad (9)$$

для определения $\bar{q}(s+1)$, из (7), (8) получим следующее неоднородное разностное уравнение:

$$\begin{aligned} & \frac{E}{4D} \frac{\bar{q}(s+4)}{g(s)} - \bar{K}(s, \alpha) \bar{q}(s+1) = \\ & = \frac{Qc^{s+3} + Pd^{s+3}}{g(s)} - \frac{E}{4D} \frac{N_1 a^{s+1} - N_2 b^{s+1}}{s+1} - \frac{E}{4} \bar{V}_2(s+1) \end{aligned} \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0. \quad (10)$$

при граничных условиях (2), (3), (4)

$$\bar{q}(1) = Q + P. \quad (11)$$

$$\bar{q}(m) = Qc^{m-1} + Pd^{m-1} - 2(m-2)N_1 + 2(m-2)N_2 \quad (m=2,3),$$

где $m=2$ и $m=3$ соответственно для случаев в шарнирной и жесткой связях.

Выше было учтено значение $\delta = 3[2-4]$, полученное из условия контакта.

Таким образом, задача свелась к решению неоднородного разностного уравнения (10), определенного в полосе $(-1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0)$ относительно функции $\bar{q}(s+1)$, регулярной в полосе $(-1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 3)$.

Для решения уравнения (10) рассмотрим следующее однородное уравнение:

$$2g(s)\bar{K}(s, \alpha)q_0(s+4) + q_0(s+1) = 0, \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0, \quad (12)$$

с граничным условием $q_0(1) = 1$.

с граничным условием $q_0(1) = 1$.

В уравнении (12) сделаем замену, аналогично [3 - 5]:

$$q_0(s+1) = \frac{\cos \frac{\pi}{6} s}{\Gamma(s+1)} Y(s+1), \quad q_0(s+4) = -\frac{\sin \frac{\pi}{6} s}{g(s)\Gamma(s+1)} Y(s+4), \quad (13)$$

где $\Gamma(s)$ - обычная гамма-функция.

Для $Y(s+1)$ получим

$$R(s)Y(s+4) = Y(s+1), \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0, \quad (14)$$

при условии $Y(1) = 1$, где $R(s) = 2 \operatorname{tg} \frac{\pi}{6} s \bar{K}(s, \alpha)$.

Очевидно, что $Y(s+1)$ регулярна в полосе $-1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 3$, а $Y(s+4)$ - в полосе $-4 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0$.

Учитывая, что $R(s) \rightarrow 1$ при $|s| \rightarrow \infty$ и не имеет нулей и полюсов в полосе $-1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0$, проводим логарифмирование в (14):

$$\ln Y(s+1) - \ln Y(s+4) = \ln R(s), \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0. \quad (15)$$

Теперь, разделив обе части уравнения (15) на $\sin \frac{\pi}{3}(s+1) = -\sin \frac{\pi}{3}(s+4)$ и применяя обратное преобразование Меллина, получим

$$(1+r^3)M^{-1} \left[\frac{\ln Y(s+1)}{\sin \frac{\pi}{3}(s+1)} \right] - \frac{3}{\pi} \ln Y(3) = M^{-1} \left[\frac{\ln R(s)}{\sin \frac{\pi}{3}(s+1)} \right], \quad (16)$$

здесь M^{-1} - обратное преобразование Меллина.

Откуда, после преобразования Меллина, будем иметь

$$Y(s+1) = Y(3) \exp \left[-\frac{i}{6} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \left(\operatorname{ctg} \frac{\pi}{3}(s-p) + \operatorname{ctg} \frac{\pi}{3}(p+1) \right) \ln R(p) dp \right], \quad (17)$$

$$-1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0, \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re}(s-p) < 0.$$

Из (17) следует, что функция $Y(s+1)$ при $|s| \rightarrow \infty$ в полосе $-1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0$ ограничена.

С помощью (12) уравнение (10) можно представить в следующем виде:

$$q_0(s+1)q(s+1) + \lambda q_0(s+4)q(s+4) = -f(s)q_0(s+4), \quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0, \quad (18)$$

$$f(s) = \frac{E}{2} g(s) \bar{V}_2(s+1) - \lambda (Qc^{s+3} + Pd^{s+3}) + \lambda(s+2)(s+3)(N_1 a^{s+1} - N_2 b^{s+1}), \quad \lambda = \frac{E}{2D}.$$

Поскольку $|f(s)q_0(s+4)| \sim e^{\frac{2}{3}\pi|\tau|} |\tau|^{-\sigma-1}$ при $|\tau| \rightarrow \infty$ в полосе $-1 + \varepsilon < \sigma < 0$, где $s = \sigma + i\tau$, то, поступая как в [5], разделим обе части уравнения (18) на $\sin \frac{2\pi}{3}(s+1) = \sin \frac{2\pi}{3}(s+4)$ и применим обратное преобразование Меллина, тогда получим

$$(1 + \lambda r^3)M^{-1} \left[\frac{q_0(s+1)\bar{q}(s+1)}{\sin \frac{2\pi}{3}(s+1)} \right] = -\frac{3\lambda}{2\pi} q_0(3)\bar{q}(3) - M^{-1} \left[\frac{q_0(s+4)}{\sin \frac{2\pi}{3}(s+1)} f(s) \right]. \quad (19)$$

Теперь, применив к (19) преобразование Меллина, на основании теоремы Коши о вычетах с учетом уравнения (12), будем иметь

$$\begin{aligned} \bar{q}(s+1) &= \frac{E^{-1}}{4} K^{-1}(s, \alpha) \bar{V}_2(s+1) - \frac{\lambda}{2} g^{-1}(s) K^{-1}(s, \alpha) (Qc^{s+3} + Pd^{s+3}) - \\ &\quad - \frac{q_0(3)\bar{q}(3)}{q_0(s+1)} \lambda^{\frac{-s+2}{3}} \cos \frac{\pi}{3}(s+1) + \\ &\quad + \frac{i}{6} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \left[\operatorname{ctg} \frac{\pi}{3}(s-p) + \operatorname{ctg} \frac{\pi}{3}(p+1) \right] \times \\ &\quad \times \frac{\lambda^{\frac{s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(p+1)} q_0(p+4) f(p) dp + \frac{\lambda^{-1}}{2} K^{-1}(s, \alpha) \frac{N_1 a^{s+1} - N_2 b^{s+1}}{s+1}, \\ &\quad -1 + \varepsilon < \operatorname{Re} s < 0, \quad 0 < \operatorname{Re}(s-p) < 1 - \varepsilon. \end{aligned} \quad (20)$$

Применив к (20) обратное преобразование Меллина, получим

$$\begin{aligned} q(r) &= \frac{E}{8\pi i} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} K^{-1}(s, \alpha) \bar{V}_2(s+1) r^{-(s+1)} ds - \frac{\lambda}{4\pi i} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} K^{-1}(s, \alpha) g^{-1}(s) (Qc^{s+3} + Pd^{s+3}) \times \\ &\quad \times r^{-(s+1)} ds - \frac{q_0(3)\bar{q}(3)}{2\pi i} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} \lambda^{\frac{-s+2}{3}} r^{-(s+1)} ds + \frac{1}{12\pi} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} \times \\ &\quad \times \left[\int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} \left[\operatorname{ctg} \frac{\pi}{3}(s-p) + \operatorname{ctg} \frac{\pi}{3}(p+1) \right] \frac{\lambda^{\frac{s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(p+1)} q_0(p+4) f(p) dp \right] r^{-(s+1)} ds + \\ &\quad + \frac{\lambda}{4\pi i} \int_{c_1-i\infty}^{c_1+i\infty} K^{-1}(s, \alpha) (s+1)^{-1} (N_1 a^{s+1} - N_2 b^{s+1}) r^{-(s+1)} ds, \\ &\quad -1 + \varepsilon < c, \quad c_1 < 0, \quad 0 < \operatorname{Re}(s-p) < 1 - \varepsilon. \end{aligned} \quad (21)$$

После несложных выкладок и примечения теоремы о свертке уравнение (21) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} q^*(r) &= \frac{E}{4} \int_a^b V_2(t) K^* \left(\frac{r}{t} \right) dt - \frac{\lambda}{2} \left(QD_2 \left(\frac{r}{c} \right) + PD_2 \left(\frac{r}{d} \right) \right) - q_0(3)\bar{q}(3)D_1(r) + \\ &+ E \int_a^b V_2(t) R(r, t) dt - \lambda (QR_1(r, c) + PR_1(r, d)) + \frac{\lambda}{2} \left(N_1 D_3 \left(\frac{r}{a} \right) - N_2 D_3 \left(\frac{r}{b} \right) \right) + \\ &+ \lambda (N_1 R_2(r, a) - N_2 R_2(r, b)), \quad 0 < r < \infty, \end{aligned} \quad (22)$$

где

$$q^*(r) = rq(r), \quad K^*\left(\frac{r}{t}\right) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} K^{-1}(s, \alpha) \left(\frac{r}{t}\right)^{-s} ds,$$

$$D_1(r) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} \lambda^{\frac{-s+2}{3}} r^{-s} ds,$$

$$D_2\left(\frac{r}{c}\right) = \frac{c^3}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} g^{-1}(s) K^{-1}(s, \alpha) \left(\frac{r}{c}\right)^{-s} ds,$$

$$R(r, t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} F(s, t) r^{-s} ds,$$

$$D_3\left(\frac{r}{a}\right) = \frac{a}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} (s+1)^{-1} K^{-1}(s, \alpha) \left(\frac{r}{a}\right)^{-s} ds,$$

$$F(s, t) = \frac{i}{12} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} H(s, p) \frac{\lambda^{\frac{-s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)} g(p) q_0(p+4) t^p dp,$$

$$H(s, p) = ctg \frac{\pi}{3}(s-p) + ctg \frac{\pi}{3}(p+1),$$

$$R_1(r, c) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} F_1(s, c) r^{-s} ds,$$

$$R_2(r, a) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} F_2(s, a) r^{-s} ds,$$

$$F_1(s, c) = \frac{ic^3}{6} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} H(s, p) \frac{\lambda^{\frac{-s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(p+1)} q_0(p+4) c^p dp,$$

$$F_2(s, a) = \frac{ia}{6} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} H(s, p) \frac{\lambda^{\frac{-s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(p+1)} (p+2)(p+3) q_0(p+4) a^p dp.$$

Используя (8) для $\overline{K}^{-1}(s, \alpha)$ получим следующую оценку

$$\overline{K}^{-1}(\tau, \alpha) \sim \frac{2}{i} ctg \tau \alpha \quad \text{при } |\tau| \rightarrow \infty.$$

На основании этого

$$K^* \left(\frac{r}{t} \right) = \frac{2}{\alpha} \frac{r^{\frac{\pi}{\alpha}}}{t^{\frac{\pi}{\alpha}} - r^{\frac{\pi}{\alpha}}} + K^{**} \left(\frac{r}{t} \right), \quad (23)$$

$$K^{**} \left(\frac{r}{t} \right) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \bar{K}^{**}(s, \alpha) \left(\frac{r}{t} \right)^{-s} ds, \quad \bar{K}^{**}(s, \alpha) = \bar{K}^{-1}(s, \alpha) - 2ctg\alpha s,$$

где $K^{**} \left(\frac{r}{t} \right)$, поскольку $\bar{K}^{**}(s, \alpha)$ есть суммируемая функция, ограничена при $a < t < b$ и $0 < r < \infty$.

Из (22), требуя, чтобы $a < r < b$, для определения функции $V_2(r)$ получим сингулярное интегральное уравнение первого рода с ядром типа Коши

$$\begin{aligned} \frac{E}{4} \int_a^b V_2(t) \Pi(r, t) dt = q_0(3) \bar{q}(3) D_1(r) - \frac{\lambda}{2} N_1 \left[D_3 \left(\frac{r}{a} \right) + 2R_2(r, a) \right] + \\ + \frac{\lambda}{2} N_2 \left[D_3 \left(\frac{r}{b} \right) + 2R_2(r, b) \right] + \frac{\lambda}{2} Q \left[D_2 \left(\frac{r}{c} \right) + 2R_1(r, c) \right] + \frac{\lambda}{2} P \left[D_2 \left(\frac{r}{d} \right) + 2R_1(r, d) \right], \end{aligned} \quad (24)$$

$$\Pi(r, t) = K^* \left(\frac{r}{t} \right) + 4R(r, t), \quad a < r < b.$$

С помощью подстановки $r^{\frac{\pi}{\alpha}} = r_0$, $t^{\frac{\pi}{\alpha}} = t_0$ в (24) после некоторых преобразований для определения $V_2(t)$, получим следующее сингулярное интегральное уравнение с ядром Коши:

$$\begin{aligned} \frac{E}{2\pi} \int_{a_0}^{b_0} \frac{V_2^*(t_0)}{t_0 - r_0} dt_0 + \frac{E\alpha}{4\pi} \int_{a_0}^{b_0} \left(K^{**} \left(\frac{r_0}{t_0} \right) + 4R(r_0, t_0) \right)^{-1} V_2^*(t_0) dt_0 = \\ = r_0^{-1} q_0(3) \bar{q}(3) D_1(r_0) - r_0^{-1} \left(\frac{\lambda}{2} N_1 \left[D_3 \left(\frac{r_0}{a_0} \right) + 2R_2(r_0, a_0) \right] + \right. \\ \left. + \frac{\lambda}{2} N_2 \left[D_3 \left(\frac{r_0}{b_0} \right) + 2R_2(r_0, b_0) \right] + \frac{\lambda}{2} Q \left[D_2 \left(\frac{r_0}{c_0} \right) + 2R_1(r_0, c_0) \right] \right) + \\ \left. + r_0^{-1} \frac{\lambda}{2} P \left[D_2 \left(\frac{r_0}{d_0} \right) + 2R_1(r_0, d_0) \right], \end{aligned} \quad (25)$$

где

$$V_2^*(t_0) = t_0^{\frac{\alpha}{\pi}-1} V_2 \left(t_0^{\frac{\alpha}{\pi}} \right),$$

$$K^{**} \left(\frac{r_0}{t_0} \right) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \bar{K}^{**}(s, \alpha) \left(\frac{r_0}{t_0} \right)^{-\frac{\alpha}{\pi}s} ds,$$

$$R(r_0, t_0) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} F(s, t_0) r_0^{-\frac{\alpha}{\pi}s} ds,$$

$$F(s, t_0) = \frac{i}{12} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} H(s, p) \frac{\lambda^{-\frac{s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)} g(p) q_0(p+4) t_0^{\frac{\alpha}{\pi} p} dp,$$

$$D_1(r_0) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} \lambda^{\frac{s+2}{3}} r_0^{-\frac{\alpha}{\pi} s} ds,$$

$$D_3\left(\frac{r_0}{a_0}\right) = \frac{a_0^{\frac{\alpha}{\pi}}}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} (s+1)^{-1} \bar{K}^{-1}(s, \alpha) \left(\frac{r_0}{a_0}\right)^{-\frac{\alpha}{\pi} s} ds,$$

$$R_2(r_0, a_0) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} F_2(s, a_0) r_0^{-\frac{\alpha}{\pi} s} ds,$$

$$F_2(s, a_0) = \frac{ia_0^{\frac{\alpha}{\pi}}}{6} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} H(s, p) \frac{\lambda^{\frac{s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(p+1)} (p+2)(p+3) q_0(p+4) a_0^{\frac{\alpha}{\pi} p} dp,$$

$$D_2\left(\frac{r_0}{c_0}\right) = \frac{c_0^{\frac{3\alpha}{\pi}}}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} g^{-1}(s) \bar{K}^{-1}(s, \alpha) \left(\frac{r_0}{c_0}\right)^{\frac{\alpha}{\pi} s} ds,$$

$$R_1(r_0, c_0) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{i\infty} \frac{\cos \frac{\pi}{3}(s+1)}{q_0(s+1)} F_1(s, c_0) r_0^{-\frac{\alpha}{\pi} s} ds,$$

$$F_1(s, c_0) = \frac{ic_0^{\frac{3\alpha}{\pi}}}{6} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} H(s, p) \frac{\lambda^{-\frac{s+p}{3}}}{\cos \frac{\pi}{3}(p+1)} q_0(p+4) c_0^{\frac{\alpha}{\pi} p} dp.$$

Представим решение сингулярного интегрального уравнения в виде [5]

$$V_2^*(t_0) = \frac{\sum_{j=0}^{\infty} X_j T_j[w(t_0)]}{\sqrt{1-w^2(t_0)}} \quad (a_0 < t_0 < b_0, |w(t_0)| < 1), \quad (26)$$

где $w(t_0) = \frac{2t_0 - a_0 - b_0}{b_0 - a_0}$, $\{T_j(x)\}_{j=0}^{\infty} = \{\cos(j \arccos x)\}_{j=0}^{\infty}$ — многочлены Чебышева

первого рода, а неизвестные коэффициенты $\{X_j\}_{j=0}^{\infty}$ подлежат определению.

Подставляя выражения $V_2^*(t_0)$ из (26) в (25), пользуясь соотношениями [5]

$$\frac{1}{\pi} \int_{a_0}^{b_0} \frac{1}{t_0 - r_0} \frac{T_j[w(t_0)]}{\sqrt{1-w^2(t_0)}} dt_0 = U_{j-1}[w(r_0)] \quad (a_0 < r_0 < b_0, j = 1, 2, \dots),$$

$$\int_{a_0}^{b_0} \sqrt{1-w^2(t_0)} U_{j-1}[w(t_0)] U_{m-1}[w(t_0)] dt_0 = \begin{cases} 0, & m \neq j \\ \frac{\pi(b_0 - a_0)}{4}, & m = j, \end{cases} \quad (m, j = 1, 2, \dots),$$

где $\{U_{j-1}(x)\}_{j=1}^{\infty} = \left\{ \frac{\sin(n \arccos x)}{\sin(\arccos x)} \right\}_{j=1}^{\infty}$ – многочлены Чебышева второго рода,

умножая на $\sqrt{1-w^2(r_0)}U_{m-1}[w(r_0)]$ и интегрируя, получим следующую квазивполне регулярную систему бесконечного линейного алгебраического уравнения относительно неизвестных коэффициентов $\{X_j\}_{j=1}^{\infty}$ [5]:

$$X_m + \sum_{j=1}^{\infty} B_{jm} X_j = X_0 \beta_m^{(1)} + \beta_m^{(2)} \quad (m = 1, 2, \dots), \quad (27)$$

где

$$B_{jm} = \frac{4}{\pi(b_0 - a_0)} \left[\frac{\alpha}{2\pi} \int_{a_0}^{b_0} \int_{a_0}^{b_0} r_0^{-1} \left(K^{**} \left(\frac{r_0}{t_0} \right) + 4R(r_0, t_0) \right) \frac{\sqrt{1-w^2(r_0)}}{\sqrt{1-w^2(t_0)}} T_j[w(t_0)] U_{m-1}[w(r_0)] dr_0 dt_0 \right]$$

$$\beta_m^{(1)} = -\frac{4}{\pi(b_0 - a_0)} \left[\frac{\alpha}{2\pi} \int_{a_0}^{b_0} \int_{a_0}^{b_0} r_0^{-1} \left(K^{**} \left(\frac{r_0}{t_0} \right) + 4R(r_0, t_0) \right) \frac{\sqrt{1-w^2(r_0)}}{\sqrt{1-w^2(t_0)}} U_{m-1}[w(r_0)] dr_0 dt_0 \right],$$

$$\beta_m^{(2)} = \frac{4}{\pi(b_0 - a_0)} \frac{2}{E} \int_{a_0}^{b_0} \left(q_0(3)q(3)D_1(r_0) - \frac{\lambda}{2} N_1 \left(D_3 \left(\frac{r_0}{a_0} \right) + 2R_2(r_0, a_0) \right) \right) \sqrt{1-w^2(r_0)} U_{m-1}[w(r_0)] \times$$

$$\times \frac{dr_0}{r_0} + \frac{4}{\pi(b_0 - a_0)} \left[\frac{2}{E} \int_{a_0}^{b_0} \left(\frac{\lambda}{2} N_2 \left(D_3 \left(\frac{r_0}{b_0} \right) + 2R_2(r_0, b_0) \right) + \frac{\lambda}{2} Q \left(D_2 \left(\frac{r_0}{c_0} \right) + 2R_1(r_0, c_0) \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{\lambda}{2} P \left(D_2 \left(\frac{r_0}{d_0} \right) + 2R_1(r_0, d_0) \right) \right) \sqrt{1-w^2(r_0)} U_{m-1}[w(r_0)] \frac{dr_0}{r_0} \right].$$

здесь N_1 и N_2 определяются соответственно из первого и второго условий (4).

Таким образом, рассматриваемая задача сводится к решению бесконечной системы линейных алгебраических уравнений (27).

Отметим, что для жесткой связи, имея в виду (4), получим

$$q^*(r) = \frac{E}{4} \int_a^b V_2(t) K^* \left(\frac{r}{t} \right) dt - \frac{\lambda}{2} \left[QD_2 \left(\frac{r}{c} \right) + PD_2 \left(\frac{r}{d} \right) \right] -$$

$$- \lambda [QR_1(r, c) + PR_1(r, d)] + E \int_a^b V_2(t) R(r, t) dt + \frac{\lambda}{2} \left[N_1 D_3 \left(\frac{r}{a} \right) - N_2 D_3 \left(\frac{r}{b} \right) \right] + \quad (28)$$

$$+ \lambda [N_1 R_2(r, a) - N_2 R_2(r, b)] - (Qc^2 + Pd^2 - 2N_1 + 2N_2) q_0(3) D_1(r), \quad 0 < r < \infty.$$

В случае шарнирной связи постоянная $\bar{q}(3)$ определяется из граничного условия (2), а $q_0(3)$ в обоих случаях можно определить из условий (3).

Далее нетрудно заметить, что нормальные контактные напряжения при $r = a$ и $r = b$ имеют корневую особенность, а при $r \rightarrow 0$ в случае шарнирной связи балок для $\alpha \leq \frac{\pi}{2}$ – логарифмическую особенность $\ln r$, при $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$ – степенную

особенность порядка $r^{\frac{\pi}{2}-\alpha}$, а в случае жесткой связи – порядки $O(1)$ и $r^{\frac{\pi}{2}-\alpha}$, соответственно [1].

2. Для антисимметричной задачи уравнение изгиба балок также можно записать в виде (1). В этом случае все три типа соединения концов балок эквивалентны следующим условиям равновесия:

$$\int_0^{\infty} q(r)r^m dr = Qc^m + Pd^m \quad (m = 0,1). \quad (29)$$

Поступая аналогично, как в предыдущей задаче, в случае антисимметричной задачи получим уравнение (10), в котором $\bar{K}(s, \alpha)$ нужно заменить на

$$\bar{K}_1(s, \alpha) = \frac{\sin^2 \alpha s - \cos^2 \alpha}{\sin 2\alpha s - s \sin 2\alpha}. \quad (30)$$

Очевидно, что функция

$$R(s) = 2tg \frac{\pi}{6} s \bar{K}_1(s, \alpha), \quad (31)$$

в полосе $-1 + \varepsilon < \text{Re } s < 0$ не имеет нулей и полюсов, и $R(s) \rightarrow 1$ при $|s| \rightarrow \infty$. Тогда получим задачу (10), (30), (31), решение которой даст выражение (17).

В этом случае, аналогично предыдущему случаю, решение уравнения (22), по которому здесь тоже определяются нормальные контактные напряжения, с использованием многочленов Чебышева можно свести к квазировне регулярной бесконечной системе алгебраических уравнений.

Контактные напряжения в этой задаче при $r \rightarrow 0$ для $\alpha < \frac{\pi}{6}$ и $\alpha = \frac{\pi}{2}$ стремятся

к нулю, как r , для $\frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{4}$ — как $r^{\frac{\pi}{2\alpha}-2}$, для $\frac{\pi}{4} < \alpha < \frac{\pi}{2}$ контактные напряжения

имеют степенную особенность вида $r^{\frac{\pi}{2\alpha}-2}$, для $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \frac{3}{4}\pi$ — вида $r^{-\frac{\pi}{2\alpha}}$, а для

$\frac{3}{4}\pi < \alpha < \pi$ — вида $r^{-\frac{\pi}{2\alpha}}$, $r^{\frac{3\pi}{2\alpha}-2}$ [1].

Кафедра механики сплошной среды

Поступила 14.09.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Г.Я., Тихошенко Л.Я. Точное решение плоских задач о контакте полубесконечных балок с упругим клином. - ПММ, 1975, т. 39, №6, с. 1100-1109.
2. Григорян Э.Х. Решение задачи упругого конечного включения, выходящего на границу полуплоскости. - Уч. записки ЕГУ, 1981, №3, с. 32-43.
3. Koiter W. On the diffusion of load from a stiffener into a sheet. - Quarterly journal of Mechanics and Applied Mathematics, 1955, v. 8, N2, p. 164.
4. Аветикян В.Е., Мелтошян Б.А. Решение одной контактной задачи для упругого клина, подкрепленного конечной и полубесконечной балками. - МДТТ (сбор.). Изд-во АН Арм. ССР, 1989, с. 5-11.
5. Григорян Э.Х. Контактная задача для кусочно-однородной бесконечной пластины с конечными стрингерами. - Уч. записки ЕГУ, 1988, №3, с. 48-57.
6. Уфлянд Я.С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. Л.: Наука, 1968, с. 404.

ԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ ԽՆԴԻՐ ՍԵՊԻ ՀԱՄԱՐ, ՈՐԸ ՍԵՂՄՎՈՒՄ Է ՍԻՄԵՏՐԻԿ
ԴԱՍԱՎՈՐՎԱԾ ՎԵՐՋԱՎՈՐ ԵՎ ԿԻՍԱԱՆՎԵՐՋ ՀԵԾԱՆՆԵՐՈՎ

Ա մ փ ո փ ո մ

Աշխատանքում դիտարկվում է կոնտակտային խնդիր սեպի համար, որն ուժեղացված է սինետրիկ դասավորված վերջավոր և կիսաանվերջ հեծաններով: Վերջավոր հեծանների ծայրերը, որոնք համընկնում են սեպի զագաթի հետ, ամրակցված են միմյանց: Հնարավոր են երեք տիպի ամրացումներ՝ կոշտ, հողակապային և ազատ եզրեր: Պահանջվում է գտնել նորմալ կոնտակտային լայրումները սեպի եզրերի և հեծանների ամրացման գծի երկայնքով, երբ կոնտակտային գույզը դեֆորմացվում է հեծանների վրա ազդող նորմալ ուժերով: Խնդիրը Սեյլինի ինտեգրալ ձևափոխության և Չերիշևի օրթոգոնալ բազմանդամների մեթոդի օգնությամբ հանգեցվում է համարյա լիովին կանոնավոր անվերջ գծային հանրահաշվական հավասարումների համակարգի լուծմանը:

УДК 621.315.592

А.С. ЧИРКИНЯН

ЭФФЕКТ ФРАНЦА - КЕЛДЫША В ТОНКОЙ
 ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОВОЛОКЕ ТИПА A^3B^5

Исследовано электропоглощение света в тонкой размерно-квантованной проволоке узкозонного полупроводника типа A^3B^5 . Показано, что влияние ненаработности закона дисперсии носителей заряда и размерного квантования сводится к изменению степенной зависимости коэффициента поглощения света от величины приложенного электрического поля, а также от дефицита энергии.

Особенности коэффициента электропоглощения в полупроводнике, характеризующегося, в частности, смещением края полосы собственного поглощения в область меньших энергий, теоретически изучены в [1] для массивного образца и в [2] для тонких размерно-квантованных полупроводниковых пленок. В связи с актуальностью пространственно-ограниченных полупроводниковых систем представляет интерес исследование эффекта Франца - Келдыша в тонкой полупроводниковой проволоке с учетом кейновского закона дисперсии носителей заряда. Отметим, что в рамках исследуемой двузонной модели массы электрона в зоне проводимости и дырки в валентной зоне предполагаются равными: $m_c = m_v = \mu$.

Потенциал проволоки с круглым сечением с радиусом ρ_0 аппроксимируется бесконечной двумерной потенциальной ямой, а вдоль оси проволоки предполагается сохранение одномерной зонной структуры. Однородное электрическое поле напряженностью \vec{E} ориентировано вдоль оси проволоки (ось OZ).

Аналитические выражения для волновых функций электрона в зоне проводимости и дырки в валентной зоне в тонкой полупроводниковой проволоке с кейновским законом дисперсии носителей заряда при наличии внешнего однородного электрического поля находим, решая соответствующее уравнение Кэ́йна - Гордона в цилиндрических координатах методом разделения переменных:

$$\psi_c(\rho, \varphi, z) = B \frac{J_{|m|}(\lambda_i^{|m|} \rho / \rho_0) e^{im\varphi}}{J_{|m|+1}(\lambda_i^{|m|}) \sqrt{S}} W \left[\sqrt{\frac{2F}{\hbar s}} (z - z_c), f_i^{|m|} \right] U_{c_i}(z), \quad (1)$$

$$\psi_v(\rho, \varphi, z) = B \frac{J_{|m|}(\lambda_i^{|m|} \rho / \rho_0) e^{im\varphi}}{J_{|m|+1}(\lambda_i^{|m|}) \sqrt{S}} W \left[\sqrt{\frac{2F}{\hbar s}} (z + z_v), f_i^{|m|} \right] U_{v_i}(z), \quad (2)$$

где B - постоянная, определяемая из условия нормировки волновой функции на плотность потока: $B = \left[\frac{\mu^2 s}{2\pi^2 F \hbar^3} \right]^{1/4}$; s - параметр непараболичности, имеющей размерность скорости (для InSb $s = 10^8$ см/с); $\lambda_i^{m'}$ - i -ый корень m' -ой функции Бесселя $J_{|m'|}(x)$; S - площадь поперечного сечения проволоки; $W(t; f_i^{m'})$ - функция параболического цилиндра (функция Вебера);

$$F = |e|E; z_{c,v} = \frac{\epsilon_{c,v} + \mu s^2}{F}; f_i^{m'} = \frac{\mu^2 s^4 + \frac{\hbar^2 s^2}{\rho_o^2} (\lambda_i^{m'})^2}{2F \hbar s};$$

$U_{(c,v)}(z)$ - одномерная блоховская амплитуда; $\epsilon_{c,v}$ - энергии электрона и дырки соответственно в зоне проводимости и в валентной зоне; \hbar - постоянная Планка; $|e|$ - заряд электрона.

Для определенности рассмотрим лишь вертикальные междузонные переходы в тонкой полупроводниковой проволоке при $T = 0$. Отметим, что из-за неопределенности волнового вектора электрона в плоскости, перпендикулярной оси проволоки, нельзя пренебречь поперечной компонентой q_{\perp} импульса фотона.

Матричный элемент перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости с учетом (1), (2) можно представить в виде

$$P_{cv}^{\vec{k}} = \frac{eA_o}{m_o c} B^2 P_{cv} \left(\vec{k} \right) \sqrt{K_{mm'}^{i'm'}(q_{\perp} \rho_o)} J_{mm'}^{i'm'}(\epsilon_c, \epsilon_v) \cos \beta, \quad (3)$$

где m_o - масса свободного электрона, c - скорость света в вакууме, A_o - амплитуда падающей световой волны; β - угол между вектор-потенциалом \vec{A} и осью oz , $P_{cv} \left(\vec{k} \right) = -\frac{i\hbar}{\Omega_o} \int_{\Omega_o} U_{ck}^*(z) \frac{dU_{vk}(z)}{dz} dz$, Ω_o - объем одномерной элементарной ячейки;

$$K_{mm'}^{i'm'}(q_{\perp} \rho_o) = \left\{ 2 \int_0^1 \frac{J_{|m'|}(\lambda_i^{m'} x) J_{|m'|}(\lambda_i^{m'} x)}{J_{|m'+1|}(\lambda_i^{m'}) J_{|m'+1|}(\lambda_i^{m'})} J_{|m-m'|}(q_{\perp} \rho_o x) x dx \right\}^2;$$

$$J_{mm'}^{i'm'}(\epsilon_c, \epsilon_v) = \int_0^{\infty} W \left[\sqrt{\frac{2F}{\hbar s}} \left(z - \frac{\epsilon_c + \mu s^2}{F} \right); f_i^{m'} \right] W \left[\sqrt{\frac{2F}{\hbar s}} \left(z + \frac{\epsilon_v + \mu s^2}{F} \right); f_i^{m'} \right] dz.$$

Ограничиваясь рассмотрением электронных переходов с сохранением номера проволоочной подзоны $i = i', m = m'$ (вклад остальных переходов пренебрежимо мал, т.к. пропорционален $(q_{\perp} \rho_o)^2$; для InSb $q_{\perp} \rho_o \sim 0,1$ уже при $\rho_o \sim 100 \text{ \AA}$ [3]), для $\vec{k} = 0$ имеем

$$P_{cv}^E = \frac{eA_0}{m_0c} B^2 P_{cv}(0) J_{im}^{lm}(\varepsilon_c, \varepsilon_v) \cos \beta. \quad (4)$$

Коэффициент электропоглощения света, обусловленный прямыми разрешенными переходами электрона из валентной зоны в зону проводимости с учетом (4), будет иметь следующий вид:

$$\alpha_k^E(\omega) = \frac{4\pi^2 e^2 P_{cv}^2(0) B^4 \cos^2 \beta}{m_0^2 n c \omega S L} \sum_{i,m} \iint [J_{im}^{lm}(\varepsilon_c, \varepsilon_v)]^2 \delta(\varepsilon_c - \varepsilon_v - \hbar\omega) d\varepsilon_c d\varepsilon_v, \quad (5)$$

где n - показатель преломления среды, ω - частота света, L - длина проволоки.

Отметим, что в последнем выражении можно совершить предельный переход к параболическому закону дисперсии носителей заряда при $S \rightarrow \infty$. В этом случае, воспользовавшись асимптотическим представлением функции Вебера через функцию Эйри [4]

$$W \left[\sqrt{\frac{2F}{\hbar s}} (z - z_c), f_i^{|m|} \right] \sim \pi (2f_i^{|m|})^{-1/12} Ai \left\{ \left(\frac{\mu F}{\hbar^2} \right)^{1/3} \left[z - \frac{\varepsilon_c + \frac{\hbar^2 (\lambda_v^{|m|})^2}{\mu \rho_o^2}}{F} \right] \right\}, \quad (6)$$

нетрудно показать, что коэффициент электропоглощения света тонкой полупроводниковой проволокой с квадратичным законом дисперсии носителей заряда можно представить в виде

$$\alpha_n^E(\omega) = \frac{\pi e^2 P_{cv}^2(0) \cos^2 \beta}{m_0^2 n c \omega S L} \frac{FL}{(\hbar\omega_E^c)^2} \sum_{i,m} Ai^2 \left(\frac{\varepsilon_g^* - \hbar\omega}{\hbar\omega_E^c} \right), \quad (6')$$

где $\hbar\omega_E^c = F \left(\frac{\hbar^2}{\mu F} \right)^{1/3}$, ε_g^* - эффективная ширина запрещенной зоны при наличии проволочных уровней, L - длина проволоки, $Ai(\eta)$ - функция Эйри.

Дальнейшее исследование коэффициента электропоглощения света $\alpha_k^E(\omega)$ проведем при выполнении неравенства $t^2 \ll 4f_i^{|m|}$, приводящего к сужению области допустимых значений z на величину $\beta = (\varepsilon_g^* - \hbar\omega) / \hbar\omega_E^c$, $\hbar\omega_E^c = \sqrt{F\hbar s} / 2$, и реализующегося только для случая непараболического закона дисперсии носителей заряда. Тогда при $\hbar\omega < \varepsilon_g^*$ для функции Вебера справедливо асимптотическое разложение [4]

$$W(t; f_i^{|m|}) \approx \exp \left(-\sqrt{f_i^{|m|}} t \right). \quad (7)$$

С учетом (7) выражение (5) для коэффициента электропоглощения света принимает следующий вид:

$$\alpha_k^E(\omega) = \frac{\pi^2 e^2 P_{cv}^2(0) \cos^2 \beta (\hbar s)^{5/2}}{4\sqrt{2} m_n^2 n c \omega \lambda_s^2 S L} \sum_{i,m} F^{1/2} (\Delta_i^{|m|})^{-4} \exp\left(-\frac{2(\varepsilon_g^* - \hbar\omega) \Delta_i^{|m|}}{F \hbar s}\right) \quad (8)$$

где $\lambda_s = \frac{\hbar}{\mu s}$ - аналог комптоновской длины волны для кейшовского полупроводника;

$$\Delta_i^{|m|} = \left[\mu^2 s^4 + \frac{\hbar^2 s^2}{\rho_v^2} (\lambda_i^{|m|})^2 \right]^{1/2}$$

При выполнении обратного неравенства $t^2 \gg 4f_i^{|m|}$ для тех же значений параметров задачи асимптотическое представление функции Вебера [4] имеет вид

$$W(t; f_i^{|m|}) \sim \sqrt{\frac{2}{t}} \cos\left(\frac{t^2}{4} - f \ln t + \frac{\pi}{4}\right). \quad (9)$$

Для коэффициента электропоглощения света в полупроводниковой проволоке с непараболическим законом дисперсии носителей заряда при $\hbar\omega > \varepsilon_g^*$, учитывая (5), (9), имеем следующее выражение:

$$\alpha_k^E(\omega) = \frac{4\pi^2 e^2 P_{cv}^2(0) \cos^2 \beta}{m_n^2 n c \omega \lambda_s^2 S L} 2\sqrt{2} (\hbar s)^2 \sum_{i,m} (\hbar\omega - \varepsilon_g^*)^{-1/2} (\Delta_i^{|m|})^{-5/2} \times \left\{ 1 + \left(\frac{F \hbar s}{(\hbar\omega - \varepsilon_g^*) \Delta_i^{|m|}} \right)^{1/2} \cdot \text{Sin} \left(\frac{2(\hbar\omega - \varepsilon_g^*) \Delta_i^{|m|}}{F \hbar s} \right) \right\}. \quad (10)$$

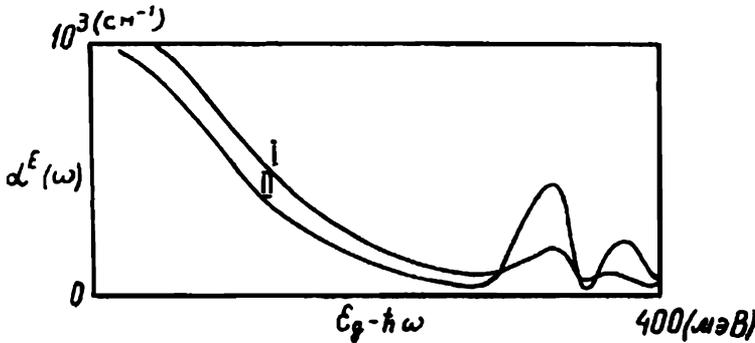
Обсуждение результатов. Из сравнения полученного выше выражения (8) для коэффициента электропоглощения света в полупроводниковой проволоке при $\hbar\omega < \varepsilon_g^*$ с выражением для коэффициента поглощения света массивным образцом в параллельных электрическом и магнитном полях [5] следует, что учет непараболичности закона дисперсии носителей заряда узкощелевых полупроводников А³В⁵ и наличие размерного квантования наложили существенный отпечаток на частотную зависимость коэффициента электропоглощения света, а именно привели к изменению степенной зависимости в экспоненте от дефицита энергии $(\varepsilon_g^* - \hbar\omega)^{3/2} \rightarrow (\varepsilon_g^* - \hbar\omega)$. Влияние вышеуказанных факторов сказалось также и на степенной зависимости коэффициента электропоглощения света от напряженности приложенного электрического поля: $E \rightarrow E^{1/2}$. Отметим, что в экспериментальных работах [6,7] на основании анализа спектра электропоглощения полупроводника типа А³В⁵ показано, что при $\hbar\omega < \varepsilon_g$ до полей напряженностью $E=2 \cdot 10^4$ В/см имеются расхождения полученных данных (в частности, относительно зависимости коэффициента электропоглощения света от дефицита энергии и напряженности электрического поля) с стандартной теорией эффекта Франца - Келдыша. Последнее обстоятельство, возможно, связано с неучетом

реальной сложной зонной структуры полупроводников этого типа в теории эффекта Франца - Келдыша.

Анализ влияния поля на коэффициент поглощения света массивным образом со стандартным законом дисперсии носителей заряда в классически разрешенной области энергий $\hbar\omega > \epsilon_g$ приводит к выводу о его своеобразном осциллирующем характере с увеличением энергии кванта света [8]. Аналогичные осцилляции коэффициента поглощения света имеют место и в случае кейновского закона дисперсии носителей заряда. Однако, как нетрудно видеть из (6'), (10), отношение периодов осцилляций соответственно, для кейновского и параболического законов дисперсий носителей заряда можно представить в виде

$$\frac{T_k}{T_n} = \frac{3\Delta_i^{|m|}}{\sqrt{2\epsilon_g}} (\hbar\omega - \epsilon_g^*)^{-1/2}. \quad (11)$$

Для полупроводниковой проволоки InSb с $\epsilon_g = 0,23$ эВ, радиусом сечения $\rho_0 \approx 100 \text{ \AA}$ ($\epsilon_g^* = 2\epsilon_g$, $\Delta_i^{|m|} = \epsilon_g$) это отношение больше единицы вплоть до значений энергии фотона $\hbar\omega < 3\epsilon_g^*$, т.е. учет непараболичности закона дисперсии носителей заряда приводит к увеличению периода осцилляций коэффициента электропоглощения света для этих значений энергии кванта света. При $\hbar\omega > 3\epsilon_g^*$ реализуется обратное неравенство, и период осцилляций коэффициента электропоглощения света для кейновского закона дисперсии носителей заряда становится меньше по сравнению со случаем параболического закона дисперсии носителей заряда.



Зависимость коэффициента электропоглощения света в тонкой полупроводниковой проволоке с кейновским законом дисперсии носителей заряда от дефицита энергии $\epsilon_g^* - \hbar\omega$ для напряженностей электрического поля $3 \cdot 10^3$ В/см (I) и 800 В/см (II).

На рисунке графически представлены численные расчеты зависимости коэффициента электропоглощения света тонкой полупроводниковой проволокой с кейновским законом дисперсии носителей заряда от дефицита энергии $\epsilon_g^* - \hbar\omega$ для двух значений напряженности электрического поля $3 \cdot 10^3$ и 800 В/см. Как и следовало ожидать, в области $\hbar\omega < \epsilon_g^*$ данная зависимость описывается выражением (8), а при $\hbar\omega > \epsilon_g^*$ - наблюдаются осцилляции коэффициента электропоглощения света, период

которых, согласно (10), уменьшается с увеличением энергии поглощаемых полупроводником фотонов.

Кафедра физики твердого тела

Получила 19.03.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Квантовая механика. М.: Наука, 1988, 156 с.
2. Продав В.Д., Рознерица Я.А., - ФТП, 1977, т. 11, с. 1441.
3. Киракосян А.А., Казарян Э.М., - Уч. зап. ЕГУ, 1974, 44 с.
4. Абрамовиц А.К., Стеган В.В., Справочник по специальным функциям. М.: Наука, 1977, 500 с.
5. Reine M., Vrehen Q., Lax В., - Phys. Rev., 1967, v. 163, p. 726-733.
6. Кушев Л.В., Соколов В.И., Субамиев В.К., - ФТП, 1971, т. 13, с.2964-2969.
7. Куреев П.С., Орлов И.Н., Саурян В.Н., Стрельцов Л.К., - ФТП, 1965, т. 7, с.1271-1273.
8. Ансельм А.И., Введение в физику полупроводников. М.: Наука, 1978, 411с.

Ա. Ս. ՉԻՐՔԻՆՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԿԵԼԴԻՇԻ ԷՖԵԿՏԸ A^3B^5 ՏԻՊԻ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՉԱՅԻՆ ԲԱՐԱԿ ԼԱՐԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրված է լույսի էլեկտրականումը A^3B^5 տիպի նեղաճեղք կիսահաղորդիչների բարդ գոտիական կառուցվածքով բարակ չափային քվանտացված լարում: Ցույց է տրված, որ լիցքակիրների դիսպերսիայի օրենքի ոչ պարաբոլայնության և չափային քվանտացման ազդեցությունը հանգեցնում է լույսի կլանման գործակցի՝ կիրառված էլեկտրական դաշտի մեծությունից, ինչպես նաև էքսպոնենտի ցուցիչում էներգիայի պակասից աստիճանային կախման փոփոխությանը:

УДК 621.397

Г.М. МОВСЕСЯН, Г.Ш. ПЕТРОСЯН

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ
 СЕЛЕНИДА КАДМИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО МЕДЬЮ

Исследованы спектры отражения кристаллов селенида кадмия, легированного медью. Показано, что наличие атомов меди в образцах приводит к возникновению осциллирующий в области энергий экситонов А-С, которые отсутствуют в спектрах чистых кристаллов. Для объяснения осциллирующий привлекается существующее в литературе понятие о горячих экситонах.

Исследуемые образцы легировались либо термодиффузией меди в низкоомные образцы [1], либо в процессе выращивания. Толщина легированной области составляла 20-60 мкм. Образцы помещались в электрическое поле конденсатора, на который было подано синусоидальное напряжение с частотой 1000 Гц. Вектор напряженности электрического поля и волновой вектор света были параллельны, ось С кристалла лежала в плоскости образца. Экспериментальная установка позволяла регистрировать как коэффициент отражения R, так и его относительное изменение - $\Delta R/R$. Монохроматор для исследования спектров электроотражения содержал дифракционную решетку 600 штр/мм. Энергетическая ширина щели не превышала 2 мэВ. Излучение регистрировалось фотоумножителем ФЭУ-28 с последующей записью на ленте самописца. Измерения проводились при 77 и 300 К.

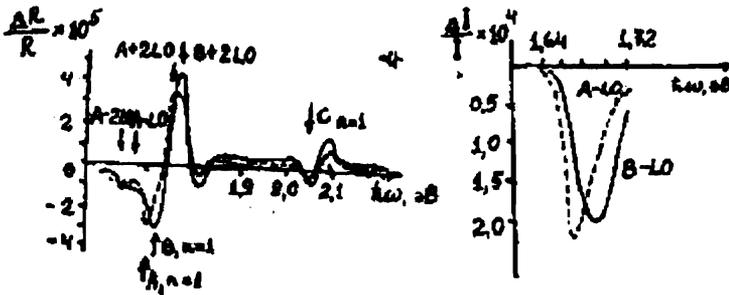


Рис.1. Электроотражение ($\Delta R/R$) и электропоглощение ($\Delta I/I$) пластинки CdSe при 300K:

сплошные кривые - $\vec{E} \parallel c$, пунктирные кривые - $\vec{E} \perp c$.

На рис. 1 приведены спектры электроотражения (ЭО) и электропоглощения (ЭП) одного из исходных для легирования кристаллов селенида кадмия при 300 K в поляризованном свете с целью сравнения со спектрами легированных кристаллов. Отчетливо разрешаются основные экситонные состояния А,В,С, а также особенности в виде экстремумов, соответствующих образованию экситонов при поглощении энергии фотонов с участием LO-фононов, указанных на рис. 1 как $A \pm nLO$ и $B \pm nLO$. Особое внимание обращается на то, что сигнал в об-

ласти энергий экситонов А-С практически отсутствует. Такое положение характерно для чистых, намеренно нелегированных кристаллов. Подобного рода особенности наблюдались в работах других авторов [2-4], и поэтому мы на них останавливаться не будем.

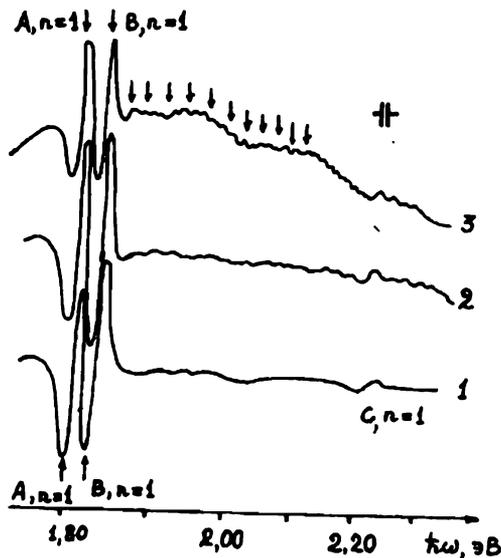
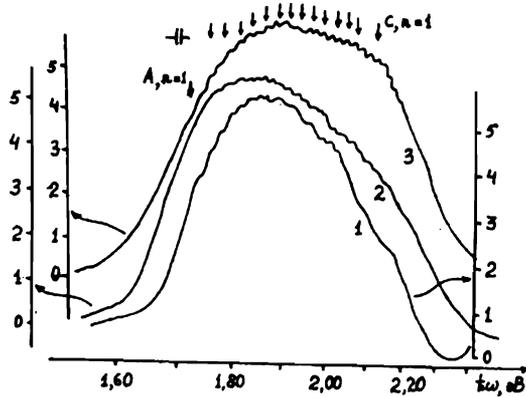


Рис.2. Спектры ЭО кристаллов CdSe: Cu при 77K.
Содержание меди (в вес %):
1. $6,9 \cdot 10^{-3}$; 2. $1,14 \cdot 10^{-2}$; 3. $1,66 \cdot 10^{-2}$

Характер спектра существенно меняется в легированных медью образцах. На рис. 2 показаны спектры ЭО трех кристаллов при 77K. Концентрация меди в кристаллах возрастает от спектра 1 к спектру 3 и принимает значения $6,9 \cdot 10^{-3}$, $1,14 \cdot 10^{-2}$, и $1,66 \cdot 10^{-2}$ вес % соответственно. В спектре ЭО на рис.2 разрешаются экстремумы рождения экситонов. Их положения близки к положениям этих экстремумов в спектрах ЭО чистых кристаллов. С ростом содержания меди меняется сигнал ЭО в области энергий между экситонами основного состояния А-С. Дополнительный сигнал ЭО разрешается в спектре 2.

На рис. 3 приведены спектры ЭО кристаллов в естественном свете так же, как и на рис. 2. Концентрация меди в кристаллах растет от спектра 1 к спектру 3. С повышением содержания меди в образцах увеличивается число осцилляций, т.е. существует некоторая корреляция между видом спектра и концентрацией меди в кристалле. Расстояние между соседними минимумами колеблется в интервале 21 – 24 мэВ, что соответствует энергии LO-фонона с учетом некоторого перекрытия при 300 K. На рис. 3 (спектр 3) стрелки показывают энергии переходов с участием LO-фононов. Их число доходит до 20 – 25.

С точки зрения современной квантовой теории вероятность образования экситона при поглощении кванта света с одновременным участием 20 – 25 фононов практически равна нулю. Учитывая отсутствие какой-либо теории для объяснения и количественного анализа осцилляций, мы привлекаем существующее в литературе понятие о горячих экситонах, обнаруживающихся в спектрах излучения, фототока и поглощения [5-9], сущность которого заключается в том, что поглощение кванта света приводит к образованию экситона, энергия которого отлична от тепловой энергии решетки. В процессе образования такого экситона законы сохранения по квазиимпульсу и энергии выполняются за счет участия в оптическом переходе небольшого числа фононов.



Րիս. 3. Спектры ЭО $\left(\frac{\Delta R}{R} \times 10^4\right)$ кристаллов CdSe: Cu при 300K.

Содержание меди (в вес %): 1, $6,9 \cdot 10^{-3}$; 2, $1,14 \cdot 10^{-2}$; 3, $1,66 \cdot 10^{-2}$

В самом деле, пусть в кристалле селенида кадмия при участии ЛО-фононов образуется горячий экситон с энергией трансляционного движения $0,5-0,7$ эВ. При $E=0,5-0,7$ эВ, соответствующей энергии 20 – 25 фононов, значения волновых векторов K_x экситонов, вычисленные из соотношения $E = \hbar^2 K_V^2 / 2M$, лежат в интервале $(3,2 - 3,8) \cdot 10^7 \text{ см}^{-1}$ (M – трансляционная масса экситона, равная $0,9m_0$, m_0 – масса свободного электрона). Значение волнового вектора фонона $K_\phi = (a+c/2)^{-1} \approx 3,5 \cdot 10^7 \text{ см}^{-1}$, где $a+c/2=5,65 \text{ \AA}$ – среднее значение параметров решетки селенида кадмия гексагональной структуры. Из значений волновых векторов K_x и K_ϕ следует, что в процессе образования горячего экситона достаточно участия одного, двух ЛО-фононов.

Может показаться, что осцилляции обусловлены интерференцией, возникающей между слоями конденсатора. Однако наши измерения показали, что подобные осцилляции возникают и в поперечном поле.

Таким образом, осцилляции не вызваны побочными процессами, и причиной их возникновения является взаимодействие атомов меди с атомами кристаллов селенида кадмия.

Арцахский госуниверситет

Поступила 22.01.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Blossey D.F. - Phys. Rev., 1970, v. 2, p. 3976.
2. Blossey D.F. - Phys. Rev. B, 1971, v. 3, p. 1382.
3. Келдыш Л.В. - ЖЭТФ, 1958, т.34, с. 1138.
4. Franz W. - Zs. Naturforsch., 1958, v. 13a, p. 484.
5. Gross E. Permogorov S., Travnikov V. and Selkin A. - J. Phys.Chem. Sol., 1970, v. 31, p. 2295.
6. Malm H.L. and Hearing R.R. - Can. J. of Phys., 1971, v. 49, p. 2970.
7. Мовсесян Г.М., Матченко В.Е., Киреев П.С. - ФТП, 1974, т.8, с. 800.
8. Dean P.J. - Phys. Rev., 1968, v. 168, p. 889.
9. Permogorov S. - Phys. Stat. Sol.(b), 1975, v. 68, p. 9.

Հ.Մ. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Հ.Ը. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ՊՂՆՁՈՎ ԼԵԳԻՐԱՑՎԱԾ ԿԱԳՄԻՈՒՄԻ ՍԵԼԵՆԻԴԻ ԲՅՈՒՐԵԳՆԵՐԻ ԱՆԴՐԱԴԱՐՁՄԱՆ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՍՊԵԿՏՐՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ս

Հետազոտված են պղնձով լեգիրացված կադմիումի սելենիդի բյուրեղների անդրադարձման սպեկտրները: Ցույց է տրված, որ պղնձի ատոմների առկայությունը նմուշներում էքսիտոնների A-C էներգիական տիրույթում առաջացնում է օսցիլյացիաներ, որոնք բացակայում են մաքուր բյուրեղի սպեկտրներում: Այդ օսցիլյացիաների առաջացումը բացատրելու համար օգտագործված է «տաք էքսիտոն» հասկացությունը:

УДК 541.127+546.215+631.465

М.Г. ГЕВОРКЯН, С.Ш. ЯВРЯН, Н.Я. САРКИСЯН

О СКОРОСТИ РАСПАДА H_2O_2 В РАЗЛИЧНЫХ СЛОЯХ ТРЕХ ПОДТИПОВ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ

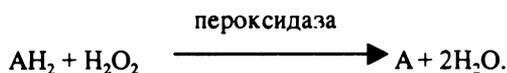
Изучена кинетика распада H_2O_2 по слоям трех подтипов горно-луговых почв – слабодернового, дернового и дерново-торфянистого в температурном интервале 15-30°C и широкой области концентраций субстрата.

Низкая активность каталазы горно-луговой почвы объяснена высоким содержанием в ней органического вещества, окисляемого пероксидом водорода неферментативно с образованием гидропероксидов и поглощением O_2 .

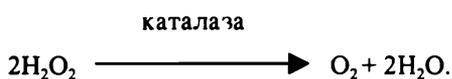
Методы установления ферментативной активности почв, являясь показателем ее потенциальной биологической активности, находят широкое применение при оценке плодородия почв, при характеристике их типов, окультуренности, эродированности, эффективности проведения различных агроприемов [1, 2], а также степени их загрязнения [3]. Поэтому насущная проблема – повысить надежность методов определения ферментативной активности почв. С этой целью необходимо на основе изучения механизма действия почвенных ферментов научно обосновать методы определения ферментативной активности и выявить оптимальные условия их использования.

В процессах превращения веществ и энергии в почве активное участие принимают оксиредуктазы, в частности каталаза и пероксидаза [1, 2]. В процессах жизнедеятельности в организмах накапливается в значительных количествах H_2O_2 , что может привести к неуправляемым радикальным и окислительным реакциям, нарушающим нормальный обмен веществ и представляющим опасность для организма [4]. Роль каталазы и пероксидазы в живом организме и, по-видимому, в почве состоит в разрушении ядовитого пероксида водорода [1, 2, 4]. Пероксидазы осуществляют окисление органических веществ почв – AN_2 (фенолов, аминов, жирных кислот, некоторых гетеросоединений) за счет H_2O_2 и других органических перекисей, образующихся в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов некоторых оксидаз, играющих важную роль при образовании гумуса [1, 2].

Под действием H_2O_2 при участии пероксидазы происходит следующее взаимодействие:



Описаны различные методы определения каталазной активности почв, основанные на измерении меры разложения H_2O_2 за определенный интервал времени взаимодействия с почвой по реакции



Мера протекания реакции определяется либо по объему выделившегося O_2 , либо по концентрации неразложившегося H_2O_2 (перманганатометрия или колориметрия с использованием окрашенных комплексов).

При определении каталазной активности почв принято считать, что H_2O_2 при взаимодействии с почвой разлагается под действием каталазы и небиологических катализаторов. Для учета доли ферментативного процесса проводятся контрольные измерения со стерилизованной почвой, и каталазную активность по разности меры протекания реакции в нестерильной и стерильной образцах почв [1, 2].

С целью выявления механизма действия почвенной каталазы нами изучено изменение каталазной активности почв во времени, т.е. скорость каталазной реакции разных типов почв в зависимости от различных факторов [5-7]. Эти исследования позволили установить, что в почве H_2O_2 разлагается не только под действием катализаторов (биологических и небиологических), а имеется еще третий, не учитываемый в почвенной энзимологии, путь расхода субстрата – на окисление органического вещества почвы. Дополнительный расход субстрата, а также возникающие при этом титруемые гидропероксиды (образующиеся с поглощением O_2) искажают данные о каталазной активности почв [5-9]. Доля третьего пути возрастает при стерилизации почвы в результате деструкции ее органических компонентов. Для установления влияния содержания органических компонентов почвы на относительную роль побочных процессов ранее была изучена кинетика каталазной реакции горно-луговой почвы по определению во времени расхода субстрата [5], а также выделения O_2 [8]. Оказалось, что эти два процесса отличаются друг от друга не только кинетическими параметрами (V_m , K_m , $E_{акт}$), но также видами кинетических кривых. При перманганатометрическом определении скорости процесса (1 г почвы + 5 мл водной фазы) кинетические кривые при $[S] > 0.12 M$ имеют изломы, S-образные. Это объяснялось образованием в ходе взаимодействия H_2O_2 с почвой титруемых гидропероксидов. Однако кинетические кривые выделения O_2 , измеренного на аппарате Варбурга (0.1 г почвы + 0.5 мл жидкой фазы), вплоть до $[S] = 2.86 M$ гладкие, а кинетические данные удовлетворяют уравнению Михаэлиса-Ментен. Это несоответствие могло быть вызвано разными количествами реагентов. Для проверки этого предположения, а также изучения влияния подтипа почвы на ее биологическую активность изучена кинетика выделения O_2 при взаимодействии H_2O_2 с различными разрезами трех подтипов горно-луговых почв Арагаца – слабодернового, дернового и дерново-торфянистого. Изучение проведено на видоизмененном каталазнике Галстяна [9] (1 г почвы + 5 мл водной фазы) – в интервале температур 15-30°C и широкой области концентраций субстрата. Применялись воздушно-сухие, просеянные через сито с диаметром отверстий 0.25 мм образцы почв. Скорость перемешивания реагирующей суспензии 500 об/мин.

Горно-луговые почвы Армении развиты в субальпийской и альпийской зонах и охватывают высокогорные части хребтов и горных массивов в пределах высот от 2300 до 4095 м над уровнем моря [1]. Общий ход почвообразовательного процесса в этой зоне приводит к накоплению полуразвалившихся растительных остатков, которые в условиях низкой температуры и короткого вегетативного периода, медленно разлагаясь, образуют торфяной слой. Поскольку горно-луговые почвы характеризуются высоким содержанием органического вещества [1, 10], на котором в основном локализуются почвенные ферменты [1, 11, 12], можно полагать, что и концентрация ферментов в них большая. В пользу последнего свидетельствует факт высокой активности гидролитических ферментов в этих почвах, однако уровень окислительно-восстановительных процессов в них низкий [1].

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. В таблицах 1-3 в качестве примеров представлены экспериментальные данные каждого подтипа этих почв при определенной температуре. Кинетические кривые каталазной реакции изученных почв негладкие – имеют изломы и S-образны (табл. 1,2, рис. 1а), за исключением их верхнего слоя. Однако и в последнем случае изменения концентрации

субстрата и температуры не всегда приводят к закономерному изменению скорости процесса (табл. 1-3, рис. 1б).

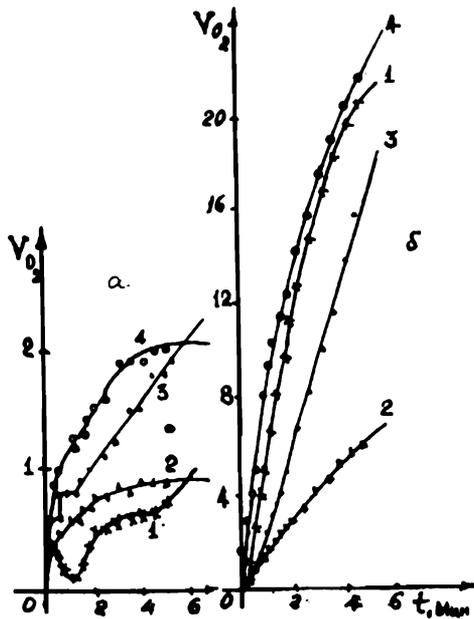


Рис. 1. Кинетические кривые каталазной реакции двух слоев (а-8-28 см; б-0-8 см) дерново-торфянистой почвы при 20° С и различных концентрациях H_2O_2 , М: 1-0,882; 2-3,0; 3-0,6; 4-1,6.

На рис. 2 представлены зависимости начальных скоростей каталазной реакции верхнего слоя дерновой почвы от концентрации субстрата при различных температурах. Аналогичные данные получены и для слабодерновой и дерново-торфянистой почв. Оказалось, что при $t > 15^\circ C$ на кривых $v_0 - [S]$ появляются максимумы и минимумы, изотермы пересекаются (рис. 2), а уравнению Михаэлиса-Ментен удовлетворяют данные лишь верхнего слоя при 15°С (рис. 3).

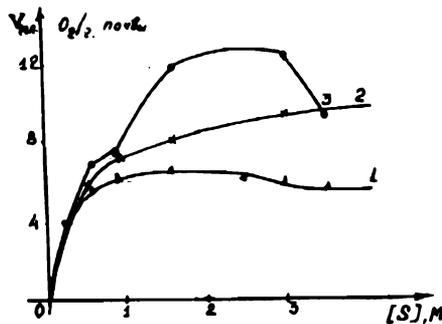


Рис. 2. Зависимость начальной скорости каталазной реакции верхнего слоя слабодерновой почвы от концентраций субстрата при различных температурах: 1-25°; 2-20°; 3-30°С.

На основании данных рис. 3 рассчитаны постоянные уравнения Михаэлиса-Ментен, приведенные в табл. 4.

Кинетические данные каталазной реакции различных разрезов дерновой почвы при 20°C

H ₂ O ₂ , M	Глубина, см	Время, мин														
		0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
0.6	0-9	2.6	3.7	4.6	5.6	6.4	7.3	7.9	9.7	9.7	10.9	12.1	13.4	14.3	15.2	
	9-19	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.7	0.8	1.5	2.0	2.1	2.0	1.8	2.0	
	19-40	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	
	40-67	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.7	0.8	
	67-95	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	
0.882	0-9	1.6	3.1	4.6	5.8	6.9	8.0	8.9	9.5	11.1	12.4	13.6	14.8	15.7	16.6	
	9-19	0.1	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.7	1.7	1.9	2.1	2.5	2.9	
	19-40	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	
	40-67	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.4	1.5	
	67-95	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	
1.6	0-9	2.3	3.8	5.2	6.5	7.7	8.5	9.3	10.0	11.5	12.6	13.8	14.6	16.0	16.7	
	9-19	0.2	0.2	0.3	0.4	0.9	1.1	1.3	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.1	2.6	
	19-40	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	
	40-67	0.9	1.5	2.2	2.6	2.5	2.9	3.2	3.5	3.9	4.4	4.6	4.7	4.9	5.0	
	67-95	0.8	0.8	1.0	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	
3.0	0-9	3.6	5.2	6.6	7.7	8.8	9.8	10.5	11.1	12.3	13.2	14.6	15.5	16.4	17.0	
	9-19	2.6	2.9	2.8	2.9	3.0	3.2	3.4	3.4	4.1	4.0	4.0	4.2	4.4	4.6	
	19-40	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1	
	40-67	0.6	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	3.7	4.4	5.0	6.2	7.0	7.8	
	67-95	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	
3.5	0-9	4.7	6.3	7.6	8.5	9.1	9.9	10.6	11.4	13.0	14.0	15.1	15.9	16.7	17.8	
	9-19	0.6	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.8	1.4	1.6	1.5	1.6	2.0	
	19-40	0.2	0.2	0.4	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.8	0.9	0.9	1.1	1.6	
	40-67	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.2	2.5	2.8	3.4	3.8	4.3	4.7	5.2	5.9	
	67-95	0.4	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6	0.8	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	

Таблица 2

Кинетические данные каталазной реакции различных разрезов дерново-торфянистой почвы при 25°C

H ₂ O ₂ , M	Глубина, см	Время, мин														
		0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
0.6	0-8	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	1.1	
	8-28	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	
	28-56	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	
0.882	0-8	1.1	2.6	4.6	5.8	6.9	8.0	8.9	9.5	11.1	12.4	13.6	14.8	15.7	16.6	
	8-28	0.1	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.7	1.7	1.9	2.1	2.5	2.9	
	28-56	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	
1.6	0-8	2.3	3.8	5.2	6.5	7.7	8.5	9.3	10.0	11.5	12.6	13.8	14.6	16.0	16.7	
	8-28	0.2	0.2	0.3	0.4	0.9	1.1	1.3	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.1	2.6	
	28-56	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	
3.0	0-8	3.6	5.2	6.6	7.7	8.8	9.8	10.5	11.1	12.3	13.2	14.6	15.5	16.4	17.0	
	8-28	2.6	2.9	2.8	2.9	3.0	3.2	3.4	3.4	4.1	4.0	4.0	4.2	4.4	4.6	
	28-56	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1	
3.5	0-8	4.7	6.3	7.6	8.5	9.1	9.9	10.6	11.4	13.0	14.0	15.1	15.9	16.7	17.8	
	8-28	0.6	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.8	1.4	1.6	1.5	1.6	2.0	
	28-56	0.2	0.2	0.4	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.8	0.9	0.9	1.1	1.6	

Кинетические данные каталитической реакции различных разрезов слабородной почвы при 30°C

H ₂ O ₂ , M	Глубина, см	Время, мин														
		0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
0.6	0-13	0.8	2.5	3.7	4.8	5.8	6.6	7.3	7.9	9.1	10.1	11.0	11.8	12.3	13.0	
	13-29	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.4	3.6	
	29-44	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.1	2.7	3.2	3.7	4.1	4.5	5.0	
	44-70	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	
	70-95	0.7	0.8	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	
0.882	0-13	0.7	2.1	2.8	3.5	4.2	5.0	5.7	6.5	7.5	8.4	9.1	9.8	10.4	11	
	13-29	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0	3.4	3.8	4.2	4.8	5.0	
	29-44	0.8	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	3.9	
	44-70	0.9	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	
	70-95	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.5	1.9	2.1	2.6	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
1.6	0-13	3.6	5.6	6.9	8.2	9.2	10.1	10.8	11.7	13.2	14.4	15.6	16.6	17.6	18.6	
	13-29	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.7	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.0	6.4	
	29-44	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	
	44-70	0.7	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.5	3.7	
	70-95	1.1	1.4	1.8	2.1	2.4	2.9	3.4	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	
3.0	0-13	2.9	3.8	5.2	6.2	7.3	8.3	9.1	9.9	11.4	12.9	14.4	15.9	16.9	18.1	
	13-29	1.8	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8	4.7	5.4	6.2	7.0	7.8	8.6	
	29-44	0.7	1.1	1.5	1.7	2.0	2.3	2.5	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.3	
	44-70	0.9	1.0	1.5	1.9	2.4	2.8	3.2	3.6	4.5	5.2	5.9	6.5	7.0	7.5	
	70-95	3.0	3.3	3.7	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	6.0	6.8	7.6	8.5	9.4	10.3	
3.5	0-13	1.6	1.9	3.1	4.1	5.1	6.0	7.0	8.0	9.9	11.8	13.55	15.3	17.1	17.8	
	13-29	0.8	1.1	1.3	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.6	4.4	5.2	5.9	6.6	7.3	
	29-44	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	3.5	3.9	4.2	4.9	5.5	6.1	6.6	7.1	7.6	
	44-70	0.9	1.0	1.4	1.8	1.9	2.4	2.9	3.4	4.4	5.4	6.5	7.5	8.6	9.4	
	70-95	0.8	1.3	2.0	2.8	4.1	5.0	6.0	7.1	9.3	11.5	13.8	16.1	18.1	20.1	

Постоянные уравнения Михаэлиса-Ментен каталазной реакции верхних слоев различных подтипов горно-луговой почвы при 15°C (точность определения v_m и k_m 5%)

Подтип почвы	$V_m \frac{\text{мл. O}_2}{\text{мл. лс}}$	k_m, M	Гумус, % [1]	pH водн. суспензии [1]
дерновый	15.4	0.74	15.7	5.1
слабодерновый	8.6	0.57	18.6	5.0
дерново-торфянистый	10.5	0.54	20.5	4.5

Из представленных данных видно, что значения постоянных уравнения Михаэлиса-Ментен не коррелируют ни с содержанием гумуса, ни с pH водных суспензий, который незначительно растет при переходе от дерново-торфянистого подтипа к дерновому, приближаясь к оптимальному для действия каталазы значению, равному 7 [13].

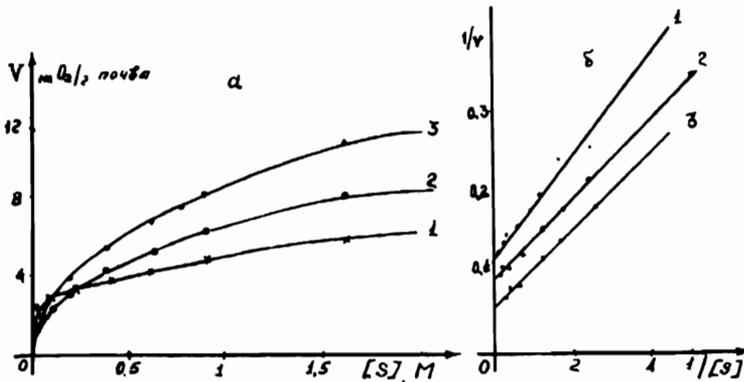


Рис. 3. Кинетические данные каталазной реакции верхнего слоя трех подтипов горно-луговых почв при 15°C: 1 – слабодернового, 2 – дерново-торфянистого, 3 – дернового; а – зависимость начальной скорости процесса от концентрации субстрата, б – зависимость кинетических данных в двух обратных координатах.

Следует отметить, что с глубиной скорость изучаемого процесса при постоянных температуре и концентрации субстрата также меняется незакономерно: уменьшение концентрации ферментов в почве с глубиной не всегда сопровождается уменьшением скорости выделения кислорода. Во многих случаях оказалось, что с глубиной скорость выделения O_2 увеличивается (напр., III и V слои слабодерновой почвы при 15°C, V слой при 30°C, IV и V слои дерновой почвы при 15°C, IV слой при 25°C, IV и V слои при 30°C). Из этих данных можно заключить, что измеряемая скорость не обусловлена концентрацией фермента и, по-видимому, не характеризует скорость каталазного процесса. При этом с изменением температуры вид концентрационной зависимости скорости каталазной реакции различных слоев меняется, что исключает возможность объяснить эти данные изменением pH водных суспензий исследуемых образцов.

Ранее было показано, что скорости каталазной реакции горно-луговой почвы, определенные по расходу H_2O_2 и выделению O_2 , не равны [8]. Оказалось, что и скорость выделения O_2 (при одинаковом соотношении почва – жидкая фаза) зависит от применяемого прибора: на каталазнике Галстяна она получается много меньше, чем на аппарате Варбурга. Это, по-видимому, обусловлено разным соотношением объемов газовой и жидкой фаз, создающих разные условия для выделения и поглощения O_2 в реакционной смеси. H_2O_2 может расходоваться в почве также при участии пероксидазы на окисление органических компонентов почвы (полифенолы,

жирные кислоты и т.д.). Однако при этом следовало бы ожидать, что скорость расхода H_2O_2 будет больше скорости выделения O_2 , что противоречит экспериментальным данным.

Изложенные в данной работе результаты можно объяснить, принимая, что, как было показано ранее [5, 6], при взаимодействии с почвой H_2O_2 , помимо принятого в литературе каталитического пути [1, 2], расходуется также на окисление ее органического вещества, причем доля последнего процесса увеличивается при стерилизации почвы [5]. Наиболее термолабильными в почве являются гумусовые вещества – гуминовая и фульвокислоты, содержащие нестабильные к деструкции алифатические цепочки различной длины и различные функциональные группы, разрушающиеся в области температур 200-400 $^{\circ}C$ [14]. По-видимому, в процессе стерилизации почвы ($t = 180^{\circ}C$) эти процессы частично протекают, а образовавшиеся продукты деструкции взаимодействуют с пероксидом водорода. В пользу этого предположения свидетельствуют литературные, а также полученные нами данные о том, что H_2O_2 разрушает органическое вещество почвы, связанное с ней как интермицеллярно, так и экстрамицеллярно [14]. Из этих данных можно заключить, что стерилизацию почвы нельзя считать процессом, ведущим только к инактивации ее ферментов, при этом образуются вещества, способные вызвать дополнительный расход H_2O_2 .

В почвах с большим содержанием органического вещества некаталитический путь расхода H_2O_2 становится соизмеримым с каталитическим, и кинетические кривые не могут быть гладкими, т.к. по ходу взаимодействия H_2O_2 с почвой происходит и образование, и расход O_2 (или титруемого гидропероксида при перманганатометрии). Поэтому скорость выделения O_2 или расхода перманганата на титрование проб из реакционной смеси, являясь алгебраической суммой скоростей каталитических и некаталитических процессов, не может служить надежной мерой каталазной активности почв.

Таким образом, низкую активность окислительно-восстановительных ферментов (в частности, каталазы) горно-луговой почвы следует объяснить протеканием в ней под воздействием H_2O_2 дополнительных взаимодействий, не учитываемых в методах определения активности этого фермента.

Обобщая данные по кинетике каталазной активности почв, можно прийти к заключению, что принятая в почвенной энзимологии методика определения каталазной активности почв, включающая в себя ее стерилизацию, приводит к некорректным результатам. Для получения корректных данных в методах определения каталазной активности почв необходимо исключить термообработку почвы и инактивировать каталазу специфическими ингибиторами, не оказывающими побочного эффекта.

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 05. 12. 1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. - Тр. Инст. почвовед. и агрохим. МСХ Арм. ССР, Ер.: Айастан, 1974, в. 8, 275 с.
2. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. М., 1976, 179 с.
3. Долгова Л.Т. - Почвовед., 1978, N 7, с. 152.
4. Иванский В.И. Катализ в органической химии. Л., 1985, 185 с.
5. Геворкян М.Г., Галстян А.Ш., Петросян А.А., Бейлерян Н.М. - Биолог. ж. Армении, 1983, т. 36, N4, с. 291.
6. Геворкян М.Г., Налбандян Дж. М., Бейлерян Н.М., Абрамян С.А. - Биолог. ж. Армении, 1983, т. 36, N 5, с. 397.
7. Геворкян М.Г., Галстян А.Ш., Бейлерян Н.М. - Уч. зап. ЕГУ, 1983, N 3.
8. Геворкян М.Г., Яврян С.Ш., Галстян А.Ш., Бейлерян Н.М. - Биолог. ж. Армении, 1984, т. 37, с. 394.
9. Геворкян М.Г., Яврян С.Ш. - Уч. зап. ЕГУ, 1995, N 1.
10. Татевосян Г.С., Искандарян Л.М. - Тез. докл. V делегат. съезда ВОП, М., 1977, с. 32.
11. Burns R.G. - Sci. Progress, 1977, N 4, v. 254, p. 275.
12. Ross D.G., Roberts H.S. - I. Soil. Sci., 1965, v. 19, N 11, p. 186.

13. Левинджер А. Биохимия, М., 1976, 957 с.

14. Хмельницкий Р.А. Современные методы исследования агрохимических объектов. М., 1981, 256 с.

Մ.Գ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ս.Շ. ՅԱՎՐՅԱՆ, Ն. ՅԱ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԼԵՌՆԱ-ՍԱՐԳԱԳԵՏՆԱՅԻՆ ՀՈՂԵՐԻ ԵՐԵՔ ԵՆԹԱՏԻՊԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐ
ՇԵՐՏԵՐՈՒՄ H_2O_2 -Ի ՔԱՅՔԱՅՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ՍԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրված է լեռնա-մարգագետնային՝ թույլ ճմային, ճմային, ճմա-տորֆային, հողերի կատալազային ռեակցիայի կինետիկան $15 - 30^{\circ}C$ ջերմաստիճանային միջակայքում և սուրստրատի կոնցենտրացիոն տիրույթում:

Լեռնա-մարգագետնային հողերի կատալազային զածր ակտիվությունը բացատրվում է նրանցում օրգանական նյութի մեծ քանակների առկայությամբ, որոնք ջրածնի պերօքսիդի ազդեցությամբ օքիդանում են և կլամելով թթվածին, առաջացնում են հիդրոպերօքսիդներ:

Հետևաբար միայն թթվածնի անջատման արագության որոշումը բավարար չէ հողի կատալազային ակտիվությունը քանակապես բնութագրելու համար:

УДК 543.4+543.54+546.59

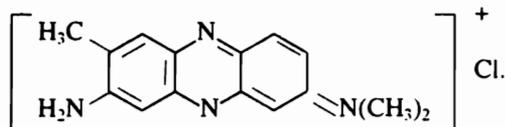
Н.О. ГЕОКЧЯН, Дж. А. МИКАЕЛЯН, А.А. ЕГИАЗАРЯН, А.Г. ХАЧАТРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИИ БРОМАУРАТА ЗОЛОТА (III)
 С ОСНОВНЫМ КРАСИТЕЛЕМ АЗИНОВОГО РЯДА НЕЙТРАЛЬНЫМ
 КРАСНЫМ ЭКСТРАКЦИОННО-АБСОРБЦИОМЕТРИЧЕСКИМ
 МЕТОДОМ В СЕРНОКИСЛОЙ СРЕДЕ

Изучено взаимодействие $AuBr_4^-$ иона с основным красителем азинового ряда нейтральным красным (н.к.): экстрагент – бутилацетат. Оптимальная кислотность водной фазы – pH 1.0 по H_2SO_4 . Оптимальная концентрация бромидов калия – (1.0 – 2.0 мл). 10^{-2} M, а н.к. – (1.2 – 2.0 мл). 0.0125%. Среднее значение кажущегося молярного коэффициента светопоглощения - $\tilde{\epsilon} = 7.9 \cdot 10^4$. Отношение бромаурат-аниона к катиону красителя (1:1) установлено методом прямой линии Асмуса. Метод апробирован на золото-содержащих производственных растворах Ереванской ювелирной фабрики.

Основной краситель азинового ряда – нейтральный красный (н.к.) – применяется нами впервые для экстракционно-абсорбциометрического определения микрограммовых количеств золота (III) в сернокисломой среде. Ранее этот краситель был применен нами в солянокислой среде [1]. Н.к. можно считать структурным аналогом акридиновых красителей [2-4], однако в нем в одном из ароматических колец присутствуют 2 атома азота, что должно вызывать определенное различие в основности красителя, а также различия по своим спектрофотометрическим параметрам по сравнению с другими основными красителями, особенно тиазиновыми, которые содержат в бензольных кольцах гетероатомы серы и азота [5-7].

Формула красителя:



Краситель имеет так называемую жесткую структуру, для него характерно наличие атомов азота, которые связывают арильные остатки.

Данная статья посвящена изучению возможности применения красителя азинового ряда н.к. в сернокисломой среде для экстракционно-абсорбциометрического определения золота (III).

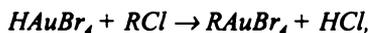
Экспериментальная часть. Стандартный запасной раствор золотохлористоводородной кислоты приготовили растворением стандартной ампулы ($HAuCl_4 \cdot 4H_2O$ – 48.77%) в 0.5 N соляной кислоте. Для получения рабочих растворов исходный раствор разбавляли дистиллированной водой или HCl pH 2.0. Титр устанавливали экстракционно-абсорбциометрическим методом при помощи метиленового голубого [6].

Растворы бромидов калия и красителя готовили растворением точной навески бромидов калия и красителя в соответствующем объеме дистиллированной воды. Оптическую плотность (ОП) и спектры поглощения измеряли на спектрофотометре СФ-16. Среда во всех опытах была сернокислая. Объем водной фазы составлял 10 мл, объем органической фазы – 5 мл. Равновесные значения pH водной фазы изме-

ряли стеклянным электродом на потенциометре ЛПУ-01, а ОП – при помощи спектрофотометра СФ-16.

Нами впервые установлено взаимодействие бромидного анионного комплекса золота (III) с этим красителем.

Бромаурат реагирует с н.к. по схеме



образуя ионный ассоциат, который экстрагируется из водной фазы в органическую различными органическими растворителями, из которых самым оптимальным является бутилацетат. Были сняты спектры поглощения водного раствора нейтрального красного, экстракта ионного ассоциата и “холостых” экстрактов простой соли красителя. Во всех трех случаях максимальное светопоглощение наблюдается при длине волны $\lambda = 535 \text{ нм}$, pH 1.0 по H_2SO_4 ($A_{\text{хол}} = 0.02$).

Для выяснения оптимальных условий экстракции была изучена зависимость ОП экстрактов от кислотности водной фазы в широком интервале кислотности от pH 1.0 – 4.0 и до 1.0 – 5.0 N по H_2SO_4 . Максимальные и постоянные значения ОП экстрактов наблюдаются при pH 1.0 – 4.0 по H_2SO_4 . В дальнейшем исследование проводили при оптимальной кислотности водной фазы, соответствующей pH 1.0 по H_2SO_4 .

Для обеспечения максимальной оптической плотности органических экстрактов необходимы концентрации бромидка калия и н.к. $(1.0 - 2.0 \text{ мл}) \cdot 10^{-2} \text{ M}$ и $(1.2 - 2.0 \text{ мл}) \cdot 0.0125\%$ соответственно.

Образующийся ионный ассоциат практически количественно извлекается в органическую фазу при однократной экстракции в течение 1 минуты. Степень извлечения $R = 80.0\%$. ОП экстрактов остается постоянной в течение 8 часов.

Установлено также, что объем водной фазы может быть увеличен до 25 мл, при этом степень извлечения золота не меняется.

В оптимальных условиях экстракции была исследована зависимость ОП экстрактов от концентрации золота (III) в водной фазе.

Установлено, что эта зависимость прямолинейна в интервале 0.5 – 10.0 мкг Au/5 мл.

Среднее значение кажущегося коэффициента молярного поглощения экстрактов бромаурата н.к. при 535 нм, рассчитанное из данных градуировочного графика,

составляет $\epsilon_{535} = 7.9 \cdot 10^4$. Предел обнаружения, рассчитанный по 3s-критерию, составляет $C_{\text{мин}} = 0.03 \text{ мкг Au/мл}$. Мольное отношение бромаурат-иона и катиона красителя установлено методом прямой линии Асмуса и оказалось равным 1:1.

В оптимальных условиях образования и экстракции ионного ассоциата изучено влияние посторонних и сопутствующих ионов на результаты определения золота (III).

Определение 5.0 мкг золота (в 5 мл) можно проводить в присутствии грамм-овых количеств Mg, миллиграммовых количеств Al, Co, Zn, Ni, Cd, Cu, Mn, молярных количеств хлорид- и нитрат-ионов. Определению мешают Pt (IV), Pd (II), и Tl (III). На основании полученных результатов разработана методика экстракционно-абсорбциометрического определения золота в производственных растворах ювелирной фабрики.

Анализ промстоков. Пробу воды (20 мл) переносят в колбу Эрленмейера, добавляют 10-15 мл смеси 10%-ных растворов серной и азотной кислот (3:1). Раствор упаривают до объема 5-8 мл. Затем проводят денитрацию раствора дистиллированной водой или серной кислотой (pH 2.0). Снова раствор упаривают до минимального объема. Эту операцию повторяют 2-3 раза. Затем добавляют горячую дистиллированную воду до объема 50-60 мл., фильтруют, осадок промывают теплой водой до объема 100 мл (pH 1.0 по H_2SO_4).

В делительной воронке в аликвотной части раствора создают оптимальные условия кислотности, бромидка калия и концентрации красителя, экстрагируют бутилацетатом и измеряют ОП полученных экстрактов при $\lambda = 535 \text{ нм}$.

Полученные данные приведены в таблице.

Результаты определения золота в производственных растворах
($n = 6, P = 0.95$)

Содержание золота в 2 мл пробы, мкг.	$\bar{C}_x, \text{ мкг/2мл}$	S	S_r	S_i	$\bar{C}_x \pm \delta$
2.40	2.40	0.0118	0.0049	0.0048	2.40±0.011
2.39					
2.40					
2.42					
2.41					
2.41					

Таким образом, сопоставляя полученные данные с данными тиазиновых и акридиновых красителей, замечаем следующую закономерность:

- 1) краситель, который содержит гетероатом серы и один атом азота в бензольных кольцах, дает лучшие результаты при экстракции. Значение ОП "холостого" опыта в тиазиновых красителях близко к нулю ($A_{хол} = 0.01$). То же самое наблюдается и при применении нейтрального красного;
- 2) при использовании акридиновых и тиазиновых красителей отмечается устойчивость во времени как водных растворов красителей, так и ОП экстрактов ионных ассоциатов. Они не разлагаются даже при действии дневного света, что проявляется в неизменности значений ОП соответствующих экстрактов. Экстракты устойчивы несколько дней. Этого нельзя сказать о н.к., его экстракты устойчивы несколько часов;
- 3) при применении нейтрального красного чувствительность почти совпадает с чувствительностью акридиновых и некоторых тиазиновых красителей:
 $\bar{E}_{нк} = 7.9 \cdot 10^4$;
- 4) тиазиновые красители, содержащие гетероатом серы, практически не подвергаются протонизации. Этим следует объяснить более широкий наблюдаемый интервал оптимальной для экстракции кислотности, водной фазы (рН 1.0 – 1.0 н по H_2SO_4), широкий диапазон определения золота и большую избирательность по отношению к мешающим элементам.

Таким образом, тиазиновые красители, которые содержат в бензольных кольцах гетероатом серы с азотом, и акридиновые, содержащие один атом азота в бензольных кольцах, дают лучшие результаты, чем азиновый (н.к.), который содержит два атома азота в бензольных кольцах. Второй атом азота отрицательно влияет на спектрофотометрические параметры методик определения золота нейтральным красным.

Кафедра аналитической химии

Поступила 14.11. 1997.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геокчян Н.О., Определение золота, платины и палладия некоторыми основными органическими красителями экстракционно-оптическими методами: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. хим. наук., Ер., 1996, 20 с.
2. Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. Изучение взаимодействия бромаурата с основным красителем акридиновым оранжевым в серно-кислой среде. – Уч. записки ЕГУ, 1989, N 2, с. 72-74.
3. Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. Изучение взаимодействия бромаурата золота с красителем акридиновым желтым экстракционно-абсорбциометрическим методом.- Уч. записки ЕГУ, 1987, N 2, с. 105-108.
4. Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. Изучение взаимодействия бромаурата с акрифлавином экстракционно-абсорбциометрическим методом в сернокислой среде.- Уч. записки ЕГУ, 1990, N 2, с. 92-95.
5. Киш П.П., Задорожная Е.М. Восьмое совещание по химическому анализу и технологии благородных металлов, М.: Наука, 1996, с. 50.
6. Тараян В.М. и Микаелян Дж.А., Исследование взаимодействия бромаурат-иона с некоторыми тиази-

новыми красителями.- Арм. хим. ж., 1970, т. 23, N 4, с. 338-342.

7. Микелян Дж.А. Экстракционно-фотометрическое определение золота в рудах основными красителями: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. хим. наук, Ер., ЕГУ, 1971, 19 с.

Ն.Ճ. ԳՅՈԿՉՅԱՆ, Ջ.Ա. ՄԻՔԵԼՅԱՆ, Ա.Ա. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ, Հ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՈՍԿՈՒ (III) ԲՐՈՍԱՈՒՐԱՏԻ ԷՔՍՏՐԱԿՑԻԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԱԶԻՆԱՅԻՆ ՇԱՐՔԻ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹ ՉԵԶՈՔ ԿԱՐՄԻՐՈՎ ԷՔՍՏՐԱԿՑԻՈՆ-
ԱԲՍՈՐԲՑԻՈՄԵՏՐԻԿ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ԾՇՄԲԱԹԹՎԱՅԻՆ ՄԻՋՎԱՅՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հետազոտված է ոսկու միկրոգրամային քանակների էքստրակցիան չեզոք կարմիրի հետ բուքիացետատով ծծմբաթթվային միջավայրում (рН 1.0): Հաստատված են Br-ի և չեզոք կարմիրի օպտիմալ կոնցենտրացիաները: Իոնական ասոցիատի թվացող մարման մոլային գործակցի արժեքը $\tilde{\epsilon}_{535}=7.9 \cdot 10^4$: Մշակված մեթոդիկան կիրառված է ոսկու որոշման համար Ելևանի ոսկերչական գործարանի արտադրական լուծույթներում:

УДК 514.764

С.П. ОГАНЕСЯН, М.А. ДАВТЯН, Л.Е. ЛАЧИНЯН, А.Р. ПАПОЯН

АКТИВНОСТЬ ГЛУТАМАТ- И АЛАНИН-ДЕГИДРОГЕНАЗ В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ ASP. NIGER R-3

Метод изопикнической сепарации субклеточных единиц *Asp. niger* R-3 в градиенте 0.5 M раствора сахарозы и 15% перколла позволяет обнаружить реальную активность НАДН-ГДГ и НАДФН-ГДГ, НАДФН-АДГ, локализованную во фракции легких митохондрий и пероксином.

Генерация и утилизация аммиака, несмотря на многочисленные исследования, все еще остаются предметом изучения как с точки зрения эволюционного становления осуществляющих их систем, так и понимания механизмов сопряжения с энергопотребляющими и производящими процессами.

Основные потоки азота в большинстве организмов объясняются механизмами транздезаминирования и реаминирования [1-5].

Очевидно, оксидазы D-аминокислот играют существенную роль в процессе аммиакообразования из аминокислот лишь у немногих организмов, а в тканях животных они в этом отношении не могут играть подобную роль. Что же касается оксидазы D-аминокислот, то их присутствие в тканях животных является пока необъяснимым фактом [6, 7].

Однако структурно-функциональная организация этого процесса, его компартиментализация на разных ступенях развития и в отдельных органах весьма многообразны и недостаточно ясны [8-10].

Если у животных картина внутриклеточного распределения ферментов дезаминирования глутамата и аланина хорошо изучена, то этого нельзя сказать о микроорганизмах, в частности о грибах. С этой целью нами исследовалась активность ферментов глутамат-дегидрогеназы (НАД – ГДГ, НАДФ – ГДГ) и аланин-дегидрогеназы (НАД – АДГ, НАДФ – АДГ) в субклеточных фракциях *Asp. niger* R-3.

Материал и методика. Объектом исследования служил плесневой гриб *Asp. niger* R-3, полученный из Спитакского завода по производству лимонной кислоты. Методика выращивания и получения субклеточных частиц *Asp. niger* R-3 излагалась ранее [11].

Для определения ферментативной активности по реакции окисления НАДН и НАДФН в процессе восстановительного аминирования кетокислот 1 мл плесневого экстракта, содержащего 0.6-1 мг белка, инкубировался в присутствии кетокислоты (30 мкмоль), углекислого аммония (27 мкмоль) НАДН или НАДФН (2.5 мкмоль) при pH 7.4 (0.1 M фосфатный буфер); общий объем 3 мл. Ферментативную активность определяли по убыли НАДН или НАДФН (в процентах) оптической плотности при 340 нм (в спектрофотометре СФ-4, в кварцевой кювете с длиной оптического пути 1.0 см), характерной для восстановленных коферментов.

Контролями служили реакционные смеси, не содержащие кетокислот или аминокислот.

Активность митохондриального фермента сукцинатдегидрогеназы (КФ 1.3.9.9.1) определяли по методу Кернея и Синджера [12] и выражали в *мкмоль* 2,4-иодфенил-3,4-нитрофенил-5-фенилтетразолилхлорида на 1 *мл* экстракта, а микросомального фермента каталазы (КФ 1.4.3.3.) – по методу Кришнаканты и Рамакришны [13] и выражали в *мкмоль* пероксида на 1 *мл* экстракта. Оксидазу D-аминокислот (КФ 1.4.3.3.) определяли по методу Баудуина и др. [14] и выражали активность в *мкмоль* образовавшихся кетокислот на 1 *мл* экстракта, в качестве субстрата использовали D-метионин, β -N-ацетил-D-глюкозаминидазу (КФ 3.2.1.30) – по методу Баррета, активность выражали в *мкмоль* нитрофенола на 1 *мл* экстракта. Белок определяли по методу Лоури [16].

Результаты и обсуждение. Анализируя активность (табл. 1) сукцинатдегидрогеназы в качестве маркерного фермента митохондриальной фракции, можно прийти к выводу, что во фракциях I и II содержатся митохондрии. Исходя из активности маркерных ферментов пероксисом, можно заключить, что каталаза и оксидаз D-аминокислот сосредоточены в III и IV фракциях. Активность лизосомального фермента β -N-ацетил-D-глюкозаминидазы обнаружена во всех фракциях.

Таблица 1

Локализация маркерных ферментов субклеточных частиц в градиенте 0.5 М раствора сахарозы и 15% перколлы

Фракции	Ферменты (в %)				
	Белок, в мг	Сукцинатдегидрогеназа	Каталаза	Оксидаз D-аминокислот	β -N-ацетил-D-глюкозаминидаза
бесклеточный экстракт	3.0	100	100	100	100
I	0.3	74	8	1	3
II	0.5	1	4	8	26
III	1.0	9	45	34	20
IV	0.9	0	57	35	40

Данные табл. 2 показывают, что после ультрацентрифугирования первоначального гомогената *Asp. Niger R-3* активность НАДН-ГДГ во фракции митохондрий составляет 20%, а во фракции легких митохондрий и пероксисом сосредоточена наибольшая активность данного фермента (43%). Активность НАДФН-ГДГ в митохондриях составляет 8%, а в пероксисомах и легких митохондриях – 32%. Полное отсутствие активности в цитозоле дает основание предположить, что данный фермент (НАДН-ГДГ) локализован в пероксисомах.

Таблица 2

*НАДН, НАДФН-ГДГ-азные, НАДН-, НАДФН-АДГ-азные активности в субклеточных фракциях *Asp. Niger R-3*, выделенных посредством ультрацентрифугирования*

Фракции	Активность фермента в <i>мкмоль</i> НАДН и НАДФН в 1 <i>мл</i> надосадка									
	белок	НАДН-ГДГ	%	НАДФН-ГДГ	%	белок	НАДН-АДГ	%	НАДФН-АДГ	%
гомогенат (700g)	5.6	2.1	100	2.4	100	4.0	2.8	100	4.0	100
недостаток (3300g)	4.3	1.5	71	2.0	86	3.2	2.5	90	2.6	65
митохондрий	0.9	0.42	20	0.18	8	0.6	0.1	3	1.4	35
надосадок (25000g)	2.1	0.76	35	1.4	58	2.0	0.88	32	0.8	20
легкие митохондрии, лизосомы, пероксисомы	1.7	0.92	43	0.7	30	0.8	1.4	50	1.5	38
надосадок (100000g)	0.3	0	–	–	–	0.3	0	–	–	–

При сравнительном изучении уровня активности НАДН-ГДГ, НАДФН-ГДГ было выяснено, что соотношение активности НАДН-ГДГ в пероксисомах и в митохондриях составляет 2:1, а для НАДФН-ГДГ – 4:1.

Вышеуказанное соотношение уровня активности этих ферментов приводит к заключению, что активность НАДН-ГДГ и НАДФН-ГДГ во фракции пероксисом больше, чем во фракции митохондрий.

НАДН-АДГ *Asp. Niger R-3*, осуществляющая прямое аминирование пирувата в цитоплазматической фракции, также проявляет низкий уровень активности в митохондриях (3%) и значительно выше во фракции легких митохондрий и пероксисом (50%). Активность НАДН-АДГ в основном проявляется как во фракции митохондрий (35%), так и во фракции пероксисом, связанных с легкими митохондриями (38%). Соотношение активности пероксисом и митохондрий для НАДН-АДГ составляет 15:1, а для НАДФН-АДГ – 1:1.

Данные табл. 3 представляют результаты серии экспериментов с использованием метода изопикнической сепарации в градиенте 0.5 М сахарозы и 15% перколла. Выявляется высокая активность для НАДН-ГДГ в митохондриях (30%) и еще более высокая в пероксисомах (52%), а в отношении НАДН-АДГ в этих фракциях активность составляет 15 и 59% соответственно.

Таблица 3

НАДН-ГДГ-азная и НАДН-АДГ-азная активности субклеточных фракций Asp. Niger R-3, выделенных посредством изопикнической сепарации в градиенте 0.5 М раствора сахарозы и 15% перколла

Фракции	Активность фермента в мкмоль НАДН в 1 мл надосадка				
	белок	НАДН-ГДГ	%	НАДН-АДГ	%
надосадок (700 g)	7.8	2.36	100	2.2	100
I – крупные митохондрии	1.0	0.7	30	0.32	15
II – легкие митохондрии, лизосомы, пероксисомы	0.9	0.9	40	1.1	50
III – пероксисомы, лизосомы	2.8	1.2	52	1.3	59
IV – цитозоль	2.6	0	–	6	–

В отношении НАДН-АДГ нам удалось выявить незначительную активность этого фермента в экспериментах, полученных путем ультрацентрифугирования во фракции митохондрий, тогда как при изопикнической сепарации данный фермент проявлял активность в 5 раз выше в указанных фракциях.

Полученные данные дают возможность заключить, что метод изопикнической сепарации позволяет обнаружить реальную активность как НАДН-ГДГ, так и НАДН-АДГ, ранее приписываемую так называемой “цитоплазматической фракции”, на самом же деле локализованной во фракции легких митохондрий и пероксисом.

В исходном экстракте и в изучаемых субклеточных фракциях, полученных при ультрацентрифугировании и при изопикнической сепарации в градиенте 0.5 М раствора сахарозы и 15% перколла, нам не удалось обнаружить реакции окислительного дезаминирования L- глутамата и L-аланина.

Вышеприведенные данные позволяют заключить, что метод изопикнической сепарации сохраняет целостность мембран и микроокружения клеточных субъединиц, выявляет реальный уровень активности ферментов и их локализацию на субклеточном уровне.

Кафедра биохимии

Поступила 25.06.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Браунштейн А.Е., Бычков С.М. Бесклеточная ферментная модель дегидразы L-аминокислот (L-дезаминазы). - Биохимия, 1940, N 5, с. 337-359.
2. Браунштейн А.Е., Азарх Р.М. О механизме дезаминирования аминокислот в тканях печени и почек. - Биохимия, 1944, N 9, с. 260-270.
3. Буятыя Г.Х., Мовсесян С.Г. Дезаминирование и реанимирование НАД-ов в мозговой ткани. - Вопросы биохимии мозга, 1966, N3, с. 5-21.

4. Olson J.A., Anfinsen C.B. The crystallization and characterization of L-glutamic acid dehydrogenase.- J. biol. Chem., 1952, N 97, p. 67-80.
5. Браунштейн А.Е., Крицман М.Г. Образование и распад аминокислот путем интермолекулярного переноса аминогруппы.- Биохимия, 1937, N 2, p. 242-259.
6. Blanchard, Green A.E. L-aminoacid oxidase in animal tissue.- J. Biol. Chem., 1944, v. 155, p. 421-440.
7. Майстер А. Биохимия аминокислот. М.: 1961, с. 184-190.
8. Багдасарян Е.Г., Давтян М.А. Взаимоотношение D и L-стереоизомеров валина и лейцина при их усвоении дрожжами *Candida guillierii* ВКМ У-42.- Биол. ж. Армении, 1987, т. 40, N 7, с. 579-583.
9. Давтян М.А., Атавесьян М.Б., Лачинян Л.Е. Синтез аминокислот из аммиака и дикарбоновых кислот в гомогенате дрожжей *Candida guilliermondii* ВКМ У-42.- Биол. ж. Армении, 1975, т. 28, N. 2, с. 10.
10. Оганесян С.П., Бабаян А.Г. Влияние стереоизомеров аминокислот на активность оксидазы D-аминокислот *Asp. niger* R-3.- Биол. ж. Армении, 1990, т. 43, N 6, с. 110-113.
11. Оганесян С.П., Давтян М.А., Хавдога Я. Энзимологическое исследование *Asp. niger* R-3.- Биохимия, 1990, т. 55, с. 2221-2225.
12. Kearnsey E.B., Singer Th. P. – J. Biol. Chem., 1965, v. 219, N 2, p. 963-975.
13. Krishnakantha J.R., Ramakrishna Kurup. С.К.- Biochem. J., 1972, v. 130, p. 167.
14. Baudhuin P., Beaufay H., Rahman L.J., Sellinger O., Wattiaux R., Jacques P., De Duve. – Biochem. J., 1964, v. 92, p. 179-184.
15. Barret A.J.- J.J.C. Dingle North-Holland, 1972, p. 46-135.
16. Lowry O.M., Rossbrough N.J., Farr A.J., Randall R.J. – J. Biol. Chem., 1951, v. 193, p. 265-275.

Խ.Պ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Մ.Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ, Լ.Ե. ԼԱՉԻՆՅԱՆ, Ա.Ռ. ՊԱՊՈՅԱՆ

ԳԼՅՈՒՏԱՄԻՆԱԹԹՎԻ ԴԵՀԻԴՐՈԳԵՆԱԶԻ ԵՎ
ԱԼԱՆԻՆ-ԴԵՀԻԴՐՈԳԵՆԱԶԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ASP. NIGER R-3-Ի
ԵՆԹԱԲՋՁԱՅԻՆ ՖՐԱԿՑԻԱՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Իզոպիկնիկ անջատման մեթոդով 0.25 M սախարոզի և 15% պերկովի գրադիենտում հնարավոր է հայտնաբերել մանր միտոքոնդրիումներում և պերօքսիսոմներում տեղաբաշխված գլյուտամինաթթվի դեհիդրոգենազի և ալանին-դեհիդրոգենազի իրական ակտիվությունը:

УДК 577.15:581.143

А.А. АМБАРЦУМЯН, П.В. ТОЗАЛАКЯН, А.Н. АРЗУМАНЯН, Д.А. АГАДЖАНЯН,
М.Т. ПЕТРОСЯН, Ю.Г. ПОПОВ

ИЗУЧЕНИЕ ФЕНИЛАЛАНИН–АММИАК–ЛИАЗНОЙ АКТИВНОСТИ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *HIERACIUM CINCINNATUM* FRIES И *HELIANTHUS TUBEROSUS* L.

Изучена экспрессия ферментативной активности L-фенилаланин–аммиак–лиазы (ФАЛ) в каллусных культурах ястребинки и топинамбура в зависимости от возраста, механических повреждений и действия света. Показано, что оптимальным для экстракции ФАЛ является рН 8,3. Под действием света в неповрежденных каллусах ястребинки и топинамбура наблюдается повышение ФАЛ активности по сравнению с контролем. Механическое повреждение каллусов ястребинки приводит к четырехкратному повышению активности ФАЛ 10-17 дневной культуры и к двухкратному ее повышению у 30-100-дневной культуры. Под действием света на фоне механического повреждения активность ФАЛ достоверно увеличивается еще на 10-20%. Показано также, что у каллусов ястребинки 100-дневного возраста, визуально отличающихся интенсивной бурой окраской, при механических повреждениях, как при дополнительной обработке светом, так и без нее, в гомогенатах наблюдается лишь 50% полной активности ФАЛ, выявляемой после осаждения белков сульфатом аммония. Аналогичный эффект у молодых 10-дневных каллусов отсутствует.

Фенилаланин – аммиак–лиаза (ФАЛ) катализирует первую реакцию в сложной цепи биосинтеза фенилпропаноидов и полифенольных компонентов, включая лигнин, коричные эфиры и флавоноиды и является одним из ключевых ферментов в метаболизме указанных веществ [1]. Активность ФАЛ у растений сильно увеличивается под действием различных стимулов, таких, как механические повреждения и свет [2-7], регуляторы роста [8-10], заражение патогенами [11-12] и т.д. Молекулярный механизм регуляции экспрессии генов ФАЛ, представленный в каждом специально изученном случае мультигенным семейством дифференциально регулируемых генов [1, 13-15], в настоящее время интенсивно изучается [16-18].

В представленной работе приводятся данные по изучению обычных стимулов – механического повреждения и света – на активность ФАЛ каллусных культур ястребинки (*Hieracium cinnatum Fries*) и топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*). Изолированные культуры указанных растений позволяют изучать в регулируемых условиях влияние различных стрессовых факторов. Выбор этих растений для изучения активности ФАЛ диктуется тем, что ястребинка богата эфирными маслами и другими производными коричной кислоты [19], ключевым ферментом в метаболизме которых является ФАЛ. Неприхотливый же к условиям возделывания топинамбур может оказаться хорошей моделью для изучения роли ФАЛ и образующихся под ее воздействием продуктов в устойчивости растений к стрессам.

Методы исследований. Каллусные культуры ястребинки и топинамбура выращивали на плотной агаризованной среде Мурагиге и Скуга [20]. Культуры выращивались при температуре 27° С в темноте. Для изучения действия механического повреждения на активность ФАЛ каллусы разрезали на пластинки толщиной в 1-2 мм, помещали в чашки Петри, заливали дистиллированной водой и инкубировали

24 часа при температуре 27° С. Для изучения действия света на активность ФАЛ каллусы (нативные и поврежденные) помещались под люминесцентными лампами на расстоянии 20-25 см при температуре 27° С на 24 часа.

Для определения активности фермента к навеске каллуса добавляли буфер А, содержащий 25 мМ Трис-НСl (рН 8,3), 1 мМ этилендиамин-тетрауксусной кислоты (ЭДТА), 1 мМ фенолметилсульфонилфторида (ФМСФ), 10 мМ меркаптоэтанол и 25% (V/V) глицерина. В экспериментах по влиянию рН на активность ФАЛ Трис-НСl заменяли на 25 мМ фосфата калия-натрия (рН 7) или на 25 мМ ацетата Na (рН 6). Во всех случаях к N мг навески добавляли 2N мкл буфера А. Затем смесь гомогенизировали в гомогенизаторе со стеклянным пестиком при температуре +4°С. Остатки клеток удаляли центрифугированием и грубый ферментный экстракт хранили при температуре 4°С до использования.

Для осаждения ФАЛ к 500 мкл грубого ферментного экстракта добавляли 200 мг кристаллического сульфата аммония и после полного растворения соли раствор инкубировали 30 мин. при температуре 4°С. Затем белок осаждали центрифугированием и после удаления надосадочной жидкости растворяли в свежем буфере А(+4°С).

Активность измеряли модифицированным методом Зукера [5] по накоплению коричной кислоты, принимая миллимолярный коэффициент поглощения при 290 нм за 10. Для этого к 50 мкл белкового препарата добавляли 50 мкл 1% L-фенилаланина (в контрольных пробах вместо L-фенилаланина добавляли 50 мкл воды) и 100 мкл 0.2 М Трис-НСl буфера (рН 8,8) и инкубировали 10-15 часов при 30°С. После инкубирования к 50 мкл реакционной смеси добавляли 2500 мкл дистиллированной воды и измеряли поглощение против воды. За единицу ферментативной активности принимали количество фермента, катализирующее образование 1 мкмоль коричной кислоты за 1 мин. при температуре реакции 30°С. Концентрацию белка измеряли методом Гровса и Дейвиса [21].

В таблицах представлены средние данные 2-4 опытов. Среднестатистическое отклонение не превышало 15%.

Результаты и их обсуждение. Первая серия экспериментов была направлена на модификацию методики определения активности ФАЛ в каллусах. Это связано с низкой ферментативной активностью препаратов при низкой стабильности фермента [4]. Для повышения стабильности был подобран буфер А, включающий глицерин в качестве стабилизатора, ЭДТА – в качестве хелатирующего агента, ФМСФ – ингибитора сериновых протеиназ и меркаптоэтанол – восстановителя SH-групп белков. Выбор рН среды был проведен на основании данных, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Влияние рН экстракционного буфера на активность ФАЛ каллусов ястребинки

рН буфера	Активность ФАЛ, мU/mg			
	в темноте		на свету (24 часа)	
	свежий	суточный	свежий	суточный
6	0.34	0.037	1.24	0.14
7	0.81	0.32	0.84	0.33
8.3	0.51	0.28	1.11	0.57

Как видно из табл. 1, после суточного выдерживания экстрактов при 4°С ФАЛ при рН 6 самая нестабильная. Наибольшая стабильность наблюдалась при рН 8,3. Поэтому дальнейшие эксперименты проводились при этом значении рН. Результаты табл. 1 указывают также на значительное повышение активности ФАЛ у каллусов, подвергнутых 24-часовой световой обработке.

В следующей серии опытов нами изучалось изменение активности ФАЛ у ястребинки и топинамбура в зависимости от возраста и освещенности каллуса (табл. 2).

Воздействие света и возраста каллуса на активность ФАЛ ястребинки и топинамбура

Каллус	Стимул	Неделя				
		I	II	III	IV	V
ястребинка	–	0.61	0.42	0.61 (2.2)* 77%**	1.22 (2.4) 61%	0.77 (1.9) 78%
	свет, 24 часа	1.13	1.06	0.98 (1.8) 71%	0.6 (1.5) 58%	0.56 (1.7) 70%
топинамбур	–			0.33 (1.4) 161%	0.25 (1.4) 125%	0.22 (0.8) 111%
	свет, 24 часа			0.29 (1.4) 164%	0.61 (1.6) 111%	0.35 (0.96) 62%

*В скобках указаны активности ФАЛ, осажденной сульфатом аммония 64%-ного насыщения.

** В процентах указаны активности после осаждения фермента сульфатом аммония.

Из табл. 2 следует, что в гомогенатах каллусов ястребинки и топинамбура под действием света наблюдается повышение активности фермента. Однако у ястребинки со старением (III-V недель роста после пересева) этот эффект уменьшается и инвертирует, причем он четко коррелирует с усилением бурой пигментации каллусов (к концу пассажа IV-V-недельные каллусы ястребинки интенсивно окрашивались в бурый цвет). На каллусах топинамбура тенденция к повышению активности ФАЛ под действием света стабильно сохраняется как в случае гомогенатов, так и в случае сульфатных осадков. Однако, как следует из табл. 2, в случае топинамбура наблюдается повышение общей активности ФАЛ после осаждения сульфатом аммония, что не исключает возможности наличия у каллусов ингибирующего фактора, который не осаждается сульфатом аммония и удаляется с надосадочной жидкостью.

На препаратах ястребинки и топинамбура нами проводились также электрофорез в 10%-ном полиакриламидном геле и изоэлектрофокусировка в 5% полиакриламидном геле с градиентом pH 3-9 с последующим измерением активности ФАЛ непосредственно в геле для выявления изоферментов. Во всех опытах был получен только один пик.

Наряду с действием света было изучено также влияние более сильного индуктора ФАЛ – механического повреждения. Результаты этих опытов представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Изменение активности ФАЛ у каллусов ястребинки под действием механических повреждений и света

Факторы, индуцирующие ФАЛ	Активность ФАЛ, mU/mg	
	возраст каллуса	
	10-17 дней	30-100 дней
контроль	0.23	0.19
механическое повреждение	0.87	0.44
мех. повреждение и свет	1.05	0.50

Как следует из табл. 3, механическое повреждение каллусов приводит к резко достоверному увеличению активности ФАЛ, что более выражено на молодых каллусах. Так, если ФАЛ активность у молодых каллусов увеличивается в 4 раза, то у старых – в 2. На фоне механического повреждения свет увеличивает эффект стимуляции активности еще на 10-20%.

В табл. 4 представлены данные по активности ФАЛ в зависимости от возраста каллусной ткани после осаждения сульфатом аммония.

Таблица 4

Активность ФАЛ у "молодых" и "старых" каллусов ястребинки после осаждения сульфатом аммония

Факторы, индуцирующие ФАЛ	Возраст каллуса					
	10 дней			100 дней		
	активность					
	гомогенат	сульф. осадок	R %	гомогенат	сульф. осадок	R %
контроль	0.27	2.59	95.6	0.14	0.71	89
мех. повреждение	1.47	4.00	69.7	0.23	1.82	224.8
Мех. повреждение + свет	1.47	5.06	72.7	0.29	3.27	181.9

Из табл. 4 следует, что у старых каллусов ястребинки при механическом повреждении, независимо от световой обработки, общая активность ФАЛ увеличивается вдвое после осаждения (удаления низкомолекулярных веществ) сульфатом аммония. Этот эффект отсутствует в контроле и у молодых каллусов.

Полученные данные позволяют предположить существование низкомолекулярных веществ, снижающих стимулирующий эффект механических повреждений и света при старении каллуса (табл. 3) и удаляемых после осаждения фермента сульфатом аммония (табл. 4). Изучение механизма этого эффекта является предметом дальнейших исследований.

Выполнение работы частично финансировалось за счет гранта Ассоциации ИНТАС ЕС.

ЕГУ, НИИ "Биотехнология"

Поступила 03. 10. 1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Minami E., Ozeki J., Matsuoka M., Kotzuka N., Tanaka J. - Eur. J. Biochem., 1985, v. 185, N 9, p. 19-25.
2. Hyodo H. - J. Biochem. 1976, v. 79, p. 877-282.
3. Tanaka J., Unitani I. - Eur. J. Biochem., 1977, v. 73, p. 255-260
4. Chen R., Chang T., M. Liu. - Agric. Biol. Chem., 1988, v. 52, N 9, p. 2137-2142.
5. Zucker M. - Plant Physiol., 1968, v. 43, p. 365-374.
6. Lolo R., Hahlbrock K. - Z. Naturforsch., 1992, v. 46, N 1-2, p. 90-94..
7. Dallinas G., Kannells A. - Plant. Mol. Biol., 1994, v. 26, N 1, p. 473-479.
8. Walton D., Soundhelmer E. - Plant Physiol., 1968, v. 43, p. 467-469.
9. Hyodo H., Yang Sh. - Plant Physiol., 1971, v. 47, p. 765-770.
10. Nagai N., Kojima Y., Shimosaka M. and Okazaki M. - Agric. Biol. Chem., 1988, v. 52, N 10, p. 2617-2619.
11. Lawton M., Bixon R., Hahlbrock K., Lamb C. - Eur. J. Biochem., 1983, v. 129, p. 593-601.
12. Wada M., Kato H., Malik K., Sriprasertsak P., Y. Ichinose, Skirulshi T., Yamada T. - J. Mol. Biol., 1995, v. 249, N 3, p. 513-519.
13. Bolwell G., Bell G., Chamer C., Schuch W., Lamb G., Dixon R. - Eur. J. Biochem., 1985, v. 149, p. 411-419.
14. Toos H., Hahlbrock K. - Eur. J. Biochem., 1992, v. 204, N 2, p. 621-629.
15. Wanner L., Li G, Ware D., Somssich I., Davis K. - Plant. Mol. Biol., 1995, v. 27, N 2, p. 327-338.
16. Bevan M., Shufflebotton D., Edwards K., Jeferson R., Schuch W. - The EMBO Journ., 1989, v. 8, N 7, p. 1899-1906.
17. Leyva A., Liang X., Pintor-Toro J., Dixon R., Lomb C. - Plant Cell., 1992, v. 4, N 3, p. 263-271.
18. Yamada T., Sriprasertsak P., Koto H., Hashimoto T., Shimizu H., Shorolski T. - Plant Cell. Physiol., 1994, v. 35, N 6, p. 917-926.
19. Растительные ресурсы СССР. - Цветковые растения, их химический состав, использование. С.-П.: Наука, 1993, с. 126-128.
20. Murashige T., Skoog F. - Physiol. plant., 1962, v. 15, N 13, p. 473-497.
21. Peterson G.L. - Meth. Enzymol., 1983, v. 91, p. 95-119.

**ՃՈՒՌԱԿԱՆՈՏԻ ԵՎ ԳԵՏՆԱՏԱՆՁԻ ԿԱՆՈՒՄԱՅԻՆ ԿՈՒՆՏՈՒՐԱՆԵՐԻ
ՖԵՆԻԼԱԼԱՆԻՆ-ԱՍՈՆԻԱԿ-ԼԻԱԶԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրվել է գետնատանձի և ճուռակախոտի կալուսային կուլտուրաների ֆենիլալանին-ամոնիակ-լիազային (ՖԱԼ) ակտիվության էքսպրեսիան՝ կախված տարիքից, մեխանիկական վնասվածքների առկայությունից և լույսի ազդեցությունից: Ցույց է տրվել, որ ՖԱԼ-ի լուծահանման համար օպտիմալ է pH 8,3: Գետնատանձի և ճուռակախոտի չվնասված կալուսներում լույսի ազդեցության տակ դիտվում է ՖԱԼ-ի ակտիվության բարձրացում: Ճուռակախոտի կալուսներում մեխանիկական վնասվածքները առաջացնում են ՖԱԼ-ի ակտիվության քառակի բարձրացում 10-17 օրական կուլտուրայում և կրկնակի բարձրացում՝ 30-100 օրականում: Մեխանիկական վնասվածքի ֆոնի վրա լույսի ազդեցության տակ ՖԱԼ-ի ակտիվությունը հավաստիորեն մեծանում է ևս 10-20%:

Ճուռակախոտի ինտենսիվ գորշ գունավորում ունեցող 100 օրական կալուսների հոմոգենատների և սուլֆատային նստվածքի ՖԱԼ-ի ակտիվության համեմատությունը մեխանիկական վնասվածքի դեպքում ցույց է տալիս, որ հոմոգենատում այդ ակտիվությունը 2 անգամ ցածր է: Այս երևույթը տեղի ունի անկախ կալուսների լրացուցիչ լուսային ճառագայթման ենթարկված լինելուց: Նման ազդեցություն երիտասարդ՝ 10 օրական կալուսներում չի դիտվում:

УДК 612.17+523.3

А.О. ОГАНИСЯН, С.А. АКОПЯН, С.М. МИНАСЯН, А.Ж. АКОПЯН, К.Р. ОГАНЕСЯН

ВЛИЯНИЕ ФАЗ ЛУНЫ НА РАБОТУ СЕРДЦА

В условиях применения функциональных проб изучены изменения некоторых электрокардиографических показателей студентов в разные фазы Луны утром и днем. Полученные данные свидетельствуют, что на работу сердца больше повлияла фаза новолуния по сравнению с четвертью Луны как в норме, так и при нагрузке. Применяемая нами нагрузка в фазу новолуния глубже и значительнее повлияла на качественные показатели электрокардиограммы студентов.

С раннего периода человечества Луне приписывалась определенная таинственность. Многочисленные научные работы посвящались исследованию лунных биоритмов растений и животных [1, 2]. По мнению некоторых ученых, биоритмы – это результат воздействия космических и геофизических факторов проникающего характера. Гравитационное влияние, которое Луна оказывает на Землю, испытывает каждое живое существо. В соответствии с лунным месяцем наблюдается периодичность вспышек бронхита, эпилепсии, менструаций у женщин и репродуктивного цикла животных, периодичность рождений и смертей. Это объясняется тем, что высокая электрическая напряженность воздуха вызывает химические реакции, влияющие на организм [2, 4-6]. Кроме того, известно, что у человека в полнолуние чаще наблюдаются глисты и послеоперационные кровотечения обнаруживаются с большей вероятностью, вирусные заболевания увеличиваются в полнолуние, а бактериальные – в полнолуние [2, 4, 7].

В связи со скудностью интересующих нас данных о влиянии Луны на человеческий организм целью изучения настоящих исследований было экспериментально проследить изменения сердечной деятельности на основании качественных и количественных данных анализа электрокардиограммы.

Материал и методика. Мы остановили выбор на работе сердца при нагрузке: 10 глубоких дыхательных движений и 10 приседаний (по Мастеру) в разное время дня (9-11 ч. и 13-15 ч.). Для выполнения этой работы свои услуги добровольно предоставили 9 студенток биологического факультета Ереванского государственного университета в возрасте 21-25 лет со средней продолжительностью менструального цикла – 28-33 дня (с индивидуальными колебаниями от 26 до 36 дней). Исследования проводились в июле 1993 г. при температуре воздуха в лаборатории 29-30°C. Запись электрокардиограммы (ЭКГ) проводилась во втором отведении на электрокардиографе многоканальных моделей 011, 013, 029 (чувствительность прибора 1:1, калибровка 10 мм = 1 мV). Количественный анализ проводился при скорости движения ленты 10 мм/с, а качественный – 50 мм/с. Влияние нагрузки в разные периоды менструального цикла оценивалось по данным некоторых показателей ЭКГ: частоте сокращений сердца, определяемой по интервалу R-R, предсердно-желудочковой проводимости (интервал P-Q), продолжительности электрической систолы (интервал Q-T), продолжительности диастолы (интервал T-P), высоте зубцов P и T,

учитывался также показатель по Фогельсону-Черногорову ($СП = \frac{Q-T}{R-R} \cdot 100$) [8].
Полученные результаты подвергались статистической обработке [9].

Результаты и обсуждение. У 8 из 9 исследованных студенток на фазу новолуния приходилась поздняя фолликулярная фаза менструального цикла, а в I четверть Луны у всех произошла овуляция (у одной овуляция произошла в новолуние). Наблюдаемая в I четверти Луны разница биоритма сердечных сокращений утром и днем исчезает в новолуние. Изменения при нагрузках в новолуние происходят меньше, и сердце почти одинаково реагирует на нагрузку утром и днем. Если в новолуние утренняя тахикардия после нагрузки возникла главным образом за счет периода общей паузы ($T-P$), который после приседаний снизился на 57%, то дневное учащение ритма сопровождалось еще и незначительным ускорением атриовентрикулярного ($P-Q$) и особенно желудочкового проведения ($Q-T$). В период же I четверти Луны – наоборот: на утреннюю тахикардию больше приходится предсердно-желудочковой проводимости ($P-Q$) и продолжительности электрической систолы ($Q-T$), чем на дневную (табл. 1, 2). Ускорение атриовентрикулярного проведения импульса, очевидно, является результатом повышения тонуса симпатического центра сердца. Интересно, что длительность общей паузы ($T-P$) при одной четверти Луны больше как в покое, так и после нагрузок. По-видимому, в новолуние сердечная мышца меньше отдыхает и больше устает. Особенно большой интерес представляет комплекс $QRST$ (электрическая систола и ее отношение к продолжительности всего цикла сердечной деятельности – систолический показатель – $СП$). Как видно из табл. 1, 2, при нагрузке наибольшее увеличение $СП$ наблюдается в новолуние. Принято считать, что последний может служить важнейшим показателем функционального состояния сердца. Согласно литературным данным, увеличение систолического показателя свидетельствует о нежелательном изменении функционального состояния сердечной деятельности [8, 10], тем более, что такое состояние у наших студентов развивалось главным образом за счет уменьшения продолжительности диастолы ($T-P$), то есть фазы отдыха.

Зубец P имеет большую высоту при одной четверти Луны и равномерно повышается после применения тестов на нагрузку, как и в новолуние (табл. 1). Повышение зубца P при нагрузке резко выражено у нетренированных людей, что обусловлено влиянием симпатических нервов [8], и, надо полагать, что нагрузка предъявила дополнительные требования сердцу. Более низкие значения зубца P в новолуние, очевидно, говорят о меньшей способности сердца энергично сокращаться в ответ на нагрузку.

Интересно, что в новолуние высота зубца T одинакова утром и днем в состоянии покоя, а при нагрузках – резко падает, тогда как в I четверть Луны высота зубца T днем выше, а после нагрузок – снижается менее резко, чем в новолуние. Это еще раз подтверждает, что в новолуние качественные изменения ЭКГ проявляются глубже и нагрузка больше влияет на сердце, чем в I четверть Луны (табл. 1, 2). Можно полагать, что такое состояние развилось вследствие ухудшения кровообращения в миокарде. Эти и другие факты еще раз подчеркивают, что метод ЭКГ с применением физической нагрузки значительно повышает вероятность диагностики, оценки скрытой коронарной недостаточности [10].

Так как функциональное состояние организма имеет важное значение для зачатий, мы склонны подтвердить те литературные данные [1, 2], в которых отмечается, что в период новолуния зачатия происходят меньше, чем в полнолуние. Об этом свидетельствуют и представленные нами данные ЭКГ.

Таким образом, на работу сердца как в норме, так и при нагрузке больше влияла фаза новолуния по сравнению с I четвертью Луны; период новолуния больше влияет на качественные показатели ЭКГ, чем на количественные. Применяемая на-

Таблица 1

Изменение сердечной деятельности во время новолуний утром и днем, в норме, после 10 глубоких дыханий и 10 приседаний (М±m)

Время исследования	Состояние организма	Частота сердечных сокращений	Качественный анализ электрокардиограммы (в мм)				Систолический показатель
			P-Q	Q-T	T-P	высота P	
утром (9-12 ч.)	норма (покой) после 10 глубоких дыханий	89±3.0	7.6±0.4	15.8±0.1	10.6±1.0	1.36±0.1	47±1.7
	после 10 приседаний	114±2.8	7.4±0.3	15.4±0.2	8.23±0.9	1.4±0.1	49.9±1.4
	норма (покой) после 10 глубоких дыханий	91±2.0	7.0±0.3	15.0±0.4	4.56±0.9	1.5±0.1	57±2.5
днем (13-15 ч.)	норма (покой) после 10 глубоких дыханий	97±2.0	7.6±0.3	15.8±0.3	11.3±1.3	1.4±0.1	46±1.6
	после 10 приседаний	115.9±3.0	7.2±0.2	15.1±0.5	8.9±1.7	1.46±0.1	49±2.0
	после 10 приседаний	115.9±3.0	6.9±0.2	13.5±0.5	5.19±1.0	1.59±0.1	53±2.0

Таблица 2

Изменение сердечной деятельности в I четверть Луны утром и днем, в норме, после 10 глубоких дыханий и 10 приседаний (М±m)

Время исследования	Состояние организма	Частота сердечных сокращений	Качественный анализ электрокардиограммы (в мм)				Систолический показатель
			P-Q	Q-T	T-P	высота P	
утром (9-12 ч.)	норма (покой) после 10 глубоких дыханий	91.2±4.0	7.0±0.6	15.2±0.4	11.9±1.7	1.7±0.2	42.8±1.9
	после 10 приседаний	120±2.0	6.8±0.5	14.8±0.4	8.7±1.1	1.8±0.1	49.0±1.8
	норма (покой) после 10 глубоких дыханий	87.2±2.1	6.3±0.4	12.8±0.5	5.7±0.7	1.87±0.1	51.2±2.3
днем (13-15 ч.)	норма (покой) после 10 глубоких дыханий	110.4±4.0	7.1±0.4	15.4±0.3	13.7±1.6	1.8±0.1	42.3±1.6
	после 10 приседаний	110.4±4.0	6.9±0.6	15.0±0.3	10.8±2.0	1.8±0.2	46.0±2.0
	после 10 приседаний	110.4±4.0	6.8±0.4	14.2±0.3	8.1±2.0	2.0±0.1	48.3±3.0

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Человек и биосфера. М., 1980.
2. Хауэшильд К. Лунные ритмы. - В кн.: Биологические часы. М., 1964, с. 682-691.
3. Доскин В.А., Лапренцева Н.А. Ритмы жизни. М., 1980.
4. Уорд Р. Живые часы. М., 1974.
5. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М., 1973.
6. Guillon P., Guillon D., Pierre F., Soutoul T.H. Des rythmes saisonnier hebdomadaire et lunaire des naissances. (Rev. fr. Gynecol et obstet.), 1988, v.83, N 11, p. 703-708.
7. Шапошьякова В.И. Биоритмы. Часы здоровья. М., 1991.
8. Фогельсон Л.И. Основы клинической электрокардиографии. М., 1948.
9. Ойвин И.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований. - Патологическая физиология и эксперим. терапия., 1960, N 4, с. 76-85.
10. Акопян С.А., Оганисян А.О. Об изменениях функционального состояния сердца и дыхательного аппарата у студентов в течение учебного дня в условиях шума.- Уч. записки ЕГУ, 1988. N 1 (167), с. 106-112.

Հ.Հ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Ա. ՀԱԿՈՔՅԱՆ, Ս.Մ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ,
Ա.Ժ. ՀԱԿՈՔՅԱՆ, Կ.Ռ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ԼՈՒՍՆԻ ՓՈՒԼԵՐԻ ԱՉԳԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍՐՏԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրվել են ուսանողների սրտի գործունեության էլեկտրագրի որոշ ցուցանիշների փոփոխությունները Լուսնի տարբեր փուլերում առավոտը և կեսօրին, ֆունկցիոնալ փորձամուշների կիրառման պայմաններում:

Ուսումնասիրված ցուցանիշների փոփոխությունները վկայում են, որ նորալուսնի փուլն առավել մեծ ազդեցություն է ունեցել սրտի աշխատանքի վրա ինչպես բնականոն, այնպես էլ ծանրաբեռնվածության պայմաններում: Նորալուսնի փուլում առաջացած փոփոխություններն առավել արտահայտված են էլեկտրասրտագրի որակական ցուցանիշներում:

УДК 612.82-06:612.273.2

М.А. КАРАПЕТЯН, Н.С. АКОПЯН, Н.В. САРКИСЯН

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦИФИЧЕСКИХ И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ВЫЗВАННЫХ ОТВЕТОВ В ДИНАМИКЕ КИСЛОРОДНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

В данной работе с целью изучения нейрофизиологических механизмов, принимающих участие в формировании адаптивных реакций организма при гипоксии, методом вызванных потенциалов изучалось состояние специфических и неспецифических афферентных систем мозга в динамике гипоксического воздействия.

Афферентный залп, приходящий со специфическим и неспецифическим системам мозга в соответствующий участок коры, вызывает ответную реакцию определенной конфигурации, которая при различных воздействиях претерпевает различные изменения. Выявлены закономерные изменения временных параметров вызванных потенциалов (ВП) в различных стадиях гипоксического воздействия.

Немногочисленные исследования по изучению вызванных ответов коры при кислородной недостаточности указывают на закономерные фазные изменения ВП в динамике гипоксии [1, 2].

Авторами установлено, что отрицательная фаза ВП от недостатка кислорода страдает в большей степени, чем положительная. При этом отмечается удлинение скрытого периода, свидетельствующее о замедлении синаптической передачи.

В работе получены сравнительно-физиологические данные о некоторых электрофизиологических свойствах специфического таламо-коркового (ТК) и неспецифического гипоталамо-коркового (ГК) ВП сенсомоторной области коры в динамике гипоксического воздействия с применением одиночных и парных стимулов.

Методика. Исследования были проведены на белых крысах весом 180-230 г под нембуталовым наркозом (40 мг/кг веса, внутривентрикулярно) в условиях острого эксперимента.

Стереотаксическим аппаратом по атласу Маршала и Фифковой в область заднего гипоталамуса (ННР) и в специфическое таламическое ядро (VE) вводили биполярные константановые раздражающие электроды с заводской изоляцией (диаметр проволоки 0.2 мм, межэлектродное расстояние 0.2-0.3 мм).

Для стимуляции исследуемых структур применялись прямоугольные импульсы тока длительностью 0.1-0.2 мс, амплитудой 10-15 В, которые подавались от стимулятора (ЭС-4М). Использовалась техника одиночных и парных стимулов с частотой 0.25 имп. в сек.

Животное после соответствующей операции введения электродов со стереотаксическим прибором помещалось в биокамеру. Регистрация показателей производилась до подъема (в обычных условиях атмосферного давления), на высоте 4000-5000 м, на максимальной высоте 7500 - 10.000 м. Затем животное постепенно спускалось в обычные условия атмосферного давления, и вновь производилась регистрация. Подъем и спуск животного производились со скоростью 20-25 м/с. После окончания эксперимента для маркировки места кончика электрода через раздражающие электроды в течение 20 секунд пропускался постоянный ток силой в 2 мВ. Извлеченный из черепа головной мозг фиксировали в течение нескольких

дней в 10% растворе формалина, после чего на замораживающем микротоме готовились срезы для идентификации расположения электрической метки.

Данные обработаны с использованием критерия достоверности Стьюдента.

Результаты и обсуждение исследований. Суммарный потенциал, который отводился от поверхности сенсомоторной коры крысы в фокусе максимальной активности (ФМА), на раздражение специфического VE ядра таламуса, представляет собой положительно-отрицательное колебание с латентным периодом 1.83 ± 0.17 мс и амплитудой 500 ± 48.2 мкВ. (рис. 1).

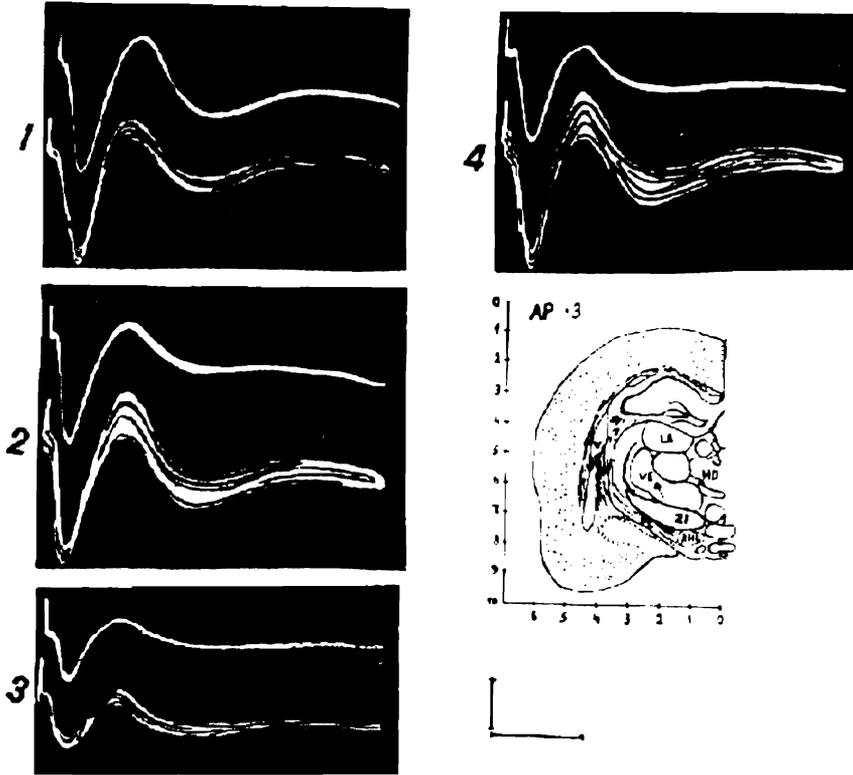


Рис. 1. Влияние гипоксии на ТК ВП:

1 – ВП в условиях нормального атмосферного давления,

2 – ВП на высоте 5000 м, 3 – ВП на высоте 9000 м,

4 – после спуска. Калибровка: время – 25 мс, амплитуда – 200 мкВ

ГК ВП, отводимые в ФМА сенсомоторной коры, также представляли собой двухфазные положительно-отрицательные колебания с латентным периодом 2.55 ± 0.13 мс и амплитудой 352 ± 38.4 мкВ (рис 2.).

Генез основного положительно-отрицательного компонента ГК ВП моторной коры, по мнению Егановой и др. [3], связан с моносинаптической активацией нейронов. На синаптическое происхождение этих ответов указывают данные авторов о резком подавлении их амплитуды при раздражении гипоталамуса с частотой 30-50 *имп/с*, с некоторой флюктуацией латентных периодов реакций и посттетанической потенцизации этих потенциалов.

Регистрация в сенсомоторной зоне коры ответов сходной конфигурации при раздражении VE ядра таламуса и NHP ядра гипоталамуса указывает на конвергенцию восходящей специфической и неспецифической импульсации на одних и тех же нейронах ассоциативной коры. Участие различных подкорковых механизмов в генезе ассоциативных ответов, многоканальный способ активации нейронов ассоциатив-

ных зон обеспечивают, по-видимому, интегративные функции этих областей, являющихся основным субстратом взаимодействия специфических и неспецифических импульсов.

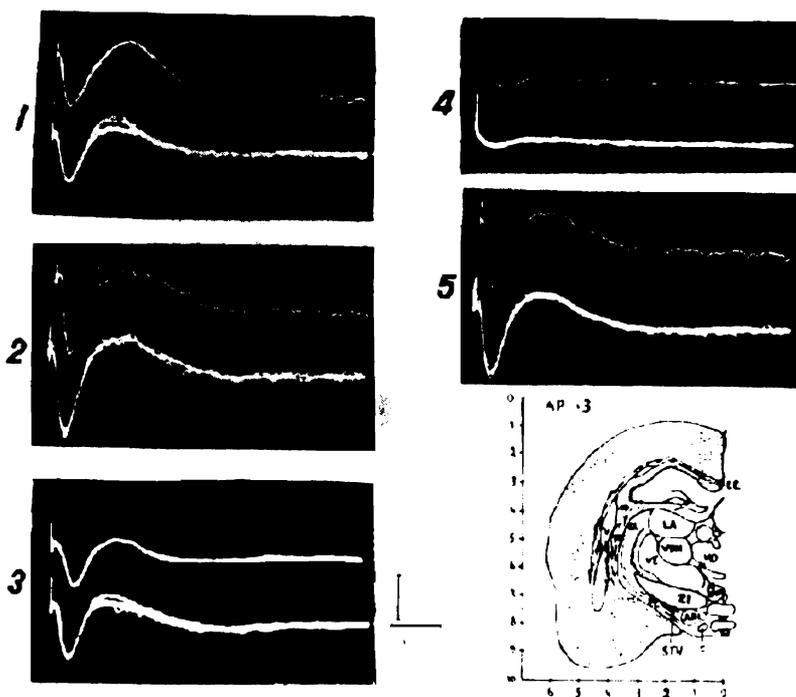


Рис. 2. Влияние гипоксии на ГК ВП:

1 – ВП в условиях нормального атмосферного давления,

2 – ВП на высоте 5000 м, 3 – ВП на высоте 9000 м, 4 – после спуска.

Калибровка: время – 20 мс, амплитуда – 200 мкВ.

После регистрации ВП в условиях нормального атмосферного давления животные подвергались воздействию острой кислородной недостаточности.

На первой стадии гипоксии (на высоте 4000-5000 м) изменения амплитудно-временных параметров специфических и неспецифических ВП были незначительны, хотя в некоторых случаях наблюдалось увеличение амплитуды ВП (рис. 2.2), что, по-видимому, обусловлено повышенным возбудимости нейронов как корковых, так и подкорковых структур.

Повышение возбудимости корковых нейронов, очевидно, связано не только с деполаризацией постсинаптической мембраны, но и с изменением поляризации и пресинаптической мембраны. Об этом свидетельствует выявленное нами облегчение тестируемых ГК и ТК ВП при применении метода парного раздражения гипоталамических и таламических структур в первой стадии гипоксии.

Увеличение амплитуды ТК ВП наблюдается и в исследованиях Акоюна и Бахлаваджяна [4], связывающих этот факт с результатом увеличения амплитуды суммарных аксосоматических и аксодендритических возбуждающих постсинаптических потенциалов в связи с активацией дополнительных популяций нейронов.

Все эти процессы, происходящие в сложной структурно-функциональной организации ЦНС, направлены к одной цели – обеспечению приспособления организма к гипоксии, что более наглядно выражается при анализе экспериментальных данных на второй стадии гипоксии.

На второй стадии гипоксии на высоте 6000-8000 м наблюдалось резкое подавление амплитуды ВП, что более выражено на отрицательной волне. Негативная

волна иногда совсем исчезала, и вместо двухфазной волны регистрировался однофазный положительный потенциал.

При подавлении этого разряда в условиях гипоксии гипоталамическое или таламическое раздражение вызывает, очевидно, только местное возбуждение нейронов, что на поверхности регистрируется в виде положительного потенциала без развития отрицательной фазы.

Достоверное уменьшение амплитуды негативной фазы положительно-негативного комплекса неспецифических ВП и полное исчезновение ее по мере нарастания гипоксии, по всей вероятности, связаны с угнетением функционального состояния неспецифических аксодендрических синапсов плексиморфного слоя коры. При ослаблении восприимчивости корковых нейронов восходящего активирующего влияния РФ и гипоталамуса наступает синхронизация ритма на ЭЭГ и уменьшение эффекта неспецифического восходящего разряда, вызванного одиночным раздражением межэнцефалической РФ или гипоталамуса. Этот дефицит афферентности выявляется наиболее четко в более чувствительных к гипоксии структурах коры, в особенности в апикальных дендритах первого молекулярного слоя коры. Снижение интенсивности неспецифической импульсации на уровне аксосоматических синапсов, генерирующих поверхностно-положительную фазу ВП, не отражается заметно на амплитуде этой волны, что, видимо, связано с большей устойчивостью аксо-соматических синапсов III – IV слоев коры к гипоксии [5].

Избирательное подавление отрицательной волны неспецифических ГК ВП может быть связано и с особенностями неспецифической проекционной системы, а именно генерализованным проведением относительно слабого потока импульсов по всем слоям коры [6, 7].

При сравнительном анализе параметров специфических и неспецифических ВП заметно, что ТК ВП проявляют более высокую устойчивость к гипоксии, чем ГК ВП, т.к. полное подавление ГК ВП наблюдалось на высоте 7.500 – 8.500 м, а ТК ВП угнетались сравнительно на больших высотах (9.000 – 10.000 м).

Неодинаковая чувствительность к гипоксии различных структур мозга [8] меняет их функциональное состояние, а это в свою очередь вносит определенные коррективы в сложные взаимоотношения коры и подкорковых структур мозга. Все это обеспечивает адаптивные реакции организма в условиях острой гипоксии [9 – 11].

С целью дальнейшего анализа ГК и ТК ВП применялась техника парных стимулов. В условиях нормального атмосферного давления парная стимуляция заднегипоталамического ядра и вентрального таламического ядра приводила к угнетению ВП на тестирующий стимул в интервалах от 18 до 100 мс (рис. 3). В этих пределах межимпульсных интервалов тестирующий стимул попадает в фазу относительной рефрактерности кондиционируемого ответа и, следовательно, уменьшается амплитуда тестируемого ответа.

После регистрации ответов коры на парное раздражение подкорковых структур в норме животные подвергались воздействию острой гипоксии.

С высоты 3000 м амплитуда тестируемого ответа начинала увеличиваться и уже на высоте 5000 м при тех же межимпульсных интервалах равнялась амплитуде кондиционируемого ответа (рис. 3.2), т.е. наблюдалось некоторое повышение возбудимости, что видимо, обусловлено повышением возбудимости отдельных нейронов коры больших полушарий и подкорковых структур, в результате чего происходит быстрое протекание процессов генерации ВПСР.

В условиях тяжелой гипоксии на высоте 6000-7000 м при раздражении заднегипоталамического и таламического ядер наблюдалось подавление вызванных ответов на оба стимула (рис. 3, 4), однако амплитуда тестируемого ответа становилась больше амплитуды кондиционируемого ответа.

Механизм воздействия парных стимулов по облегчающему типу на второй стадии гипоксического воздействия, очевидно, следует объяснить структурными и функциональными изменениями синаптической передачи, хотя механизм облегчения тестируемого ответа в определенных стадиях гипоксии не совсем ясный. Воз-

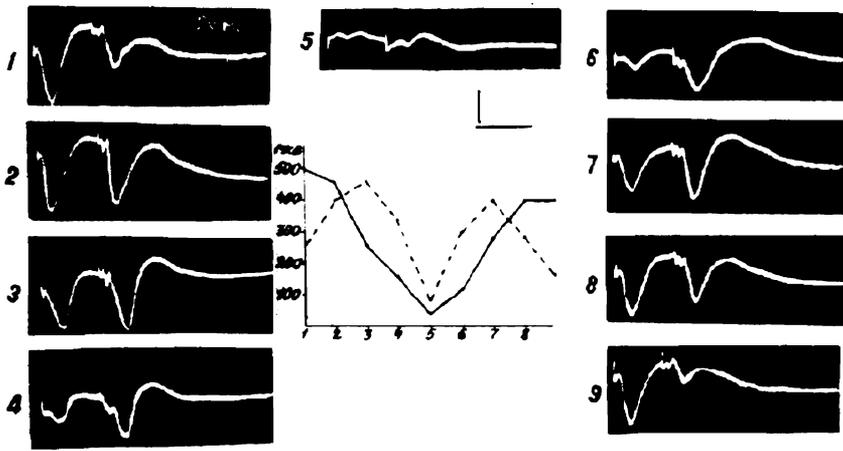


Рис. 3. ТК ВП, регистрируемый при раздражении парными стимулами с межпульсным расстоянием 20 мс: 1 - нормоксия, 2 - высота 3000 м, 3 - высота 5000 м, 4 - высота 7500 м, 5 - высота 9000 м, 6 - спуск - высота 7500 м, 7 - высота 5000 м, 8 - высота 3000 м, 9 - после спуска.

На графике: кривые изменений амплитуд кондиционируемого (прямая линия) и тестируемого (пунктирная линия) ответов в динамике гипоксии.

Калибровка: время - 20 мс, амплитуда - 200 мкВ.

можно, он связан с некоторым увеличением амплитуды следовой гиперполяризации после прихода первого потенциала действия к пресинаптическому терминалу и на этом фоне увеличение абсолютной амплитуды потенциала действия на тестирующее раздражение приводит к выделению большого количества медиатора и, следовательно, к увеличению амплитуды второго ответа. При такой интерпретации облегчение второго тестируемого ответа во многом сходно с явлением посттетанической потенциации.

После спуска животных в нормальные условия атмосферного давления восстанавливались все амплитудно-временные параметры вызванных ответов (рис. 1,4; 2,5; 3,6). Это свидетельствует о том, что намеченные изменения в динамике гипоксии не есть результат глубоких нарушений деятельности мозга, а закономерный процесс перехода ЦНС от одного уровня функционирования на другой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкиров А.А. Матер. в-ой Всес. конфер. по ЦНС. Л.: Наука, 1971, с. 25-26.
2. Roitbak, Labakhua.-Neuropatol., 1974, v. 12, N 4, p. 683-692.
3. Еганова В.С., Баклаваджян О.Г., Худоян Е.А. - Физиолог. ж. СССР, 1978, т. 64, N10, с. 1361-1371.
4. Акопян Н.С., Баклаваджян О.Г. - Косм. биолог и авиакосмич. мед., 1979, N6, с. 53-57.
5. Акопян Н.С. Электрофизиол. исследов. деятельности мозга при гипоксии. Ер.: Айастан, 1987, с. 170.
- Гусельников В.И. Эл-физиология головного мозга. М.: Высшая школа, 1976.
6. Костюк П.Г. - Физиология ЦНС, Киев, 1977.
7. Акопян Н.С., Баклаваджян О.Г., Карапетян М.А. - Физиолог. ж. СССР, 1982, т. 68, N5, с. 576-581.
8. Акопян Н.С., Баклаваджян О.Г., Саркисян Н.В. - Авиакосм. и экологич. медицина, 1993, N3, с. 33-37.
10. Акопян Н.С., Баклаваджян О.Г., Саркисян Н.В. - Ж. ВНО, 1994, в. 4-5, N 44, с. 777-785.
11. Акопян Н.С., Саркисян Н.В., Баклаваджян О.Г. - Физиол. ж. СССР, 1995, v. 81, N3, с. 8-15.

ՍՊԵՑԻՖԻԿ ԵՎ ՈՉ ՍՊԵՑԻՖԻԿ ՀՐԱՀԱՐՎԱԾ ՊԱՏԱՍԽԱՆՆԵՐԻ
ԷԼԵԿՏՐԱՖԻԶԻՈՒՈՎԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ ԹԹՎԱԾՆԱՅԻՆ
ԱՆԲԱՎԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ԴԻՆԱՍԻԿԱՅՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հիպոթեսիայի ժամանակ օրգանիզմի հարմարվողական ռեակցիաների ձևավորմանը մասնակցող նեյրոֆիզիոլոգիական մեխանիզմների ուսումնասիրման նպատակով հրահարված պոտենցիալների (ՀՊ) մեթոդով ուսումնասիրվել է ուղեղի սպեցիֆիկ և ոչ սպեցիֆիկ աֆերենտ համակարգերի վիճակը հիպոթեսիայի ազդեցության դիմամիկայում: Սպեցիֆիկ և ոչ սպեցիֆիկ ՀՊ-ների համեմատական անալիզը ցույց տվեց թալամո-կեղևային ՀՊ-ների բարձր կայունությունը հիպոթալամո-կեղևային ՀՊ-ների նկատմամբ:

Չույգ գրգիռների մեթոդով բացահայտվել են ՀՊ-ների պատասխանների ժամանակային ցուցանիշների օրինաչափ փոփոխություններ հիպոթեսիայի տարբեր փուլերում, որոնք բացատրվում են սինապտիկ փոխանցման կառուցվածքային և ֆունկցիոնալ փոփոխություններով:

УДК 551-24

Г. П. СИМОНЯН, С. П. БАЛЪЯН, О. Х. ЧИЛЯН, Л. С. НАЗАРЯН

КРАТКИЙ ОБЗОР НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ И СМЕЖНЫХ РАЙОНОВ (М. КАВКАЗ)

В статье рассматривается исторический ход развития неотектонических исследований территории Армении и смежных районов Малого Кавказа и дается критический анализ существующих карт новейшей тектоники Армении.

В истории геологического развития Малого Кавказа четко выделяется последняя, новейшая стадия ее развития (продолжительностью более 10 млн. лет), которая началась в позднем сармате и продолжается до современности. Именно с ней связано формирование основных черт современного резко контрастного рельефа поверхности Земли с сочетанием высокогорных сводово-глыбовых сооружений и межгорных впадин. Выявление и изучение таких структур имеют большое практическое значение для поисков залежей нефти и газа и некоторых россыпных месторождений, на размещение которых новейшие движения оказывают нередко решающее влияние, а также при строительстве крупных инженерных сооружений, прогнозирования землетрясений и т.д.

Термин "неотектоника" был предложен в конце сороковых годов нашего столетия известным ученым – геологом В.А. Обручевым. Под неотектоникой он понимал учение о тектонических структурах и движениях земной коры, происходивших в конце третичного и в четвертичном периоде, имеющих существенное значение в формировании современного рельефа земной поверхности [1]. Этот термин получил свое дальнейшее усовершенствование и вошел в номенклатуру геологических наук как раздел геотектоники, изучающий тектонические процессы и морфогенез Земли, начиная с миоцена (или с позднего олигоцена).

Однако, исследования, в которых затрагивались вопросы неотектоники Армении и прилегающих частей Малого Кавказа, начались задолго до этого, еще в прошлом столетии. В частности, один из первоисследователей геологии Армянского Нагорья Г. Абих [2] являлся сторонником вулканической природы происхождения гор и горных поднятий, а образование Кавказа относил к третичному периоду. Но первая разработанная концепция плиоцен-четвертичной тектоники и происхождения основных орографических элементов Армении принадлежит Ф. Осфальду [3]. Он в истории развития структуры последней различал эпоху складчатости до миоценового периода включительно и эпоху образования разломов и глыбовых движений в постсарматское время, сопровождаемых гигантской вулканической деятельностью. То есть определяющим фактором в образовании современной морфоструктуры Армении, по его мнению, являлись неотектонические блоковые движения по разломам, и эта точка зрения принимается большинством современных исследователей.

Для Армянского нагорья и прилегающих к нему горных систем началом зарождения глыбовых неотектонических морфоструктур, очевидно, следует считать этап завершения складчатого тектогенеза, оформившего основные "скелетные" формы гор и котловин, т.е. верхний олигоцен. Начало неотектонического этапа в его "зачаточной форме" фиксируется геологическим критерием образования мощ-

ных моласс верхнего олигоцена – нижнего миоцена (пестроцветная свита). Однако начало этапа формирования неотектонических структур наступает значительно позднее, после значительного тектонического покоя и пенепленизации рельефа, охватившего почти весь миоцен вплоть до мзотиса-понта. В результате дизъюнктивного дробления древних складчатых структур формируются раздробленные глыбово-блоковые морфоструктуры (при сохранении в той или иной степени первоначальных тектонических форм в блоке).

Достоверными геологическими реперами, устанавливающими характер и темп постсарматских неотектонических подвижек блоков, является абсолютная высота обнажений или вскрытая буровыми скважинами кровля морских отложений сармата, приведенных к нулевой отметке ($\pm 200-300$ м) с учетом палеогеографических условий их накопления.

Другим важным геолого-геоморфологическим показателем для определения новейших движений являются обнажения подошвы мзотис-понтической вулканогенной, т.н. вохчабердской свиты на участках поднятий. Данные об абсолютных отметках подошвы вохчабердской свиты являются важными показателями дифференцированных подвижек блоков после формирования постсарматской и предсарматской региональной поверхности выравнивания, находящейся в состоянии пенеплена. Водоразделами между лагунно-морскими бассейнами сарматского моря (Севанский, Араратский, Ширакский и др.) являлись низкогорные хребты, абсолютные высоты которых не превышали 300-400 м, а предгорные их обширные равнины – не более 200 м.

Далее, геоморфологическим маркирующим репером, устанавливающим характер от послемiocеновых до среднеплиоценовых относительных движений, служат абсолютные отметки поверхностей выравнивания, расположенных на водоразделах складчато-глыбовых хребтов Малого Кавказа (Вираайоц, Базум, Миапор, Памбак, Цахкуняц, Вайк, Зангезур, Баргушат и др.).

Этот уровень в период восходящего развития блоков был сокращен в пространственном отношении вследствие врезания в склоны плиоцен-антропогеновых денудационных ступеней лестниц или глубинной эрозии поперечных к структурам речных долин.

При составлении карт неотектоники (Милановский, Габриелян, Симонян) и постсарматских движений (Милановский, Бальян и др. – см. ниже), кроме указанных геолого-тектонических, структурно-геоморфологических критериев, в определенной степени использованы также геоморфологические и палеогеоморфологические показатели. К числу наиболее существенных из них относятся географическое развитие денудационных предгорных ступеней, их абсолютные отметки с установлением их генезиса и возраста.

На основании этих показателей производились подсчеты постсарматских неотектонических движений.

Неотектонические (вернее геоморфологические) работы на Кавказе проводились, начиная с 40-ых годов нашего столетия, результаты которых обобщены в [4, 5] и др. литературе. Поэтому, прежде чем перейти к работам, проведенным на Малом Кавказе, обратимся к трудам некоторых исследователей Кавказа, в которых ряд концепций неотектоники разрабатывались сравнительно раньше.

В частности, важнейшим для Кавказа явилась схема геоморфологического районирования А.Л. Ренгардена [6], в которой выделены горные области (области преобладающей денудации) и периферические области (преобладающей аккумуляции) в верхнетретичное время. К первому он отнес поднятия Большого и Малого Кавказа, а ко второму – Предкавказские и Закавказские депрессии. Значимы работы Л.А. Варданяца [7], кто в образовании современного высокогорного рельефа Кавказа большую роль отвел четвертичным движениям и оценивал амплитуду поднятия более чем на 1.5-3 км. Кроме того, в отличие от ряда других исследователей, признавших волнообразный характер новейшего воздымания Большого и Малого

Кавказа, он придавал большое значение перемещениям отдельных глыб по ожившим и вновь возникшим радиальным и продольным разломам.

В это же время в представлениях о неотектонике Малого Кавказа господствовали те же две концепции (сводного поднятия и дифференцированного глыбового поднятия по разломам), но здесь большим предпочтением пользовалась и теперь пользуется последняя. Наиболее полное развитие эта концепция нашла в работах С.С. Кузнецова [8], считавшего, что в конце плиоцена Малый Кавказ представлял пенепленизированную поверхность, расположенную невысоко над уровнем моря с широким развитием озер, что была затем разбита разломами на ряд глыб, испытывавших поднятия и отчасти относительное опускание.

Крупнейший исследователь геологии Кавказа К.Н. Паффенгольц [9 и др.] высказал совершенно иное представление о едином сводовом воздымании Малокавказского поднятия в позднекайнозойское время, сопряженном с прогибанием депрессий Аракса и Куры, отрицая тем самым определяющую роль дифференцированных тектонических исследований в образовании крупных элементов Малого Кавказа. Вопросы новейшей тектоники области в общей форме затрагивались также Б.Л. Личковым [4,5], который исходил из идеи одновременного и единообразного сводовых поднятий Большого и Малого Кавказа, продолжавшихся с перерывами от миоцена до сих пор и последовательно приводивших к возникновению и последующему воздыманию серий денудационных поверхностей.

Более последовательные работы по изучению неотектонических движений начались с 50-х годов. Из этого периода достойно внимания ряд работ. В.Е. Хаин и Л.Н. Леонтьев [10] в отношении характера новейших деформаций Большого и Малого Кавказа правильно отмечали, что сводообразное поднятие последних осложнялось дифференцированным движением отдельных зон и глыб. Вместе с этим они несколько переоценили размах плиоцен-четвертичных поднятий как в первом (8-9 км), так и во втором (5-6 км) (?) случаях.

С конца 40-х годов начались специальные и последовательные исследования в основном по неотектонике отдельных районов Малого Кавказа. Методической основой работ, проводившихся Н.В. Думитрашко и ее учениками (С.П. Бальян, Н.М. Казакова и др.) в Армении, явились в основном геоморфологические показатели новейших движений (поверхности выравнивания, речных террас и т.д.) [4,5]. В частности, Н.В. Думитрашко пришла к выводу о наличии на Малом Кавказе до 5-6 разновозрастных поверхностей, разновысотное ступенчатое расположение которых объясняется разной интенсивностью и длительностью поднятий отдельных зон. Единое сводовое или сводово-горстовое поднятие, по ее данным, на Малом Кавказе отсутствует, но проявляются дифференцированные сводово-глыбовые движения – поднятия одних зон и относительные опускания других, в основном унаследованных от древних структур. В ряде работ Е.Е. Милановского, А.Т. Асланяна, С.П. Бальяна, К.А. Мкртчяна, О.А. Саркисяна и Н.К. Волчанской, Г.П. Симоняна [4, 5, 11, 12] и других близкие представления были высказаны на основании анализа геолого-геоморфологических данных.

Теперь более конкретно остановимся на существующих неотектонических картах Армении, методике их составления, положительных и отрицательных сторонах.

Изучение новейших движений ведется во многих странах мира. Уже в 1960 г. под редакцией Н.И. Николаева и С.С. Шульца была составлена карта новейшей тектоники СССР 1:500 000 масштаба [13] (новое издание – 1977 г.) В 1962 г. в своей монографии [14] Н.И. Николаев изложил задачи и методы исследования этой науки и подвел итоги в области неотектоники за послевоенный период. Он отнес Малый Кавказ к областям интенсивных линейных поднятий и опусканий, характеризующихся большими градиентами, наличием дислокаций и унаследовавших движение по древним разломам. Для Кавказа нижний предел неотектонического этапа им был принят начиная со среднего миоцена.

В дальнейшем для отдельных крупных регионов и территорий республик бывшего СССР были составлены мелко- и среднемасштабные карты новейшей текто-

ники, однако до сих пор отсутствует общепринятая легенда для составления этих карт. В частности в 1971 г. была опубликована карта новейшей тектоники юга СССР масштаба 1:1000 000 под редакцией Л.П. Полкановой [15], где территория Армении представлена материалами С.П. Бальяна. На этой карте начало неотектонического этапа принято с олигоценовой эпохи, т.е. часть олигоцена включается в неотектонический этап.

Что касается Малого Кавказа, то для его территории различными исследователями в разное время были составлены неотектонические карты, методики составления которых в значительной степени отличаются от других.

Первая схема новейшей тектоники Малого Кавказа масштаба 1:1000 000 была составлена Е.Е. Милановским [4]. На ней в зависимости от унаследованности новейших структур от более древнего геотектонического плана и интенсивности неотектонических движений выделены пять неотектонических зон и подзон, а также Куринский и Среднеараксинский межгорные прогибы. Показаны локальные структуры в этих зонах без нумерации участков неотектонических перестроек, главнейшие разломы и некоторые крупные вулканы. В дополнение к этой схеме приводится схематическая карта амплитуд новейших движений того же масштаба с показом областей поднятий и опусканий через 500 м. Фактически это была первая сводка графического изображения неотектоники Армении. Для практического использования было бы целесообразным совместить обе карты в одну единую и указать номера локальных структур.

На второй карте Е.Е. Милановского неотектонического районирования Кавказа масштаба 1:2500 000 [5] на территории Армении выделены те же неотектонические зоны, их номера и наиболее крупные неотектонические структуры. Им же отдельно составлена карта амплитуд новейших движений в изобаях с выделением неотектонических зон. Отметим, что Е.Е. Милановский началом неотектонического этапа развития для Малого Кавказа считал поздний сармат или эоцен [5], в течение которого резко усиливаются темпы воздымания мегантиклинория Малого Кавказа, превратившегося в горные сооружения с высокогорным рельефом.

Следующий вариант карты неотектоники Армении – “Схема новейшей тектоники и сейсмичности Армянской ССР и прилежащих частей Антикавказа” масштаба 1:500 000 – был составлен А.А. Габриеляном [16]. Здесь по интенсивности движения выделены неотектонические зоны поднятий и опусканий, а также Куринская и Среднеараксинская зоны прогибания и локальные структуры в этих зонах. Показаны также разрывные нарушения, соляные купола, вулканические аппараты, фации и формации миоценовых моласс и верхнеплиоценовых (?) озерных отложений. Выделены также три сейсмические зоны и показаны границы сейсмических и неотектонических зон. Карта не является сугубо неотектонической, а графика амплитуд поднятий и опусканий дана схематически и не отражает действительной картины новейшего поднятия. Новая карта новейшей тектоники территории республики того же автора и того же масштаба была составлена в 1980 г. [17], что в значительной степени отличается от первой. На ней показаны основные структурные комплексы и этажи, фации и формации, неотектонические структуры первого и второго порядков, структурно-геоморфологические элементы, разрывные структуры, орогенный магматизм, сейсмодислокации, вулканические центры, т.е. показано много тектонических и неотектонических элементов, отражающих строение и развитие структур в неотектоническом этапе. Вместе с тем на этой карте отсутствуют амплитуды неотектонических движений, отражающие мерло неотектоники территории. Она больше отражает развитие неотектонических структур, чем неотектоническое движение. А.А. Габриелян началом неотектонического этапа Малого Кавказа считает верхнеолигоцен-нижнемиоценовое время, т.е. время накопления пестроцветной свиты.

Другой вариант карты под названием “Карта неотектонических (послемиоценовых) деформаций Армянской ССР и Нахичеванской АССР” 1:500 000 масштаба был составлен С.П. Бальяном [11]. На карте новейшие поднятия показаны в изоляциях с

интервалом 200 м, а параллельно им различными знаками (краном) – области развития донеогенового фундамента, сложенного палеозойскими, юрскими, меловыми и палеогеновыми образованиями. Показаны также области развития неоген-четвертичных вулканитов и обновленные разнонаправленные дизъюнктивные нарушения. Из легенды и содержания карты следует, что данная карта во многом отличается от подобных прежних карт – по методическому подходу. На ней отсутствуют неотектонические зоны и структуры, и она отражает только новейшие движения. Вместе с тем при составлении карты местами некоторые морфоструктурные элементы показаны в их палеогеографической форме. К примеру, расположенная ныне между Гегамским и Варденисским хребтами-поднятиями Айриджинская впадина на карте показана как поднятие и т.д.

Кроме того, на ней не выделены неотектонические зоны, основные поднятия и впадины и другие элементы, необходимые для полного представления картины неотектонического рисунка региона. С.П. Бальян началом неотектонического этапа считает верхний миоцен (постсарматское время). Последняя – “Карта новейшей тектоники Армянской ССР” масштаба 1:500 000 была составлена Г.П. Симоняном в 1986 г. [12], которая по методике составления и содержанию во многом отличается от таковых, составленных ранее другими исследователями. При этом при ее составлении были синтезированы и в значительной мере использованы те важнейшие неотектонические показатели, которые носили прежние карты плюс данные, полученные в результате анализа структурно-геоморфологических профилей. На карте выделены основные морфоструктурные элементы (поднятия и впадины) первого и второго порядков, в том числе соляные купола и плиоцен-четвертичные вулканические центры. Показаны активно действующие в неотектоническом этапе и в основном выраженные в рельефе разновозрастные, разнонаправленные и разнотипные разрывные нарушения. Изобазы даны амплитуды неотектонических поднятий (через 500 м). Показаны также крапом границы шести основных структурных комплексов и этажей, позволяющие судить о развитии новейших структур на разных основаниях на неотектоническом этапе. На карте выделены также три неотектонические зоны и Среднеараксинский межгорный прогиб. Показаны номера неотектонических структур в этих зонах. Данная карта в отличие от прежних является более усовершенствованной. Вместе с тем отметим, что она более тектонического уклона и что на ней значительно больше, нежели необходимо, геоморфологических элементов.

Новым этапом составления неотектонических карт является переход от 1:500000 масштаба к 1:200000, к составлению последней приступили авторы данной статьи. По новой легенде уже составлена карта новейшей тектоники Северной, Северо-восточной и Центральной Армении, а в целом по территории Армении – завершится к двухтысячному году.

К этой категории можно отнести и “Карту четвертичной тектоники Армянской ССР” масштаба 1:500 000, составленную А.А. Габриеляном и Г.П. Симоняном в 1980 г. [18], которая вместе с неотектоническими картами может быть использована при решении практических задач - при инженерно-геологических исследованиях, проектировании крупных инженерных сооружений и послужить основой при составлении карт детального сейсморайонирования, микросейсморайонирования и т.д.

*Кафедра исторической и региональной геологии,
кафедра геоморфологии и картографии*

Поступила 05. 11. 1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Обручев В.А. Основные черты механики и пластики неотектоники.- Изв. АН СССР, сер. геол., 1948, N 5, с. 3-18.
2. Абиш Г.В. Геология Армянского нагорья (Восточная часть). Орографическое и геологическое описание. – Зап. Кавк. отд. Росс. географ. общ., Тифлис, 1902, кн. XXIII, 67 с.
3. Осфальд Ф.Ф. История тектонического развития Армянского нагорья.- Зап. Кавк. отд. Росс. географ. общ., Тифлис, 1916, кн. XXIX, в. 2, 78 с.

4. Геология Армянской ССР. – Геоморфология, Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1962, т.1, 521 с.
5. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968, 483 с.
6. Ренгартен В.П. Общий обзор тектоники Закавказья. – Геология СССР, М.: Госгеолтехиздат, 1941, т. X, ч. 1, с. 176-201.
7. Варданянц Л.А. Постплиоценовая история Кавказско-Черноморско-Каспийской области. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1948, 183 с.
8. Кузнецов С.С. Вопросы геоморфологии Закавказья.- Геология СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1941. т.Х.
9. Пафенгольд К.Н. Геологический очерк Кавказа. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1959, 606 с.
10. Ханин В.Е., Леонтьев Л.П. Основные черты геотектонического развития Кавказа. – БМОИП, 1950, в. 3-4, с. 36-52.
11. Бальян С.П. Структурная геоморфология Армянского нагорья и сопредельных областей. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1969, 390 с.
12. Симонян Г.П. О новой неотектонической карте Армении. – Уч. записки ЕГУ, 1995, N 1, с. 94-99.
13. Карта новейшей тектоники СССР (под ред. Н.И. Николаева и С.С. Шульца). М.: ГУГК, 1960 (новое издание, 1977).
14. Николаев Н.И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962, 391 с.
15. Карта новейшей тектоники Юга СССР (под ред. Л.П. Полкановой). М.: ГУГК, 1971.
16. Габриелян А.А. Новейшая тектоника и сейсмичность Армянской ССР. – Изв. АН Арм. ССР, 1963, N 4-5, с.с. 14-28 и 18-30.
17. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1981, 270 с.
18. Габриелян А.А., Симонян Г.П. – О четвертичных тектонических движениях территории Армении.- Изв. АН Арм. ССР, 1993, N 1, с. 3-7.

Գ.Պ. ՄԻՍՆՅԱՆ, Ս.Պ. ԲԱԼՅԱՆ, Հ.Ն. ԳՐԷՅԱՆ, Լ.Ս. ՆԱԶԱՐՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՎ ՀԱՐԱՎԻՑ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ՆԵՈՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԱԿՆԱՐԿ (ՓՈՔՐ ԿՈՎԿԱՍ)

Ա մ փ ո փ ո մ

Հոդվածում դիտարկվում է Հայաստանի և Փոքր Կովկասի հարակից շրջանների նեոտեկտոնական ուսումնասիրությունների պատմական զարգացման ընթացքը և տրվում է այդ տարածքի համար գոյություն ունեցող նեոտեկտոնական քարտեզների քննադատական վերլուծությունը:

УДК 550.83: 556.38

Ր.Տ. ՄԻՆԱՅԱՆ, Վ.Ս. ՎԱՐԴԱՅԱՆ

УТОЧНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОТОКОВ НА ОСНОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ

Получение полевых данных о строении рельефа региональных водоупорных пород вулканических областей является сложной и трудоемкой задачей. Поэтому для достижения максимально возможной информации из имеющегося материала, наряду с традиционными, предлагается использовать нестандартные способы обработки. Один из таких – тренд-анализ, примененный впервые для уточнения пространственного положения палеодолин в пределах Варденисского хребта.

Для установления распределения подземного стока вулканических регионов и вероятных путей их движения обычно составляются карты и разрезы регионально-водоупора. При их построении используются, главным образом, данные буровых скважин и геофизических исследований [1,2]. Однако значительные мощности лав, превышающие несколько сот метров, сложное морфологическое строение вулканических хребтов приводят к неравномерности в распределении точек наблюдений (буровых скважин и пунктов электрозондирования); из-за сложности дневного рельефа хребтов сильно искажаются графики электрозондирования, особенно для территорий, расположенных на гипсометрических отметках свыше 2500-2600 м, а на некоторых участках практически невозможно их выполнение. Во всех указанных случаях при обработке полевых материалов для получения дополнительной и необходимой информации по уточнению пространственного распределения подземного стока нами, наряду с традиционными способами, рекомендуется также применение тренд-анализа результативных карт. Так как этот способ анализа для целей гидрогеологии вулканических районов используется впервые, то на нем остановимся несколько подробнее [3].

Известно, что термин “тренд” означает любые систематические изменения, которые наблюдаются, например, на карте изучаемого признака. Тренд-анализ в нашем понимании – это применение математического аппарата для разделения двух компонентов поля: регионального и локального. При исследовании распределения подземного стока, когда определяются глубины залегания регионального водоупора и местоположение русла палеодолин, результаты полевых наблюдений в первом приближении обусловлены следствием таких морфологических факторов, как общий наклон палеорельефа (региональная аномалия) и наличие палеодолины (локальная аномалия). Аппроксимирующая функция регионального тренда может быть линейной (линейный тренд), параболической (параболический тренд) или же более сложной – кубической и более высокого порядка. Тренд-анализ обычно рассматривается как один из вариантов статистического метода множественной регрессии, и поэтому все приемы обработки данных могут быть взяты из регрессионного анализа.

Рассматриваемый нами тренд представлен в виде линейной функции между географическими координатами (X , Y) пунктов зондирования и буровых скважин и глубин залегания (H) регионального водоупора. В качестве примера рассмотрим

тренд-анализ карты регионального водоупора для планшета К-38-139-Г (Мартуни) Варденисского нагорья. По данным условных координат 88-ми точек наблюдений (электрондирований и буровых скважин) и фактических глубин залегания кровли регионального водоупора решены линейные уравнения первой (линейный тренд) и второй (параболический тренд) степени.

Уравнение для поверхности тренда первой степени записано в следующей форме:

$$H_p = b_0 + b_1 Y + b_2 X, \quad (1)$$

где Y (ордината), X (абсцисса) – географические (условные) координаты; H_p – расчетная глубина залегания кровли регионального водоупора; b_0 , b_1 и b_2 – искомые полиномиальные коэффициенты.

Решена следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} \sum H_p &= b_0 n + b_1 \sum Y + b_2 \sum X, \\ \sum H_p Y &= b_0 \sum Y + b_1 \sum Y^2 + b_2 \sum YX, \\ \sum H_p X &= b_0 \sum X + b_1 \sum YX + b_2 \sum X^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Суммирование в этих и последующих уравнениях проводится от 1 до $n = 88$. С использованием исходных данных определены следующие промежуточные расчетные величины:

$$\begin{aligned} \sum Y &= 1130, & \sum X &= 820, & \sum H_p &= 163785 \\ \sum Y^2 &= 15971, & \sum X^2 &= 11045, \\ \sum H_p Y &= 1539797, & \sum H_p X &= 2051297, & \sum YX &= 10158. \end{aligned}$$

Для решения уравнение (2) записано в матричной форме

$$\begin{bmatrix} n & \sum Y & \sum X \\ \sum Y & \sum Y^2 & \sum YX \\ \sum X & \sum YX & \sum X^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum H_p \\ \sum H_p Y \\ \sum H_p X \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Подставим в уравнение (3) вычисленные промежуточные значения

$$\begin{bmatrix} 88 & 1130 & 820 \\ 1130 & 15971 & 10158 \\ 820 & 10158 & 11045 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 163785 \\ 1539797 \\ 2051297 \end{bmatrix}.$$

Решением матричного уравнения относительно полиномиальных коэффициентов установлены

$$b_0 = 2309.3; \quad b_1 = 0.26; \quad b_2 = -35.12.$$

Подставив полученные значения коэффициентов в уравнение (1), окончательно для линейной поверхности тренда имеем

$$\bar{H}_p = 2309.3 + 0.26Y - 35.12X. \quad (4)$$

С помощью этой формулы определены расчетные величины (\bar{H}_p) глубин залегания регионального водоупора, а затем вычислены разности фактических (H_p – по полевым наблюдениям) и расчетных величин ($\Delta H' = H_p - \bar{H}_p$). На основании

данных \bar{H}_p и $\Delta H'$ составлены две карты – для поверхностей линейного тренда и разностей тренда первой степени. Анализ обеих карт показывает, что наличие отклонений от общего наклона палеорельефа свидетельствует о том, что полученные

разности $\Delta H'$ не случайны и содержат компоненты второго и более высокого порядка, т.е. обосновывается нелинейность рассматриваемого тренда. Для еще большего приближения к действительным природным условиям строения палеорельефа решено уравнение для поверхности тренда второго порядка. Оно записано в виде

$$H_p = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4Y^2 + b_5XY \quad (5)$$

и содержит такие компоненты, как квадраты географических координат и их смешанные произведения. При решении уравнения (5) повторена процедура решения уравнения (1). При этом уравнение (5) в матричной форме будет

$$\begin{bmatrix} n & \sum Y & \sum X & \sum Y^2 & \sum YX & \sum X^2 \\ \sum Y & \sum Y^2 & \sum YX & \sum Y^3 & \sum Y^2X & \sum YX^2 \\ \sum X & \sum YX & \sum X^2 & \sum Y^2X & \sum YX^2 & \sum X^3 \\ \sum Y^2 & \sum Y^3 & \sum Y^2X & \sum Y^4 & \sum Y^3X & \sum Y^2X^2 \\ \sum YX & \sum Y^2X & \sum YX^2 & \sum Y^3X & \sum Y^2X^2 & \sum Y^2X^2 \\ \sum X^2 & \sum YX^2 & \sum X^3 & \sum Y^2X^2 & \sum YX^3 & \sum X^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum H_p \\ \sum H_p Y \\ \sum H_p X \\ \sum H_p Y^2 \\ \sum H_p YX \\ \sum H_p X^2 \end{bmatrix}$$

Оно решено на ЭВМ с помощью стандартной программы. Результаты решения приводятся ниже.

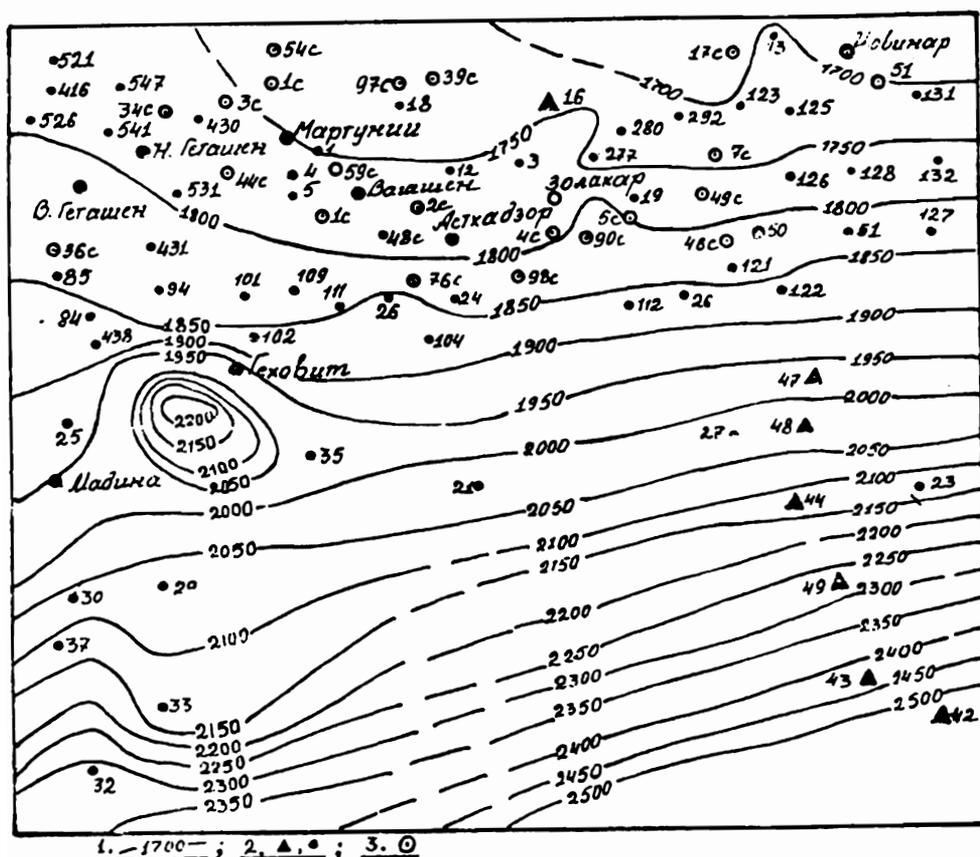


Рис. 1. Поверхность тренда второй степени, построенная для планшета К-38-139-Г (Мартуни) Варденисского нагорья. 1 - изолинии, метр; 2 - пункты электростандирования; 3 - скважины, вскрывшие породы регионального водоупора.

$$\begin{aligned} \sum H_n &= 163785, & b_0 &= 2334,973, \\ \sum H_n Y &= 1540757, & b_1 &= 7,860839, \\ \sum H_n X &= 2049750, & b_2 &= -56,1493, \\ \sum H_n Y^2 &= 21023416, & b_3 &= 0,545202, \\ \sum H_n YX &= 18490079, & b_4 &= -1,41674, \\ \sum H_n X^2 &= 28640256. & b_5 &= 1,482188. \end{aligned}$$

После постановки полиномиальных коэффициентов в выражение (5) для уравнения поверхности тренда второго порядка получена формула

$$\bar{H}_p = 2335,0 + 7,86X - 56,15Y + 0,54X^2 - 1,42Y^2 + 1,48XY. \quad (6)$$

Путем вычитания из фактического (H_p) расчетных значений (\bar{H}_p), т.е.

$\Delta H'' = H_p - \bar{H}_p$, составлены новые две карты: для поверхности тренда второй степени (рис. 1) и для разностей значений карты регионального водоупора (H_p) и тренда второй степени (\bar{H}_p) (рис. 2).

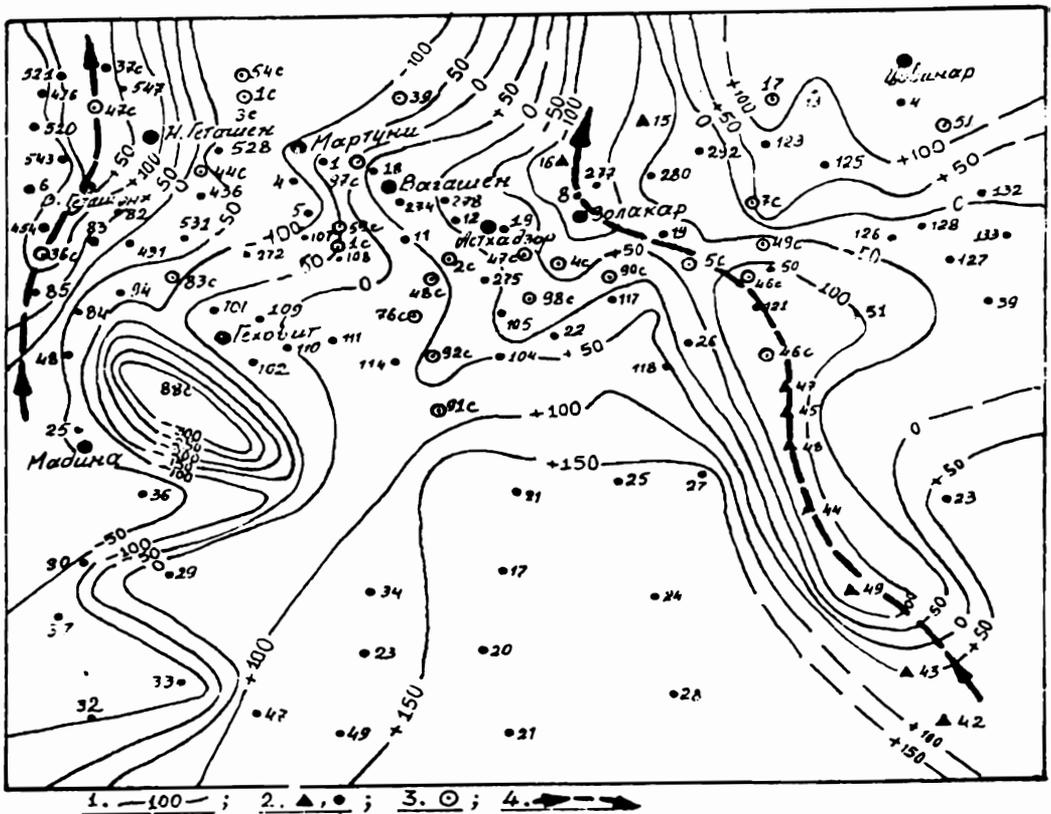


Рис. 2. Карта разностей значений карты регионального водоупора и тренда второй степени для планшета К-38-139-Г (Мартуни) Варденисского нагорья. 1 — изолинии, метр; 2 — пункты электроразведки; 3 — скважины, вскрывшие породы регионального водоупора; 4 — палеодолина.

В обоих случаях вычитание тренда от первичной карты регионального водоупора ($\Delta H' = H_{\Phi} - \bar{H}_p$, $\Delta H'' = H_{\Phi} - \bar{\bar{H}}_p$) использовано как фильтр высокой пропускной способности, устраняющий крупномасштабные структурные вариации из сводной карты и сохраняющий мелкомасштабные характерные черты палеорельефа региона.

Рассмотрение результативных карт регионального водоупора, составленных с использованием формул (4) и (6), показывает, что достаточно хорошо картируются два подземных водотока (палеодолины) соответственно в западной и восточной частях площади. Однако, учитывая более высокую степень точности построения рельефа регионального водоупора по значениям $\Delta H''$, конфигурацию палеодолин по этой карте (рис.2) следует считать более близкой к действительным условиям. Это обстоятельство особенно важно при определении мест заложения скважин на воду. Следует также отметить, что с помощью этих формул рассчитаны дополнительные значения глубин регионального водоупора, что позволило (с определенной точностью) получить информацию по уточнению распределения подземного стока исследуемых площадей.

Кафедра геофизических методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых

Поступила 11. 02. 1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология Армянской ССР. Гидрогеология. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1974, т. VIII.
2. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. Составитель Р.С. Миннасян. М.: Недра, 1989.
3. Крамбейн У., Грейболл Ф. Статистические модели в геологии. М.: Изд-во Мир, 1969.

Ի.Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Վ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՋՐԱՀՈՍՔԵՐԻ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԳԻՐՔԻ ԾՇԳՐՏՈՒՄԸ
ԴԱՇՏԱՅԻՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՄԱՆ
ՀԻՍԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ստորերկրյա ջրահոսքերի բաշխվածության պարզաբանման համար կազմված քարտեզագրական նյութերի մշակման և նրանց լրացման նպատակով առաջարկվում է կիրառել դաշտային տվյալների մաթեմատիկական տրենդ-վերլուծում: Այն առաջին անգամ օգտագործված է հրաբխածին շրջաններում կատարված հիդրոերկրաբանական և երկրաֆիզիկական նյութերի համատեղ մշակման և մեկնաբանման համար:

Հնանունների տարածական դիրքի ճշգրտման նպատակով տվյալների տրենդ-վերլուծման արդյունավետությունը և անհրաժեշտությունը ցույց է տրված Վարդենիսի լեռնաշղթայում կատարված համալիր աշխատանքների օրինակի վրա:

Աշխարհագրություն

УДК 556.5

Ա. Թ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԵՐԿՐՆԵՐԻ ԳԵՏԵՐԻ ՋՐԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ԺԱՄԿԵՏՆԵՐԻ ԵՎ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ (ՀՀ ՕՐԻՆԱԿՈՎ)

Գետերի ջերմային ռեժիմի ուսումնասիրության գործում չափազանց կարևոր նշանակություն ունի ջրի ջերմաստիճանի դիտարկումների ժամկետների և հաճախականության ճիշտ որոշումը, որով և պայմանավորված է ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի մեծությունը: Վերջինս հիմք է հանդիսանում գետերի ջերմային ռեժիմի բոլոր տեսակի հաշվարկների համար:

Ինչպես հայտնի է, գետերի ջրի ջերմաստիճանի օրական դիտարկումները ջրաօդերևութաբանական վարչության կայանների կողմից կատարվում է օրական 2 անգամ՝ ժամը 8-ին և 20-ին [1]: Մեր ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ այդ ժամերին կատարված դիտարկումների միջին արժեքը չի համապատասխանում ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի իրական արժեքին: Այդ նպատակով դաշտային դիտարկումների ժամանակ մեր կողմից ստացված ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի արժեքները համեմատվել են օրվա ընթացքում տարբեր ժամերին կատարված դիտարկումների արժեքների զուգակցությունների (կոմբինացիաների) հետ: Այդ զուգակցություններն են.

$$\frac{t_8 + t_{16}}{2} \quad (1), \quad \frac{t_8 + t_{20}}{2} \quad (2), \quad \frac{t_8 + t_{18}}{2} \quad (3),$$

$$\left[\left(\frac{t_{16} + t_{20}}{2} + t_8 \right) : 2 \right] \quad (4), \quad \frac{t_6 + t_{20}}{2} \quad (5), \quad \frac{t_6 + t_{18}}{2} \quad (6),$$

որտեղ $t_6, t_8, t_{16}, t_{18}, t_{20}$ ջրի ջերմաստիճանների արժեքներն են, որոնք դիտարկվել են համապատասխանաբար 6, 8, 16, 18, 20 ժամերին:

Ջրի օրական միջին ջերմաստիճանը որոշելու համար դաշտային դիտարկումները կատարվել են 6-24 ժամերին՝ յուրաքանչյուր ժամը մեկ հաճախականությամբ:

Դիտարկումները կատարվել են հետևյալ գետերի տարբեր տեղամասերում. Ախուրյան-Կապս, Մանթաշ-Մեծ Մանթաշ, Քասաղ-Հարթավան, Փամբակ-Վանաձոր, Փամբակ-Թումանյան, Չորագետ-Ստեփանավան, Չորագետ-Թումանյան, Տաշիր-Ստեփանավան, Դեբեդ-Թումանյան, Դեբեդ-Ալավերդի, Աղստև-Իջևան, Հախում-Պառավաբար, Արփա-Կեչուտ, Արփա-Էլեգիս, Ոլորտան-Ոլորտան, Ողջի-Կապան: Նշված գետերի վրա կատարվել են դիտարկումների 63 դեպք (63 օր), որոնց հաշվարկային արժեքները բերված են աղյուսակում:

Քանի որ դիտարկումների վերջին նշված ժամկետները օրվա ընթացքում հավասարաչափ են բաշխված (1 ժամ հաճախականությամբ), ապա ջրի օրական միջին ջերմաստիճանը որոշվել է այդ դիտարկումների միջին թվաբանական արժեքով:

Այժմ մի քանի գետերի օրինակով համեմատենք օրական միջին ջերմաստիճանի և վերոհիշյալ զուգակցությունների հաշվարկային արժեքները, որոնք բերված են աղյուսակում:

Գետերի ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի արժեքների համեմատումը հաշված արագացված և կրճատ ժամկետների դիտարկումներով (1986 թ)

Օրական միջին ջերմաստիճանը	Ջ ո ո գ ա կ ց ու թ յ ու ն ն ր										Դիտարկման օրը և դիտված եղանակը				
	$\frac{t_8 + t_{16}}{2}$	$\frac{t_8 + t_{20}}{2}$	$\frac{t_8 + t_{18}}{2}$	$\left(\frac{t_{16} + t_{20}}{2} : t_8\right) : 2$	$\frac{t_6 + t_{20}}{2}$	$\frac{t_6 + t_{18}}{2}$	$\left(\frac{t_{16} + t_{20}}{2} : t_8\right) : 2$					$\frac{t_6 + t_{18}}{2}$			
	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը	2 ժամկետների միջինը
Ա խ ու թ յ ա ն - Կ ա պ ս (1 6 7 0 , 9 6 մ)															
18.1	17.7	17.4	18.0	-0.1	17.5	-0.6	17.7	-0.4	18.0	-0.1	18.0	-0.1	25/VII-սրև		
18.2	17.9	17.7	18.3	+0.1	18.0	-0.2	17.7	-0.5	18.3	+0.1	18.3	+0.1	26/VII-սրև		
17.9	17.5	17.5	17.9	0.0	17.5	-0.4	17.4	-0.5	17.9	0.0	17.9	0.0	27/VII-սրև		
18.0	17.7	17.4	17.9	-0.1	17.6	-0.4	17.4	-0.6	18.0	0.0	18.0	0.0	28/VII-սրև		
17.5	17.8	18.0	17.6	+0.1	18.1	+0.6	18.3	+0.8	17.5	0.0	17.5	0.0	29/VII-սրև		
Փ ա մ բ ա կ - Վ ա ն ճ ո թ (1 3 1 7 , 7 4 մ)															
20.9	20.5	20.5	20.7	-0.2	20.4	-0.5	20.4	-0.5	20.8	-0.1	20.8	-0.1	11/VII-ամսվ		
21.7	21.5	21.4	21.5	-0.2	21.5	-0.2	21.3	-0.4	21.8	+0.1	21.8	+0.1	12/VII-ամսվ		
21.1	20.6	20.7	21.3	+0.2	21.3	+0.2	21.3	+0.2	21.1	0.0	21.1	0.0	13/VII-ամսվ		
22.2	22.6	22.7	22.3	+0.1	21.8	-0.4	22.7	+0.5	22.2	0.0	22.2	0.0	14/VII-ամսվ		
Ո Ր Ր Ո Տ Ա Ն - Գ . Ո Ր Ր Ո Տ Ա Ն (1 3 9 4 , 7 0 մ)															
18.6	18.9	19.1	18.5	-0.1	19.0	+0.4	19.0	+0.4	18.6	0.0	18.6	0.0	7/VIII-սրև		
18.5	18.2	18.1	18.5	0.0	18.0	-0.5	18.1	-0.4	18.5	0.0	18.5	0.0	8/VIII-սրև		
16.9	16.7	16.6	17.0	+0.1	16.7	-0.2	16.6	-0.3	16.9	0.0	16.9	0.0	9/VIII-ամսվ		

Ինչպես երևում է աղյուսակից, Ախուրյան-Կապս տեղամասում դիտարկումներ կատարվել են 5 օր և բոլոր օրերը եղել են արևային: Օրական միջին ջերմաստիճանների արժեքները համեմատելով նշված զուգակցությունների արժեքների հետ, տեսնում ենք, որ ամենամեծ շեղումները (մինչև $\pm 0.8^{\circ}$) դիտվում են (1), (2), (4) և (5) զուգակցությունների դեպքում: Օրական միջին արժեքներից ամենափոքր շեղումները (մինչև $\pm 0.1^{\circ}$) դիտվում են (3) և (6) զուգակցությունների դեպքում: Ընդ որում (3) զուգակցության դեպքում դիտարկված 5 դեպքերից միայն մեկում շեղում չկա, իսկ մնացած դեպքերում այն կազմում է մինչև $\pm 0.1^{\circ}$, (6)-ի ժամանակ շեղում չկա 3 դեպքում, իսկ 2-ում այն կազմում է մինչև $\pm 0.1^{\circ}$:

Փամբակ-Վանաձոր տեղամասում դիտարկումներ կատարվել են 4 օր՝ բոլոր ամսվամբ: Այստեղ ջերմաստիճանային ամենամեծ (մինչև $\pm 0.5^{\circ}$) շեղումներ դիտվել են նույն զուգակցությունների դեպքում, ինչ Ախուրյանի ավազանում: Ընդ որում (6) զուգակցության դեպքում դիտվում են ամենափոքր (մինչև $\pm 0.1^{\circ}$) շեղումները:

Որոտան-Որոտան տեղամասում դիտարկված 3 օրից 2-ը եղել են արևային, իսկ մեկը՝ ամպամած: Այստեղ դիտված օրինաչափությունը նույնն է, իսկ (6) զուգակցության դեպքում միջին ջերմաստիճանից շեղումներ չեն դիտվել:

Նշված օրինաչափությունը նկատվում է նաև մյուս գետերի (Մանթաշ, Քասախ, Չորագետ, Տաշիր, Դեբեդ, Հախում, Թավուշ, Աղստև, Արփա, Էլեգիս, Ողջի) վրա կատարված դիտարկումների արդյունքների վերլուծության ժամանակ, այսինքն՝ օրական միջին ջերմաստիճանից ամենամեծ շեղումները (մինչև $\pm 0.8^{\circ}$) դիտվում են (1), (2), (4), և (5), իսկ ամենափոքրերը (մինչև $\pm 0.2^{\circ}$)՝ (3) և (6) զուգակցությունների դեպքում (աղյուսակ):

Անհրաժեշտ է նշել, որ դիտարկվող գետերում եղանակային պայմանները տարբեր են, սակայն օրական միջին ջերմաստիճանից շեղումները նույնն են: Այստեղից հետևում է, որ եղանակային պայմանները էական ազդեցություն գրեթե չունեն դիտված ընդհանուր օրինաչափության վրա:

Աղյուսակի տվյալների վերլուծությունից նկատվող հաջորդ օրինաչափությունն այն է, որ Արաքսի և Կուրի ավազաններում շեղումների բացարձակ արժեքները տարբեր են: Այսպես, եթե Արաքսի ավազանի գետերում օրական միջին ջերմաստիճանից բացարձակ շեղումները կազմում են $\pm 0.5 + \pm 0.8^{\circ}$, ապա Կուրի ավազանի գետերում՝ $\pm 0.2 + \pm 0.5^{\circ}$: Արաքսի ավազանում ամենամեծ շեղումները դիտվում են Ախուրյան (մինչև $\pm 0.8^{\circ}$), Արփա, Էլեգիս, Քասաղ (մինչև $\pm 0.6^{\circ}$), Որոտան (մինչև $\pm 0.5^{\circ}$) գետերում, իսկ ամենափոքր շեղումները՝ Ողջիում ($\pm 0.4^{\circ}$):

Կուրի ավազանում ամենամեծ շեղումներ դիտվում են Փամբակ, Չորագետ (մինչև $\pm 0.5^{\circ}$), Դեբեդ, Աղստև, Թավուշ (մինչև $\pm 0.4^{\circ}$) գետերում: Այստեղից հետևում է, որ հանրապետության հյուսիս-արևելքի և հարավ-արևելքի գետային ավազաններում, կապված ջրաերկրաբանական պայմանների, մեծ ամպամածության և օղի ջերմաստիճանային փոքր տատանումների հետ, ջրի ջերմաստիճանային շեղումները օրական միջին ջերմաստիճանից ավելի փոքր արժեքներ ունեն, քան Արաքսի ավազանի չոր և շոգ կլիմայի պայմաններում և առավելապես ստորերկրյա սնում ունեցող գետերի համար:

Նկատվող հաջորդ օրինաչափությունն այն է, որ (1), (2), (4) և (5) զուգակցությունների դեպքում դիտարկված 63 դեպքերում շեղումների մեջ գերակշռում են բացասական նշանները, այսինքն՝ օրական միջին ջերմաստիճանի արժեքների համեմատ շեղումների մեծ մասը ցածր արժեքներ ունի: Այսպես օրինակ, Ախուրյանի ավազանում 5 օրից 4-ում շեղումները բացասական նշանով են, Մանթաշում՝ 5-ից 4-ը, Փամբակում՝ 6-ից 4-ը, Հախումի, Թավուշի, Արփայի, Էլեգիսի, Ողջիի ավազաններում՝ 2-ից 2-ը և այլն: Իսկ այս երևույթը չի դիտվում (3) և (6) զուգակցությունների դեպքում: Օրինակ, Ախուրյանի ավազանում (6) զուգակցության դեպքում 2 օր դիտված շեղումներից մեկը $+0.1^{\circ}$ է, մյուսը՝ -0.1° : Նույնը համարյա դիտվում է նաև (3) զուգակցության դեպքում:

Այսպիսով, դիտարկումների հաշվարկները ցույց են տալիս, որ Հայաստանի

Հանրապետության գետերի ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի դիտարկման օպտիմալ ժամեր են հանդիսանում 6 և 18-ը, ինչպես նաև 8 և 18-ը, որովհետև նշված ժամերի գուգակցություններից ստացված միջին արժեքները ամենափոքր շեղումն ունեն (լսկ շատ դեպքերում՝ չունեն) օրական միջին ջերմաստիճանի արժեքներից: Քանի որ նշված երկու գուգակցությունների (3 և 6) ստացված արժեքները գրեթե չեն տարբերվում ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի իրական արժեքներից, ուստի, ելնելով ջրաչափական դիտակետերի աշխատողների շահերից, նպատակահարմար է ջրի օրական միջին ջերմաստիճանի որոշման դիտարկման ժամեր սահմանել 8-ը և 18-ը, այն դեպքում, երբ, ինչպես նախկին ԽՍՀՄ-ի երկրներում, այնպես էլ ՀՀ-ում մինչև օր սահմանված են ժամը 8-ը և 20-ը:

Ելնելով վերոհիշյալից, առաջարկում ենք ՀՀ ջրաօդերևութաբանական վարչությանը գետերի ջրի ջերմաստիճանի դիտարկումների ժամեր սահմանել 8-ը և 18-ը:

Նշված առաջարկի հուսալիությունը ստուգելու համար անհրաժեշտ է, որ շահագրգռված գերատեսչությունները կազմակերպեն երկարաժամկետ արագացված դիտարկումներ տարբեր գետային ավազաններում և տարվա տարբեր սեզոններին, որը մեր կողմից տեխնիկական և ֆինանսական պատճառներով հնարավոր չէ իրականացնել:

Ֆիզիկական աշխարհագրության ամբիոն

Ստացվել է 03. 05. 1997

Գ Ր Ա Կ Ա Ն ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Л.: Гидрометеониздат, 1957, в. 2, ч. 2.

Ա. Դ. ԳՐԻԳՐՅԱՆ

О СРОКАХ И ЧАСТОТЕ НАБЛЮДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЧНЫХ ВОД ГОРНЫХ СТРАН (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ)

Резюме

В статье предлагается основанный на полевых наблюдениях автора новый срок для определения среднесуточной температуры речных вод горных стран (на примере РА): в 8⁰⁰ и 18⁰⁰ часов вместо 8⁰⁰ и 20⁰⁰. Предлагаемый срок точно отражает реальное значение среднесуточной температуры речных вод.

УДК 541,127; 678, 02; 66, 095

М.Л. ЕРИЦЯН, Ф.О. КАРАПЕТЯН, С.К. ГРИГОРЯН

РАДИКАЛЬНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Исследована привитая полимеризация акриловой кислоты в присутствии поливинилового спирта 7/2 и 40/11. Показано влияние времени и концентрации акриловой кислоты на степень прививки акриловых звеньев на ПВС. Определены водопоглощения привитых полимеров, а методом ИК-спектроскопии – привитость полимера.

Одним из путей модификации полимеров является химическая прививка различных мономерных, олигомерных и полимерных соединений. В литературе известен ряд работ, где рассмотрена радикальная полимеризация виниловых мономеров в присутствии водо-растворимых полимеров [1-4].

Следует отметить, что полимерные частицы, образовавшиеся привитой полимеризацией, отличаются пространственной структурой и часто могут быть сшитыми. Несмотря на то, что полученные таким методом полимеры в основном теряют способности растворяться и совмещаться с растворами полимеров и смол, не снижается их прикладное значение в народном хозяйстве.

Не представляют особый интерес те пространственные структуры и сшитые полимеры, которые обладают набухающей способностью как в органических, так и в неорганических растворителях.

Эффективность набухания значительно выше в сшитых полимерах, чем в его линейных аналогах.

Перед нами ставилась задача провести привитую радикальную полимеризацию акриловой кислоты (АК) в присутствии поливинилового спирта (ПВС) и изучить водопоглощающую способность привитого полимера.

В наших исследованиях использовался ПВС марок 7/2 и 40/11. Независимо от марки ПВС в их структурах, кроме ОН группы, содержатся также ацетатные группы. В частности, в ПВС марки 7/2 винилацетатные звенья составляют до 2%, а в марке 40/11 их содержание доходит до 11%. Инициатором полимеризации служил персульфат калия. В табл. 1 приводятся условия проведения полимеризации акриловой кислоты в присутствии различных марок ПВС и свойства привитого полимера как поглотителя воды.

Как видно из табл. 1, с повышением содержания звеньев акриловой кислоты, привитой к ПВС, симбатно повышается и его водопоглощение. Данные табл. 1 также говорят в пользу того, что высокое содержание ацетатных групп в ПВС способствует повышению степени прививки звеньев акриловой кислоты на ПВС.

Зависимость привившейся к ПВС акриловой кислоты и их водопоглощения от времени полимеризации: (ПВС)=3%, (АК)= $4,16 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $T=55 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8)=2 \cdot 10^{-2}$ моль/л

ПВС марок	Время полимеризации, мин	Привившаяся АК к ПВС, %	Образование гетерогенности от начала реакции, мин	Водопоглощение, %/г полимера
7/2	60	5.0	37.0	70
	120	7.2	37.0	82
	180	9.1	36.0	90
	240	10.2	36.0	95
	300	11.0	37.0	110
	360	11.7	36.0	120
40/11	40	6.0	30	87
	60	7.5	29	95
	90	9.0	31	100
	120	12.6	29	110
	150	13.0	29	140

Далее нами проведены исследования по выяснению влияния концентрации акриловой кислоты на степень ее прививки к ПВС.

Полученные результаты приведены в табл. 2

Таблица 2

Зависимость концентрации привившейся к ПВС акриловой кислоты от исходной концентрации акриловой кислоты и марки ПВС: (ПВС)=3%, $(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8)=2 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $t_{\text{мин}}=150$

ПВС марок	(АК)• 10^2 моль/л	Образование гетерогенности от начала реакции, мин	Привившаяся АК к ПВС от исходной АК, %	Водопоглощение, %/г полимера
7/2	4.16	380	8.0	80
	6.25	37.2	9.3	95
	8.33	36.5	10.0	105
	12.5	35.0	10.7	110
	16.7	33.5	11.2	130
40/11	4.16	320	12.8	175
	6.25	29.5	13.9	190
	8.33	27.0	15.6	210
	12.5	25.0	17.0	225
	16.7	23.2	18.5	240

В табл. 1 и 2 четко вырисовывается взаимосвязь между водопоглощением привитого полимера и содержанием в нем звеньев акриловой кислоты. Привитые полимеры исследовались ИК-спектроскопией с целью выяснения их функционального состава. На спектрах привитых полимеров четко обнаружались полосы поглощения в областях 1280-1320; 1660-1750; 2960-3200; 1400-1450; 3300-3500 см^{-1} , соответствующих валентным колебаниям

— $\text{C} \begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{matrix}$, — $\text{O} - \text{C} - \text{CH}_3$ (ацетатной) и OH (спирт-

ной), CH и CH_2 .

Экспериментальная часть. ИК-спектры полимеров сняты на спектрофотометре UR-20 из пленки, полученной на призме CaF_2 . Использован заводской ПВС марки 7/2 и 4/11. Акриловая кислота перегонялась в присутствии гидрохинона (ингибитор полимеризации), и использовалась фракция с т. кип. $141 \pm 0,05^\circ$, $n_D^{20} = 1,4224$. Использован $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ марки "ХЧ", трехкратно перекристаллизованный.

Полимеризация акриловой кислоты в присутствии ПВС. В реактор (объем 250 мл) с мешалкой, помещенный в термостат загружают 150 мл 3% водного раствора ПВС марки 7/2 или марки 40/11. При перемешивании температуру реакционной массы доводят до $55 \pm 0.05^\circ\text{C}$. Затем в реактор вводят $2 \cdot 10^{-2}$ моль/л $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ и в моль/л требуемое количество акриловой кислоты. Через определенное время с момента начала реакции (см. табл. 1 и 2) происходит гетерогенизация реакционной массы (время проведения полимеризации приведено в табл. 1 и 2), после чего реакционную массу фильтруют на фильтре Шотта N 1. Оставшуюся массу на фильтре неоднократно промывают теплой водой и сушат при температуре $80-90^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Количество звеньев акриловой кислоты, привившихся к ПВС, определялось гравиметрическим методом по разности масс до и после прививки.

Определение водопоглощения полимера. При комнатной температуре к заданному количеству привитого полимера прибавляют воды до его полного насыщения. Дополнительно вводят еще 100 мл воды и оставляют на 1.5-2 часа. После чего набухший раствор фильтруют на заранее взвешанном фильтре Шотта. Затем взвешивают фильтр с полимером и определяют количество воды, поглощенной полимером.

Армения институт им. Х. Абовяна, ЕГУ

Поступило 12.05.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Kubota H., Hata J. – J. Appl. Polym. Sci., 1990, v. 40, N 5-6, p. 1071-1075.
2. Jamashita K., Ito K., Tsuboi H., Takahama S., Tguda K., Otsu T. – J. Appl. Polym. Sci., 1990, v. 40, N 9-10, p. 1445-1452.
3. Рагольская Е.А., Путченко С.Г., Павлов С.А., Теленцов Э.А. – Высокомолекулярное соединение, 1990, т. 32 (А), N 3, с. 495-501.
4. Samul. Rajani K., Dash. Salyasahi, Sahu, Abant. K. – J. Appl. Polym. Sci., 1990, v. 41, N 1-2, p. 195-203.

Մ. Լ. ԵՐԻՅՅԱՆ, Ֆ. Հ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ս. Կ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԱԿՐԻԼԱԹԹՎԻ ՌԱԴԻԿԱԼԱՅԻՆ ՊՈԼԻՄԵՐԱՑՈՒՄԸ
ՊՈԼԻՎԻՆԻԼՍՊԻՐՏԻ ՆԵՐԿԱՅՈՒԹՅԱՄԸ

Ա ս փ ո փ ո ս

Ուսումնասիրված է ակրիլաթթվի (ԱԹ) պատվաստված պոլիմերացումը 7/2 և 40/11 մակնիշի պոլիվինիլսպիրտի (ՊՎՍ) վրա: Յուրյ է տրված, որ ՊՎՍ -ի վրա ակրիլաթին օդակների պատվաստման աստիճանը կախված է ժամանակից և ԱԹ-ի կոնցենտրացիայից: Ուսումնասիրված է ստացված պոլիմերի ջրակալման ունակությունը: ԻԿ-սպեկտրոսկոպիական եղանակով որոշված է պատվաստված պոլիմերի իսկությունը:

УДК 546.98 + 543.25 + 668.8

Г.Г. ДАРБИНЯН, Г.Н. ШАПОШНИКОВА, А.Г. ХАЧАТРЯН

ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ КАК АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ

XIV. Исследование взаимодействия анионных комплексов золота (III) и палладия (II) с сафранином Т

Исследовано взаимодействие анионных комплексов золота (III) и палладия (II) с сафранином Т методом амперометрического титрования. Определение проводили при $+0.2 \text{ В}$ по току восстановления определяемых ионов и реагента. Установлены оптимальные концентрации кислоты, галогенид-ионов, диапазоны определяемых концентраций золота (III) и палладия (II). Изучено влияние некоторых элементов. Метод применен для определения золота (III) в электролите золочения и палладия (II) в электролите палладирования.

Ранее нами исследованы реакции взаимодействия золота (III) и палладия (II) с тиазиновыми красителями и разработаны методики их определения [1-5]. Данная работа посвящена изучению взаимодействия вышеназванных элементов с представителем азинового ряда красителей сафранином Т.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Растворы золота (III) и палладия (II) были приготовлены по методике, описанной в работах [1, 2], раствор красителя – растворением в дистиллированной воде навески препарата. Амперометрическое титрование проводили на собранной установке. Индикаторный электрод – платиновый проволочный микроэлектрод, электрод сравнения – ртутуродидный.

С целью выбора необходимого для титрования потенциала изучено электродное поведение сафранина Т на фоне серной кислоты различной концентрации. Выраженный диффузионный ток наблюдается, начиная с $E = +0.4 \text{ В}$, что дает возможность регистрировать конечную точку титрования с использованием также электродной реакции сафранина Т.

Кривая амперометрического титрования золота (III) и палладия (II) сафранином Т имеет V-образный вид, характерный для случаев, когда и определяемый ион, и реагент электроактивны. Перегиб на кривых амперометрического титрования отмечается при мольном отношении реагирующих компонентов $[\text{AuHal}_4]^-:R^+=1:1$ и $[\text{PdBr}_4]^{2-}:R^+=1:2$.

При взаимодействии с сафранином Т золото (III) должно находиться в виде хлоридного или бромидного ацидокомплексов, а палладий (II) – только в форме бромидного анионного комплекса.

С целью выявления оптимальных концентраций галогенид-ионов титрование проводили при различных концентрациях хлорид- и бромид-ионов. Выяснилось, что установленное мольное соотношение реагирующих компонентов сохраняется в интервале концентраций галогенид-ионов $0.01-2.0 \text{ моль/л}$. Повышение концентрации хлорид- и бромид-ионов приводит к увеличению затраты реагента по сравнению со стехиометрической затратой. В дальнейшем титрование проводили при постоянных концентрациях галогенид-ионов, а именно в 0.1 моль/л растворах.

Изучение влияния кислотности на амперометрическое титрование золота (III)

и палладия (II) показало, что как вид кривой, так и мольное соотношение реагирующих компонентов не меняются в области кислотности рН 3.2 – 0.1 моль/л по азотной кислоте и рН 3.2 – 2.5 моль/л по серной кислоте при титровании золота (III) и рН 3.2 – 0.25 моль/л по азотной кислоте и рН 3.2 – 2.0 моль/л по серной кислоте при титровании палладия (II). Последующие титрования проводили при постоянной кислотности, соответствующей 0.1 экв/л азотной или серной кислот.

При оптимальных концентрации галогенид-ионов и кислотности была изучена зависимость между величиной диффузионного тока и концентрацией золота (III) и палладия (II). Линейная зависимость наблюдается в пределах $1.0 \cdot 10^{-3}$ – $9.0 \cdot 10^{-5}$ моль/л для золота (III) и $1.2 \cdot 10^{-3}$ – $1.0 \cdot 10^{-4}$ моль/л для палладия (II).

Изучена избирательность определения золота (III) и палладия (II). Титрованию $4.0 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора золота не мешают пятидесятикратные количества никеля (II) и кобальта (II), двухтысячекратные количества меди (II) и тысячекратные количества железа (III). Титрованию $1.0 \cdot 10^{-4}$ моль/л растворов палладия (II) не мешают пятисоткратные количества никеля (II) и кобальта (II), двухсотпятидесятикратные количества меди (II) и стократные количества железа (III).

Разработанный метод применен для определения золота (III) и палладия (II) в электролитах золочения и палладирования.

Выполнение определения. Аликвотную часть анализируемого электролита (0.5 мл) помещали в стакан для титрования, создавали оптимальные условия определения (0.1 моль/л бромида калия и 0.05 моль/л серной кислоты), доводили объем до 250 мл дистиллированной водой и титровали при $E = +0.2V$ рабочим раствором сафранина Т. Результаты определения приведены в таблице.

Проверка правильности результатов амперометрического титрования золота (III) и палладия (II) сафранином Т
 $r = 0.95, n = 5, t_{\alpha} = 2.571, v = 25ml$

Взято Au (III), Pd (II), мг/мл	Найдено Au (III), Pd (II), мг/мл, \bar{X}	$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	$\bar{x} \pm \frac{t_{\alpha} S}{V_n}$
0.080	0.082	0.0022	0.082 ± 0.0025
0.01064	0.01165	0.00011	0.01165 ± 0.00014

Таким образом, предложен новый реагент для амперометрического определения золота (III) и палладия (II) – сафранин Т.

Кафедра аналитической химии

Поступило 08.09.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. – Арм. хим. журнал, 1982, т. XXXV, N 2, с. 113.
2. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. – Сб. матер. юбилейных научных статей, Ер., 1981, с. 181.
3. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г., Чан Ким Тьен. Органические реагенты в аналитической химии: Тезисы Всесоюзной конференции по применению орг. реагентов. Киев, 1983.
4. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. Химия и хим. технология. – Межвуз. сб. научных трудов, 1987, N 4, с. 107.
5. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. – Арм. хим. журнал, 1985, т. XXXVIII, N 4, с. 223.

ՀԻՄՆԱՅԻՆ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԵՐԸ ՈՐՊԵՍ
ԱՄՊԵՐԱՉԱՓԱԿԱՆ ՌԵԱԳԵՆՏՆԵՐ

XIV. Au(III) և Pd(II) անիոնային կոմպլեքսների փոխազդեցության
ուսումնասիրությունը սաֆրանին T-ի հետ

Ա մ փ ո փ ու մ

Չետազոտված է Au(III)-ի և Pd(II)-ի փոխազդեցությունը սաֆրանին T-ի հետ: Որոշված է փոխազդեցության ստեխիոմետրիան: Հաստատված են որոշման օպտիմալ պայմանները: Նշված մեթոդը կիրառված է ոսկեպատման և պալադիումապատման էլեկտրոլիտներում Au-ի և Pd-ի որոշման համար:

УДК 546.431: 16.056: 542

Լ.Ր. ԱՆԴՐԵԱՅԱՆ, Բ.Տ. ԱՔՐՏՅԱՆ, Տ.Կ. ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Զ.Խ. ԳՐԻԳՐՅԱՆ

ПОЛУЧЕНИЕ ОСОБО ЧИСТОГО ФТОРИДА БАРИЯ

Разработан способ получения фторида бария особой чистоты из предварительно очищенных водных растворов солей, содержащих ионы бария и фтора, методами сульфидной очистки и концентрирования мелких частиц на границе раздела фаз.

Фторид бария особой чистоты является одним из основных компонентов фторидных стекол, которые находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. В связи с этим методы его получения в особо чистом состоянии представляют значительный интерес. Их можно условно разделить на две группы – непосредственную очистку фторида бария и его получение фторированием особо чистых соединений бария. К первой группе относится метод ионной плавки [1] и методы, включающие в себя термообработку расплава фторида бария в присутствии HF [2]. Ко второй можно отнести способ получения фторида бария из высококачественной окиси бария или карбоната и безводного фтористого водорода с последующим плавлением в реакционной атмосфере. Описаны также методы очистки растворимых соединений бария перекристаллизацией [3] и осаждением примесей на коллекторах [4] с использованием ионного обмена [5]. Очищенные таким образом соединения затем переводят во фторид.

В настоящей работе исследован способ получения особо чистого фторида бария из предварительно очищенных растворов хлорида бария и фторида аммония.

Известен сульфидный метод очистки водного раствора хлорида бария в присутствии коллектора ($Pb(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2$). Однако в растворе после осаждения и фильтрации сульфидов красящих ионов металлов (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Co^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} и др.) остаются мелкие, не высаженные микрочастицы указанных сульфидов.

Известно, что если к водному раствору соли добавить определенное количество органического растворителя, неограниченно смешивающегося с водой, то произойдет расслоение, а на границе раздела фаз сконцентрируются мелкие, не высаженные частицы сульфидов красящих ионов [6, 7].

Нами ранее получены данные об очистке растворов фторида аммония указанным способом [8]. Установлено, что концентрированный водный раствор фторида аммония (30-40%) после сульфидной очистки образует устойчивое расслоение с ацетоном и этиловым спиртом при объемном соотношении $V_{р-р} : V_{р-н} = 1:0.5$, а с пропиловым – при соотношении $V_{р-р} : V_{р-н} = 1:0.1$.

С целью определения области расслоения и образования пограничного слоя нами исследован ряд систем: раствор хлорида бария – органический растворитель (ацетон, этиловый, пропиловый, изопропиловый спирты, формальдегид и др.). Изу-

цена возможность расслоения в большом интервале концентраций хлорида бария и объемных соотношений раствора и растворителя.

Установлено, что раствор хлорида бария образует расслаивание лишь с пропиловым спиртом, и то в очень узком интервале концентраций раствора BaCl_2 и объемного соотношения $V_{\text{р-р}} : V_{\text{р-лн}} = 1:0.19$. Данные приведены в таблице.

Данные расслоения раствора хлорида бария с пропиловым спиртом

Концентрация раствора BaCl_2 , %	Соотношение $V_{\text{р-р}} : V_{\text{проп.л спирт}}$	
	начало расслоения	конец расслоения
24	-	-
25	1:0.18	1:0.25
26	1:0.19	1:0.25
27	1:0.19	1:0.25
28	-	-

Для получения особо чистого фторида бария 25%-ый раствор хлорида бария подвергали сульфидной очистке в присутствии коллектора 1%-ного раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. После осаждения, отстаивания и фильтрации к раствору хлорида бария добавляли небольшими порциями пропиловый спирт в количестве, соответствующем объемному соотношению $V_{\text{р-р}} : V_{\text{проп.л спирт}} = 1:0.2$ до образования устойчивого расслоения. После 24 часовой выдержки отделяли слой раствора хлорида бария.

Предварительно очищали также 38-40%-ый раствор фторида аммония. Раствор фторида аммония сначала подвергали сульфидной очистке в присутствии коллектора 1%-ного раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. После отстаивания и фильтрования к раствору фторида аммония добавляли пропиловый спирт в количестве, соответствующем объемному соотношению $V_{\text{р-р}} : V_{\text{проп.л спирт}} = 1:0.1$. При этом образуется устойчивое расслоение и происходит улавливание микрочастиц сульфидов металлов на границе раздела фаз.

Очищенный раствор хлорида бария помещали во фторопластовый реактор, снабженный мешалкой и обогревательной рубашкой. Температуру раствора доводили до 60-70°C. Осаждение фторида бария проводили очищенным раствором фторида аммония при непрерывном перемешивании. Полученный осадок фторида бария отделяли фильтрованием, промывали бидистиллированной водой и ацетоном. Соль высушивали в сушильном шкафу при 70-80°C.

Синтезированный фторид бария подвергали термографическому и спектральному анализам, содержание примесей красящих ионов составило порядка $10^{-5} - 10^{-6}$ масс %.

Кафедра неорганической химии

Поступило 26.11.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Синица Б.В., Касьянов В.А., Уварова Т.В. – Науч. тр. ГИРЕДМЕТ, 1972, N 45, с. 101.
2. Казанин О.Н., Белов М.П., Трофимов Н.И. и др., А.с. 986856 СССР, Б.И., N 1.
3. Серебренникова Г.М., Васильева Л.В., Сухановская А.И. и др., Химия и технология особо чистых веществ для волоконной оптики: Науч. тр., М.: ИРЕА, 1980, с. 86.
4. Фокеев А.А., Клязева А.Н., Козачок А.И., Родимцева И.Ю. Химия и технология особо чистых веществ для волоконной оптики: Науч. тр., М.: ИРЕА, 1980, с. 95.
5. Мархол М. Ионобменники в аналитической химии, М.: Мир, 1985, т. 1, с. 264.
6. Аюбян С.А. О новом явлении концентрирования мелких частиц на границе раздела фаз двух жидкостей. - Уч. зап. ЕГУ, 1987, N 2, с. 181.
7. Аюбян С.А., Капанцян Э.Е. и др. О глубокой очистке водорастворимых солей. - Химия и химическая технология, изд-во ЕГУ, 1991, вып. 6, с. 117.
8. Андреасян Д.Р., Мкртчян Р.Т., Григорян Ж.Х., Григорян С.К. Способ получения фторида натрия высокой степени чистоты. – Уч. зап. ЕГУ, 1996, N 1, с. 56.

ԲԱՐՁՐ ՄԱԶՐՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐԻՈՒՄԻ ՖՏՈՐԻԴԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Մշակվում է բարձր մաքրության բարիումի ֆտորիդի ստացման եղանակ նախապես մաքրված բարիումի և ֆտորի լոններ պայտունակող աղերի ջրային լուծույթներից սուլֆիդային մաքրման և ֆազերի բաժանման մակերեսին մանր մասնիկների խտացման մեթոդով:

УДК 577.15: 581.143

Н.А. ОГАНЕСЯН, М.Г. СНАПЯН, ДЖ. А. АГАДЖАНЫН, М.Т. ПЕТРОСЯН, Ю.Г. ПОПОВ

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА НА АКТИВНОСТЬ
СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ *HIERACIUM*
CINCINNATUM FRIES

Определена активность супероксиддисмутазы (СОД) в каллусной культуре ястребинки (*Hieracium cinnatum* Fries), подвергнутой воздействию различных концентраций перекиси водорода (H_2O_2), 1,4-диоксана и нитрата натрия ($NaNO_3$). Показано, что при обработке каллусной культуры 14мМ H_2O_2 активность СОД уменьшается почти в два раза. Такой же эффект наблюдается под влиянием высоких концентраций $NaNO_3$. В то же время 1,4-диоксан вызывает увеличение активности СОД. Обсуждается возможность использования каллусных культур в качестве модели для изучения окислительного стресса у растений.

В процессе клеточного метаболизма при восстановлении кислорода до воды образуется супероксидный радикал O_2^* , который участвует в образовании H_2O_2 и гидроксильного радикала OH^* . Эти соединения, вступая во взаимодействие с клеточными компонентами, могут вызывать серьезные нарушения жизнедеятельности клетки, характеризующиеся как состояние окислительного стресса [1]. Растения, как и другие аэробные организмы, обладают защитной системой, предохраняющей клетки от токсического действия кислородных радикалов. Одним из клеточных антиоксидантов является супероксиддисмутаза (СОД), осуществляющая реакцию дисмутации супероксидного радикала, в результате которой образуется H_2O_2 и O_2 [2].

Растения синтезируют два типа СОД – цитоплазматическую Cu/Zn СОД и митохондриальную Mn СОД. Cu/Zn СОД обнаружена также в пероксисомах и хлоропластах. Кроме того, для ряда растений показано наличие изоферментов СОД [3].

Контроль биосинтеза СОД в клетках играет ключевую роль в механизме защитного ответа организма на окислительный стресс. Показано, что в условиях окислительного стресса активность СОД в растениях возрастает [4]. С другой стороны, растения с высоким уровнем активности антиокислительных ферментов, в том числе СОД, демонстрируют повышенную устойчивость к окислительному стрессу [5].

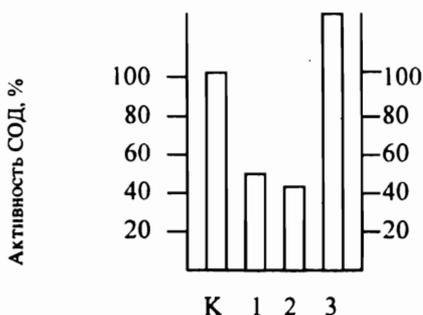
В настоящем сообщении приводятся результаты изучения влияния веществ, изменяющих окислительно-восстановительный потенциал в клетке, на проявление активности СОД в каллусной культуре ястребинки.

В экспериментах использовалась каллусная культура ястребинки, выращенная на среде Мурасиге-Скуга (MS) [6]. Каллусные культуры 11-14-ого пассажа помещались в растворы с различными концентрациями испытуемых веществ, выдерживались три часа при комнатной температуре, после чего гомогенизировались. Клеточные экстракты получали после осаждения обломков клеток. Активность СОД в клеточных экстрактах определяли методом ингибирования генерации супероксидных анионов в модельной системе фенозилметасульфат – НАДН - нитротетразольный хлористый [7]. Измерение оптической плотности проводили при 490 нм. За единицу активности принимали количество фермента, необходимого для подавления восста-

новления хлористого тетразолия на 50%. Концентрацию белка измеряли спектрофотометрическим методом [8].

Удельную активность СОД определяли в клеточных экстрактах каллусных культур, подверженных воздействию следующих веществ.

Нитрат натрия (NaNO_3). Каллусная культура ястребинки инкубировалась в растворах NaNO_3 следующих концентраций: 0.25M; 0.5M; 1M. Измерение активности СОД в клеточных экстрактах показало, что при воздействии 1M NaNO_3 активность СОД уменьшается почти в два раза (см. рис.). Под влиянием 0.25M и 0.5M NaNO_3 активность СОД не изменяется. Таким образом, согласно полученным данным, повышенная концентрация NaNO_3 (1M) оказывает негативное воздействие на проявление активности СОД. Можно предположить, что у солеустойчивых растений негативное влияние подавляется, что приводит к возрастанию активности СОД, как показано в случае солеустойчивых мутантов хлопка [9].



Активность СОД в каллусной культуре ястребинки, обработанной 14 мМ H_2O_2 (1), 2.5 М NaNO_3 (2) и 4.4 мМ 1.4-диоксана (3), относительно контроля (К-активность СОД в каллусной культуре ястребинки).

Перекись водорода H_2O_2 . Каллусная культура подвергалась воздействию следующих концентраций H_2O_2 : 1мМ; 7мМ; 14мМ. Изменение активности СОД наблюдается в клеточных экстрактах каллусной культуры, обработанной 14мМ H_2O_2 , при этом активность СОД уменьшается в два раза (см. рис.). При других концентрациях перекиси водорода (1мМ и 7мМ) изменений в проявлении активности СОД не происходит. Известно, что под воздействием перекиси водорода СОД инактивируется и становится чувствительной к клеточным протеазам, что приводит к уменьшению активности этого фермента в клетках [10]. Уменьшение активности СОД в наших экспериментах также можно объяснить инактивацией фермента перекисью водорода. Низкие концентрации перекиси водорода, возможно, обезвреживаются клеточными ферментами.

1.4-диоксан. Для обработки каллусной культуры ястребинки использовались 1.1 мМ; 4.4 мМ и 11 мМ растворы диоксана. Результаты определения активности СОД приведены на рисунке. Значительное увеличение активности СОД (до 55%) наблюдается при воздействии 4.4 мМ и 11мМ диоксана. В клетках *E. coli* индуктором СОД является супероксидный радикал, который образуется как в процессе клеточного метаболизма, так и в результате реакций с участием различных веществ, в том числе диоксана [11]. Однако для подтверждения индукции биосинтеза СОД в каллусной культуре ястребинки диоксаном требуется проведение дальнейших экспериментов.

На каллусной культуре ястребинки показана возможность изучения влияния различных веществ на проявление активности СОД, что позволит в дальнейшем раскрыть механизмы ответной реакции растений на окислительный стресс.

Выполнение работы финансировалось за счет гранта Ассоциации ИНТАС ЕС.

1. Fridovich I. Biological effects of the superoxide radical.- Arch. Biochem. Biophys., 1986, v. 247, p. 1-11.
2. Fridovich I. The biology of oxygen radicals. The superoxide radical is an agent of oxygen toxicity, superoxide dismutases provide an important defense.- Science, 1978, v. 201, p. 875-880.
3. Scandalios J.C. The antioxidant enzyme genes Cat and Sod of maize: regulation, functional significance and molecular biology. In: Rallazzi M.L., Scandalios J.C., Whitt G.S., eds. Isoenzymes: current topics in biological and medical research. New-York: Alan R. Liss, 1987, v. 14, p. 19-44.
4. Bowler C., Van Montagu M., Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance.- Annu. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol., 1992, v. 43, p. 83-116.
5. Gupta A.S., Heinen G.L., Holaday A.S., Burke J.J., Allen R.D. Increased resistance to oxidative stress in transgenic plants that overexpress chloroplastic Cu/Zn superoxide dismutase. -Proc. Natl. Acad. Sci., USA, 1993, v. 90, p. 1629-1633.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. - Physiol. plant., 1962, v. 15, p. 473-497.
7. Fridovich I. Superoxide dismutase., - Adv. in Enzymol., 1986, v. 58, p. 61-97.
8. Peterson G.L., - Meth. Enzymol., 1983, v. 91, p. 95-119.
9. Gosett D.R., Millhollon F.P., Lucas M.C., Banks S.W., Marney M.-M. The effects of NaCl on antioxidant enzyme activities in callus tissue of salt-tolerant and salt-sensitive cotton cultivars.- Plant Cell Reports, 1994, v. 13, p. 498-503.
10. Salo D.C., Pacifici R.E., Lin Sh-W., Giulivi C., Davies J.A. Superoxide dismutase undergoes proteolysis and fragmentation following oxidative modification and inactivation., - J. Biol. Chemistry, 1990, v. 265., p. 11919-11927.
11. Hassan H.M., Moody C.S. Regulation of manganese-containing superoxide dismutase in Esherichia coli, - J. Biol. Chemistry, 1987, v. 262, p. 17173-17177.

Ն.Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Մ.Գ. ՄՆԱՓՅԱՆ, Զ.Ա. ԱՂԱԶԱՆՅԱՆ,
Մ.Թ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, ՅՈՒԳ. ՊՈՊՈՎ

ՃՈՒՌԱԿԱՆՈՏԻ ԿԱԼԼՈՒՍԱՅԻՆ ԿՈՒՏՆՈՒՐԱՅԻ
ՍՈՒՊԵՐՕԶՍԻԴԻՄՍՈՒՏԱԶԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ՕԶՍԻԴԱՅԻՆ
ՄՏՐԵՍԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ճուռակախոտի կալլուսային կուլտուրայում որոշվել է սուպերօքսիդի սնու-տազի (ՍՕԴ) ակտիվությունը ջրածնի պերօքսիդի, 1.4 դիօքսանի և նատրիումի նիտրատի տարբեր կոնցենտրացիաների ազդեցության տակ: Ճուռակախոտի կալլուսը 7MM ջրածնի պերօքսիդի լուծույթով մշակելու դեպքում ՍՕԴ-ի ակտի-վությունը ընկնում է մոտավորապես երկու անգամ: Նման պատկեր դիտվում է նաև կալլուսի վրա նատրիումի նիտրատի (NaNO₃) բարձր կոնցենտրացիաներով ազդելիս: Մինչդեռ օգտագործվող 1.4 դիօքսանը բարձրացնում է ՍՕԴ-ի ակտի-վությունը:

Զննարկվում է կալլուսային կուլտուրայի օգտագործման հնարավորությունը որպես փորձնական համակարգ բույսերի օքսիդային ստրեսը ուսումնասիրելու համար:

УДК 582. 287: 620. 193. 82

ГРИГОРЯН К.М., ЮСЕФ О.А.

КОНСПЕКТ ВИДОВ РОДОВ ASPERGILLUS MICH И PENICILLIUM α_k ,
ВЫЯВЛЕННЫХ В ИМПОРТНОЙ МУКЕ, ПОСТУПИВШЕЙ В АРМЕНИЮ

Зернопродукты составляют основу питания населения, поэтому сохранение их качества, в т.ч. удовлетворительного санитарно-гигиенического состояния имеет большое здравоохранительное значение. Плесневые грибы, интенсивно развиваясь в муке при неблагоприятных условиях транспортировки и хранения, ухудшают ее технологическое качество. Одним из отрицательных последствий поражения муки микроорганизмами является накопление в ней высокоокислительных канцерогенных соединений -- микотоксинов.

В литературе имеются сообщения о нахождении в муке грибных контаминантов, среди которых преобладают виды родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Так, в работе [1] показана загрязненность 70% образцов муки микроорганизмами из рода *Aspergillus*, причем степень засоренности отдельных образцов -- КОЕ достигала до 2×10^5 . Идентичные результаты получены [2] при изучении загрязненности муки афлатоксинпродуцирующими штаммами. В 238 образцах муки преобладали грибы из родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Афлатоксин В₁ был зарегистрирован в 76,8 % образцов муки, контаминированной видом *A. flavus*.

Представляемая статья является частью исследований по контаминированности грибами пищевых продуктов, проводимых на кафедре ботаники под руководством академика ИАН Л.Л. Осипян.

В настоящем сообщении делается попытка впервые составить список видов грибов, загрязнявших муку, поступившую в Армению из разных стран в течение 1996-97 гг.

Из опробованных общепринятых методов выявления чистых культур грибов наиболее оптимальным признан в наших исследованиях метод разведения, включающий встряхивание суспензии с 10-минутным осаждением и глубинным посевом в питательную среду окситетрациклин-глюкоза-дрожжевой агар. Видовую принадлежность определяли по [3-8].

В результате анализа 20-ти образцов импортированной муки выделено 25 видов грибов, принадлежащих родам *Penicillium* и *Aspergillus*. По видовому разнообразию преобладают представители рода *Penicillium* -- 14 видов. У представителей рода *Aspergillus*, хотя и выявлено меньшее число видов, но они доминируют по частоте встречаемости, среди них высокой частотой встречаемости отличаются *A. flavus* (15шт.), *A. niger* (10шт.), *A. fumigatus* (7шт.). Все три вида известны как токсигенные, продуцирующие микотоксины -- афлатоксины, фумитоксины и др.

Ниже приводится список видов *Penicillium* и *Aspergillus*, выделенных из муки, с указанием страны поставщика. Виды в пределах рода расположены в алфавитном порядке.

1. *Penicillium atroventum* Smith.- Италия, 1997.
2. *Penicillium claviforme* Bain.- Италия, 1997.
3. *Penicillium corymbiferum* Westl.- Турция, 1996.
4. *Penicillium crustosum* Thom - Турция, 1997.
5. *Penicillium cyclopium* Thom - Индия, 1997; Болгария, 1996.
6. *Penicillium decumbens* Thom - Индия, 1997.
7. *Penicillium diversum* Raper et Fennel - Италия, 1997.
8. *Penicillium fellutanum* Biourg. - Турция, 1997.
9. *Penicillium funiculosum* Thom - Италия, 1997.
10. *Penicillium griseo-purpureum* Smith. - Италия, 1997.
11. *Penicillium lanosum* Westl. - Италия, 1996, 1997.
12. *Penicillium luteo-auranticum* Smith. - Италия, 1997.
13. *Penicillium madriti* Smith. - Италия, 1997.
14. *Penicillium purpurogenum* Stoll. - Италия, 1996.
15. *Aspergillus amstelodami* (Mangin) Thom - Турция, 1997.
16. *Aspergillus candidus* Link - Италия, 1997, Индия, 1996, 1997.
17. *Aspergillus clavatus* Desm. - Индия, 1996; Италия, 1997.
18. *Aspergillus flavus* Link - Индия, 1996, 1997; Италия, 1996.
19. *Aspergillus fumigatus* Fres. - Индия, 1996, 1997; Италия, 1996.
20. *Aspergillus lanosus* Kamal Barg. - Турция, 1996.
21. *Aspergillus niger* v. Tiegh. - Индия, 1996, 1997; Турция, 1996, 1997.
22. *Aspergillus ochraceus* Wilhel. - Индия, 1996.
23. *Aspergillus oryzae* (Ahlb.) Cohn. - Турция, 1996, 1997.
24. *Aspergillus terreus* Thom - Италия, 1997; Индия, 1996.
25. *Aspergillus thomii* Smith. - Испания, 1997.

Кафедра ботаники

Поступило 29.12.1997

ЛИТЕРАТУРА

1. Лозбин Л.И., Шенцова Т.А., Македон И.Ю., Марова М.С., Яремко С.В., Диденко Н.Ю., Борщ Г.Г., Григорьева Н. - Токсикообразующие грибы рода *Aspergillus* в растительных пищевых продуктах. Алма-ата, 1979, 250 с.
2. Halt M. - *Aspergillus flavus* and aflatoxin B₁ in flour production. - Eur.J. Epidimiol, 1994 , v.10, № 5 p. 555-558.
3. Пидопличко Н.М. - Пенциллины (ключ для определения видов). Киев: Наукова думка, 1972, 150с.
4. Билай В.И., Коваль Э.З. - Аспергиллы (определитель). Киев: Наукова думка, 1988, 204с.
5. Pitt J. I. - The genus *Penicillium* and its teleomorphic states *Eupenicillium* and *Talaromyces*. London: Acad. Press, 1979, 634 p.
6. Raper K.B., Thom Ch. A. - Manual of the *Penicillia*. Baltimore, 1949, 817 p.
7. Raper K.B., Fennel Austwick P.K.C. - The genus *Aspergillus*. Baltimore, 1956, 686 p.
8. Samson R.A., Pitt J.I. - Advances in *Penicillium* and *Aspergillus* sistematies.- London: Plenum press, 1985, 410p.

Կ.Մ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Օ.Ա. ՅՈՒՍԵԶ

ՀԱՅԱՍՏԱՆ ՆԵՐՄՈՒԾՎՈՂ ԱԼՅՈՒՐՈՒՄ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՎԱԾ ASPERGILLUS ԵՎ PENICILLIUM ՑԵՂԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ԿՈՆՍՊԵԿՏ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Առաջին անգամ Հայաստանում ուսումնասիրված են ներմուծվող ալյուրի սնկային կոնտամինանտներ: Հայտնաբերված են *Aspergillus*-ի և *Penicillium*-ի 25 տեսակներ, որոնցից ամենահաճախ հանդիպողներն են *A. flavus*, *A. niger*, *A. fumigatus* տեսակները:

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

А.В. Колян - Трехмерное пространство Френс.....	3
А.С. Машурич - М - арифметики и их модели.....	8
Г.А. Карапетян, А.Г. Петросян - Решение вырождающихся полуэллиптических уравнений в полупространстве.....	13

МЕХАНИКА

В.Р. Барсегян - Об оптимальном управлении колебаниями мембраны при фиксированных промежуточных состояниях.....	24
Э.Х. Григорян, А.С. Акопян - Контактная задача для клина, вдавливаемого симметрично расположенными конечными и полубесконечными балками.....	30

ФИЗИКА

А.С. Чиркинян - Эффект Франца-Келдыша в тонкой полупроводниковой проволоке типа А ³ В ⁵	41
Г.М. Мовсисян, Г.Ш. Петросян - Дифференциальные спектры отражения кристаллов селенида кадмия, легированного медью.....	47

ХИМИЯ

М.Г. Геворкян, С.Ш. Яврян, Н.Я. Саркисян - О скорости распада H ₂ O ₂ в различных слоях трех подтипов горно-луговых почв.....	50
Н.О. Геокчян, Дж.А. Микаелян, А.А. Егиазарян, А.Г. Хачатрян - Исследование экстракции бромаурата золота (III) с основным красителем азинового ряда нейтральным красным экстракционно-абсорбциометрическим методом в сернокислой среде.....	59

БИОЛОГИЯ

С.П. Оганисян, М.А. Давтян, Л.Е. Лачинян, А.Р. Папоян - Активность глутамат- и аланин-дегидрогеназ в субклеточных фракциях <i>Asp. niger</i> R-3.....	63
А.А. Амбарцумян, П.В. Тозалакян, А.Н. Арзуманян, Дж. А. Агаджанян, М.Т. Петросян, Ю.Г. Попов - Изучение фенилаланин-аммиак-лиазной активности каллусных культур <i>Nigelasium cinnabatum</i> Fries и <i>Helianthus tuberosus</i> L.....	67
А.О. Оганисян, С.А. Акопян, С.М. Мипасян, А.Ж. Акопян, К.Р. Оганисян - Влияние фаз Луны на работу сердца.....	72
М.А. Карапетян, Н.С. Акопян, Н.В. Саркисян - Электрофизиологическая характеристика специфических и неспецифических вызванных ответов в динамике кислородной недостаточности.....	76

ГЕОЛОГИЯ

Г.П.Симонян, С.П. Бальян, О.Х. Чилиян, Л.С. Назарян - Краткий обзор неотектонических исследований территории Армении и смежных районов (М. Кавказ).....	82
Р.С. Минасян, В.П. Вардакян - Уточнение пространственного положения подземных водотоков на основании статистического анализа полевых данных.....	88

ГЕОГРАФИЯ

- А.Т. Григорян – О сроках и частоте наблюдения температуры речных вод горных стран (на примере Республики Армения)..... 93

СООБЩЕНИЯ

- М.Л. Ерицян, Ф.О. Карапетян, С.К. Григорян - Радиальная полимеризация акриловой кислоты в присутствии поливинилового спирта..... 97
- Г.Г. Дарбинян, Г.Н. Шапошникова, А.Г. Хачатрян - Основные органические красители как амперометрические реагенты. XIV. Исследование взаимодействия анионных комплексов золота (III) и палладия (II) с сафранином Т 100
- Д.Р. Андреасян, Р.Т. Мкртчян, С.К. Григорян, Ж.Х. Григорян - Получение особо чистого фторида бария 103
- Н.А. Оганесян, М.Г. Свапян, Дж.А. Агаджанян, М.Т. Петросян, Ю.Г. Попов - Влияние окислительного стресса на активность супероксид-дисмутазы каллусной культуры *Hieracium cinnatum* Fries 106

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

- К.М. Григорян, О.А. Юсеф - Конспект видов родов *Aspergillus* и *Penicillium*, выявленных в импортной муке, поступившей в Армению 109

CONTENTS

MATHEMATICS

A.V. Kolian – Three – dimensional space of Frenc	3
A.S. Mashourian – M - arithmetics and their models	8
G.A. Karapetian, A.H. Petrosian - Solution of degenerating semielliptic equations in halfspace	13

MECHANICS

V.R. Barseghyan - On the optimal control of membranes vibrations under fixed intermedeate states	24
E.Kh. Grigorian, A.S. Hakobian – Herz problem for a wedge, which is symmetrically stamped by finite and semi-infinite beams	30

PHYSICS

A.S. Chirkinian - Franz – Keldysh effect in thin A^1B^1 type semiconductor wire.	41
H.M. Movsessian, H.Sh. Petrossian – Differential reflection spectra of cadmium selenide crystals doped with copper	47

CHEMISTRY

M.G. Guevorkian, S.Sh. Yavrian, N.Ja. Sarkissian – On the H_2O_2 decomposition rate in different layers of three subtypes of mountainous meadow soils.....	50
N.O. Geokchian, J.A. Mikaelian, A.A. Egiazarian, H.G. Khachatryan – Study of bromoaurate (III) extraction with basic dye of azine ron neutral red by extraction – absorpionetric method in sulfuric acid media	59

BIOLOGY

S.P. Hovhannessian, M.A. Davtian, L.E. Latchynian, A.R. Papoyan – Glutamate - and alanine - dehydrogenases activity in subcellular fractions of Asp. niger R-3.....	63
A.A. Hambartsumian, P.V. Tozalakian, A.N.Arzumanian, J.A.Aghadjanian, M.T.Petrossian, Yu.G.Popov – Study of phenylalanine-ammonia-lyase activity of hawkweed and topinambur callus cultures	67
H.H. Hovhannessian, S.A. Hakopian, S.M.Minassian, A.J. Hakopian, K.R. Hovhannessian - Moon phases influence on heart work.....	72
M.A. Karapetian, N.S. Hakobian, N.V. Sarkissian – Electrophysiological characteristics of specific and non-specific caused responses in oxygen deficiency dynamics	76

GEOLOGY

G.P. Simonian, S.P.Balian, H.Kh. Chilian, L.S. Nazarian – Brief commentary of neotectonic studies of Armenia and neighboring regions (Small Caucasus)	82
R.S. Minassian, V.P. Vardanian – More precise definition of underground streams spatial position on the basis of field data statistical analysis	88

GEOGRAPHY

- A.T. Grigorian** – About terms and frequency of mountainous countries river waters temperature observation (on the pattern of Republic of Armenia)..... 93

COMMUNICATIONS

- M.L. Eritzyan, F.H. Karapetian, S.K. Grigorian** – Acrylic acid radical polymerization in the presence of polyvinylalcohol..... 97
- H.H. Darbinian, G.N. Shaposhnikova, H.G. Khachatryan** – Basic organic dyes as amperometric reagents. XIV. Study of the interaction of anionic complexes of gold (III) and paladium (II) with safranin T..... 100
- J.R. Andreassian, R.T. Mkrтчian, S.K. Grigorian, Zh.Kh. Grigorian** – Receipt of high purity barium fluoride..... 103
- N.A. Hovhannessian, M.G. Snapián, J.A. Aghadjanian, M.T. Petrossian, Yu.G. Popov** – Influence of the oxidative stress on superoxide dismutase activity in Hieracium cincinnatum Fries callus culture..... 106

LETTER TO THE EDITOR

- K.M. Grigorian, O.A. Youssef** – Synopsis of species of genera *Aspergillus* and *Penicillium* revealed in imported flour brought to Armenia..... 109

Հրատարակվում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից՝ պարբերաբար):

Издается с 1925 г. (с 1967 г. - периодически).

ԽՄԽԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒԵԳԻԱ

ՏԵՐ-ԱՆՏՈՆՅԱՆ Վ.Մ. (*գլխ. խմբագիր*), ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (*գլխ. խմբագիր
տեղակար*), ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (*պատ. քարտուղար*)
ԱՌԱՋԵԼՅԱՆ Ն.Հ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Ա., ԲԱԼՅԱՆ Ս.Պ., ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ Ն.Ս.,
ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Վ.Մ., ՀՈՎՍՍԵՓՅԱՆ
Լ.Լ., ՇԱՀԲԱԳՅԱՆ Ռ.Լ., ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՍԱՀԱԿՅԱՆ Գ.Ա., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Հ.Հ.,
ՍԱՐԳՍՅԱՆ Վ.Ս., ՏՈՆՈՅԱՆ Ռ.Ն., ՓԱՓԱԶՅԱՆ Թ.Ա.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ТЕР-АНТОНЯН В.М. (*гл. редактор*), АРУТЮНЯН Р.М. (*зам. гл. редактора*),
ШАРАМБЕЯН Л.Т. (*отв. секретарь*)

ԱՅԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Ա., ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ Ն.Ս., ԱՐՄԵՆՅԱՆ Վ.Մ., ԲԱԼՅԱՆ Ս.Պ., ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ Ն.Ս.,
ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՕՍԻՊՅԱՆ Լ.Լ., ՊԱՓԱՅԱՆ Կ.Ա., ՏԱԿՅԱՆ Գ.Ս., ՏԱՐԿԻՍՅԱՆ Վ.Ս.,
ՏԱՐԿԻՍՅԱՆ Ռ.Լ., ԹՈՆՅԱՆ Ռ.Ն., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ԿՈՒԲԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՏԱԿԲԱԳՅԱՆ Ռ.Լ.

Издательство Ереванского университета
© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки, 1998

Сдано в производство 04.04.1998 г. Подписано к печати 04.08. 1998 г. Формат 70x108
1/16. Офсетная печать. 7,25 печ. л = 10,15 усл. п. л. 12,32 уч. изд. л. Заказ 84. Тираж 250.
Регистрационный номер 258.

Издательство Ереванского госуниверситета, Ереван, Ал. Манукяна 1.
Цех "Ротапринт" Ереванского госуниверситета, Ереван, Ал. Манукяна 1.

