ISSN 0132-0173

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

2
1995

ԵՐԵՎԱՆ
ЕРЕВАН

Հանդեսը լույս է տեսնում տարին 3 անգամ:
Հրատարակվում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից պարբերաբար):

Журнал выходит 3 раза в год.
Издается с 1925 г. (с 1967 г. - периодически).

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

ՏԵՐ-ԱՆՏՈՆՅԱՆ Վ.Մ. (*գլխ. խմբագիր*), ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (*գլխ. խմբագրի տեղակալ*), ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (*պատ. քարտուղար*)
ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ Ն.Հ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Ա., ԲԱԼՅԱՆ Ս.Պ., ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ Ն.Մ., ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Վ.Մ., ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ 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*)

АВЕТИСЯН А.А., АРАКЕЛЯН Н.У., АРУТЮНЯН В.М., БАЛЯН С.П., БЕЙЛЕРЯН Н.М., ДАНИЕЛЯН Э.А., ОСИПЯН Л.Л., ПАПАЗЯН Т.А., СААКЯН Г.С., САРКИСЯН В.С., САРКИСЯН О.А., ТОНОЯН Р.Н., ХАЧАТРЯН И.Г., ЧУБАРЯН Э.В., ШАХБАГЯН Р.Л.

Издательство Ереванского университета
© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки, 1995

Сдано в производство 13.12.95 г. Подписано к печати 25.12.96 г. Формат 70x108 1/16.
Офсетная печать 7,25 печ. л = 11 усл. п. л. Заказ 187. Тираж 300.
Регистрационный номер 258.

Издательство Ереванского госуниверситета. Ереван, Ал. Манукяна 1.
Цех "Ротапринт" Ереванского госуниверситета, Ереван, Ал. Манукяна 1.

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ | 2.(183).1995 | Естественные науки

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ս.Ս. Դավիդով - Մուֆանգի գերնույնությունները կոնույնություններով հակադարձելի հանրահաշիվներում 3

Թ.Ա. Թովմասյան - Ռացիոնալ մատրից-ֆունկցիաների որոշ դասերի ադիտիվ իրացման մասին 13

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Վ.Ս. Սարգսյան, Ս.Վ. Սարգսյան, Վ.Ժ. Հայրապետյան - Էլիպսական կիսաօղակաձև լայնական կտրվածքով անիզոտրոպ պրիզմատիկ ձողի ոլորումը 22

ՖԻԶԻԿԱ

Գ.Հ. Հարությունյան, Ա.Է. Մալումյան, Վ.Վ. Պապոյան, Ե.Ս. Հովհաննիսյան - Ինքնաձգողական կոնֆիգուրացիաների շառավղային բաբախումները Յորդան - Բրանս - Դիկկեի տեսության սահմաններում: I 27

Հ.Ս. Երիցյան, Գ.Ա. Վարդանյան, Ա.Հ. Գևորգյան, Ժ.Հ. Նինոյան - Գերհաղորդականության անցման վերին ջերմաստիճանային սահմանին հարող միջակայքում նյութի պարամետրերի փորձարարական ուսումնասիրության մի եղանակի մասին 33

Ա.Հ. Գևորգյան, Ա.Մ. Սեդրակյան - Անիզոտրոպ և իզոտրոպ միջավայրերում բևեռացման հարթության պտույտի ուժեղացման և բևեռացման ազիմուտի կայունացման մի շարք առանձնահատկությունները 36

ՔԻՄԻԱ

Ա.Ս. Սաղյան, Ս.Մ. Ժամհարյան, Գ.Լ. Գրիգորյան, Ս.Կ. Գրիգորյան, Յու.Ն. Բելոկոն - Գլիցինից D-ալանինի ասիմետրիկ սինթեզը խիրալային ռեագենտի շիֆի հիմքերի Ni(II) կոմպլեքսների միջոցով 42

Գ.Ա. Սիմոնյան, Ռ.Մ. Հակոբյան, Ն.Մ. Բեյլերյան - Ջրում ակրիլամիդ - պիպերիդին և ակրիլամիդ - մորֆոլին ռեակցիաների կինետիկան 48

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Կ.Գ. Ազարյան, Լ.Ի. Ցանինա, Ժ.Վ. Ծովյան, Մ.Ք. Չայլախյան - ССС - ի և կինետինի ազդեցությունը կարտոֆիլի և գետնատանձի պալարագոյացման վրա 50

Ջ.Հ. Աբրահամյան, Ի.Վ. Ճահազիզյան - ԳԱՄ «Պլաստպոլիմեր» - ի թափոնների ներգործությունը հողի միկրոմիցետների կոմպլեքսների վրա 56

Վ.Ս. Ղուլյան, Ծ.Ի. Ադամյան, Ս.Մ. Մինասյան - Կեղևախույս ազդեցությունը երկարավուն ուղեղի անդաստակային նեյրոնների վրա 60

Մ.Լ. Գևորգյան, Մ.Ա. Դավթյան, Ա.Գ. Գրիգորյան - pH - ի ազդեցությունը արգինազայի կատալիտիկ ռեակցիայի կինետիկ պարամետրերի վրա 66

Մ.Գ. Թասլախչյան, Ս.Գ. Նանագյուլյան, Մ.Ա. Դավթյան, Հ.Հ. Սեմերջյան, Ռ.Գ. Խաչատրյան, Ն.Ջ. Կիրակոսյան - Որոշ բազիդիալ մակրոմիցետների ցելյուլոլիտիկ ֆերմենտների ակտիվությունը կախված ածխածնային սննդառության աղբյուրից 70

Է. Խ. Բարսեղյան, Ն.Ա. Արծրունի, Մ.Ա. Դավթյան - Ֆունկցիոնալ ՏԻ - խմբերի դերը Rana ridibunda գորտի լյարդի արգինազի հետադարձ ինակտիվացման պրոցեսում 75

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ս.Ի. Բալասանյան - Երկրի քիմիական կազմի էվոլյուցիայի պրոբլեմի շուրջը 79

ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ռ.Խ. Գագինյան - Սևանա լճի մակարդակի արհեստական իջեցման հետևանքով նրա առափնյա գոտում լիճը թափվող գետերի ռելիեֆագոյացնող պրոցեսները 89

Պ.Գ. Դավթյան - Վայք - Ջանգեզուրի ջրագրական·ցանցի պատկերի առանձնահատկությունների դերը սելավառաջացման գործում 95

ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

Մ.Ա. Նավասարդյան, Ց.Մ. Նավասարդյան, Ռ.Ց. Գաբրիելյան - Ջայնային հաճախությամբ մոդուլացված ռենտգենյան ճառագայթների կուլնանման արձագանքը ատոմների ընդերքից 99

Ս.Գ. Երվանդյան, Ա.Խ. Դրամփյան, Մ.Հ. Գալուկյան, Ս.Ն. Մարտիրոսյան, Ս.Գ. Միքայելյան, Ի.Գ. Բունիաթյան, Ռ.Մ. Հարությունյան - Վիրուսազերծ կարտոֆիլի մոլեկուլային կենսաբանական և բջջասաղմնաբանական ուսումնասիրությունը 103

Կ.Ա. Ջիվանյան, Կ.Ս. Տեր - Օհանյան - Թռչունների վերականգնվող լյարդում և ենթաստամոքսային գեղձում միջհյուսվածքային փոխազդեցությունների մասին 105

ՆԱՄԱԿ ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅԱՆԸ

Է.Լ. Մկրտումյան - Մնացորդների մատրիցներ 107

Վլադիմիր Սարգսի Սարգսյան (ծննդյան 60 - ամյակի առթիվ) 109

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Математика

УДК 517. 12

С.С.ДАВИДОВ

СВЕРХТОЖДЕСТВА МУФАНГ В ОБРАТИМЫХ АЛГЕБРАХ С КОТОЖДЕСТВАМИ

Исследование котождеств начато в работе [1] (см.также [4]), В настоящей работе рассматриваются бинарные обратимые алгебры с котождествами и сверхтождествами Муфанг. Исследуется связь таких алгебр с коммутативными лупами Муфанг.

Бинарная алгебра $< Q;\Sigma >$ называется обратимой, если для всех $a\in Q$, $X\in\Sigma$ отображения $L_{x,a}: x\to X(a,x)$, $R_{x,a}: x\to X(a,x)$, называемые соответственно левой и правой трансляциями, - биекции. Будем говорить, что алгебра $< Q;\Sigma >$ удовлетворяет N_{α_x} -закону (N^{α_x} -закону), если для любых $a,b,c\in Q$, $X,Y\in\Sigma$ выполняется условие

$$Y\{X[\alpha_X(a),a],X(b,c)\}=X\{Y[\alpha_X(a),b],Y(a,c)\}$$

$$\left(Y\{X(b,c),X[\alpha_X(a),a]\}=X\{Y[b,\alpha_X(a)],Y(c,a)\}\right),$$

где α_x - некоторое отображение из Q в Q, зависящее от операции $X\in\Sigma$.

Пусть $Q(\cdot)$ - лупа и α - некоторое отображение лупы в себя. Через $N(Q(\cdot))$ будем обозначать ядро лупы $Q(\cdot)$ [4]. Будем говорить, что α - ядерное отображение, если $\alpha(x)\cdot x^{-1}\in N(Q(\cdot))$ для каждого $x\in Q$.

Следующее предложение доказано в [2].

Предложение I. Пусть $Q(\cdot)$ - коммутативная лупа и α - отображение этой лупы в себя. Тогда следующие условия эквивалентны:

(i). $Q(\cdot)$ удовлетворяет N_α- закону;

(ii) $Q(\cdot)$ - лупа Муфанг и α - ядерное отображение.

Далее будем рассматривать бинарную обратимую алгебру $< Q;\Sigma >$ со следующими сверхтождествами:

$$X[Y(x,x),Y(y,z)]=Y[X(x,y),X(x,z)], \qquad (1)$$

$$X[Y(y,z),Y(x,x)]=Y[X(y,x),X(z,x)]. \qquad (2)$$

Предположим,что в этой алгебре $< Q;\Sigma >$ существует такой элемент $a\in Q$, что выполняется котождество $X(a,a)=Y(a,a)$. Обозначим $X(a,a)=b$. Тогда легко можно доказать следующие соотношения между трансляциями такой алгебры:

I. $L^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{x,b}=R^{-1}_{x,a}L^{-1}_{Y,b}$,

II. $R^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{x,b}=R^{-1}_{x,a}R^{-1}_{Y,b}$,

III. $L^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b} = L^{-1}_{X,a}L^{-1}_{Y,b}$,

IV. $L_{X,b}[Y(x,y)] = Y[L_{X,a}(x), L_{X,a}(y)]$,

V. $L^{-1}_{X,b}[Y(x,y)] = Y[L^{-1}_{X,a}(x), L^{-1}_{X,a}(y)]$,

VI. $R_{X,b}[Y(x,y)] = Y[R_{X,a}(x), R_{X,a}(y)]$,

VII. $R^{-1}_{X,b}[Y(x,y)] = Y[R^{-1}_{X,a}(x), R^{-1}_{X,a}(y)]$.

Предложение 2. Пусть обратимая алгебра $< Q;\Sigma >$ удовлетворяет сверхтождествам (1), (2) и существует $a \in Q$ такой, что выполняется котождество $X(a,a)=Y(a,a)$.

Положим $X(a,a)=b$, $X(b,b)=c$ и для всех x,y$\in Q$

$x \underset{X}{\circ} y = X\left[R^{-1}_{X,b}(x), L^{-1}_{X,b}(y)\right]$. Тогда

(I) $< Q;\left\{\underset{X}{\circ}\right\} >$ есть система луп с общей единицей $j=c$;

(II) $< Q;\left\{\underset{X}{\circ}\right\} >$ удовлетворяет N_{α_X} - закону для $\alpha_X = R_{X,b}L^{-1}_{X,b}$;

(III) $< Q;\left\{\underset{X}{\circ}\right\} >$ удовлетворяет N^{α_X} - закону для $\alpha_{X=}R_{X,b}L^{-1}_{X,b}$;

(IV) $\alpha_X\left(x \underset{Y}{\circ} y\right) = \alpha_X(x) \underset{Y}{\circ} \alpha_X(y)$ для всех x, y$\in$Q, X$\in\Sigma$;

(V) $< Q;\left\{\underset{X}{\circ}\right\} >$ коммутативна тогда и только тогда, когда выполняется котождество X [X (b,x), X (y,b)] = X[X(b,y), X (x,b)] для любых x, y$\in$ Q.

Доказательство.

(i). Очевидно

(ii). Найдем связь между операциями x, y. Имеем

$$R^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{X,b}\left[\alpha_X(x)\right] = R_{Y,a}R^{-1}_{X,b}R_{X,b}L^{-1}_{X,b}(x) = R^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x).$$

Используя это равенство, а также (I), I, II, III, Y, YII, будем иметь

$$\left[\alpha_X(x) \underset{X}{\cdot} x\right] \underset{Y}{\cdot} \left(y \underset{X}{\cdot} z\right) = Y\left\{R^{-1}_{Y,b}\left[\alpha_X(x) \underset{X}{\cdot} x\right],\ L^{-1}_{Y,b}\left(y \underset{X}{\cdot} z\right)\right\} =$$

$$= Y\left\{R^{-1}_{Y,b}\left[X\left[R^{-1}_{X,b}(\alpha_X(x)),\ L^{-1}_{X,b}(x)\right]\right],\ L^{-1}_{Y,b}\left[X\left[R^{-1}_{X,b}(y), L^{-1}_{X,b}(z)\right]\right]\right\} =$$

$$= Y\left\{X\left[R^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{X,b}(\alpha_X(x)),\ R^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x)\right],\ X\left[L^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{X,b}(y), L^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{Y,b}(z)\right]\right\} =$$

$$= Y\left\{X\left[R^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x),\ R^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x)\right], X\left[L^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{X,b}(y), L^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(z)\right]\right\} =$$

$$= X\left\{Y\left[R^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x), L^{-1}_{Y,a}R^{-1}_{X,b}(y)\right], Y\left[R^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x), L^{-1}_{Y,a}L^{-1}_{X,b}(x)\right]\right\} =$$

$$= X\left\{Y\left[R_{Y,a}^{-1}R_{X,b}^{-1}R_{X,b}L_{X,b}^{-1}(x), L_{Y,a}^{-1}R_{X,b}^{-1}(y)\right], Y\left[R_{Y,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(x), L_{Y,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(z)\right]\right\} =$$

$$= X\left\{Y\left[R_{Y,a}^{-1}R_{X,b}^{-1}(\alpha_X(x)), L_{Y,a}^{-1}R_{X,b}^{-1}(y)\right], Y\left[R_{Y,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(x), L_{Y,b}^{-1}L_{X,b}^{-1}(z)\right]\right\} =$$

$$= X\left\{Y\left[R_{X,a}^{-1}R_{Y,b}^{-1}(\alpha_X(x)), R_{X,a}^{-1}L_{Y,b}^{-1}(y)\right], Y\left[L_{X,a}^{-1}R_{Y,b}^{-1}(x), L_{X,a}^{-1}L_{Y,b}^{-1}(z)\right]\right\} =$$

$$= X\left\{R_{X,b}^{-1}\left[Y\left[R_{Y,b}^{-1}(\alpha_X(x)), L_{Y,b}^{-1}(y)\right]\right], L_{X,b}^{-1}\left[Y\left[R_{Y,b}^{-1}(x), L_{Y,b}^{-1}(z)\right]\right]\right\} =$$

$$= X\left\{R_{X,b}^{-1}\left[\alpha_X(x) \underset{Y}{:} y\right], L_{X,b}^{-1}\left(x \underset{Y}{:} z\right)\right\} = \left[\alpha_X(x) \underset{Y}{:} y\right] \underset{X}{:} \left(x \underset{Y}{:} z\right).$$

(iii). Аналогично (II).

(iv). $$L_{X,b}^{-1}R_{X,b}(x) = L_{X,b}^{-1}\left[X(x,b)\right] = X\left[L_{X,a}^{-1}(x), L_{X,a}^{-1}(b)\right] =$$

$$= X\left[L_{X,a}^{-1}(x), L_{X,a}^{-1}(X(a,a))\right] = X\left[L_{X,a}^{-1}(x), a\right] = R_{X,a}L_{X,a}^{-1}(x).$$

Таким образом

$$L_{X,b}^{-1}R_{X,b}(x) = R_{X,a}L_{X,a}^{-1}(x);$$

используя это равенство, а также I, Y, YI, получим

$$\alpha_X\left(x \underset{X}{:} y\right) = R_{X,b}L_{X,b}^{-1}\left\{X\left[R_{X,b}^{-1}(x), L_{X,b}^{-1}(y)\right]\right\} =$$

$$= R_{X,b}\left\{X\left[L_{X,a}^{-1}R_{X,b}^{-1}(x), L_{X,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(y)\right]\right\} = R_{X,b}\left\{X\left[R_{X,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(x), L_{X,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(y)\right]\right\} =$$

$$= X\left\{R_{X,a}R_{X,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(x), R_{X,a}L_{X,a}^{-1}L_{X,b}(y)\right\} = X\left\{L_{X,b}^{-1}(x), R_{X,a}L_{X,a}^{-1}L_{X,b}^{-1}(y)\right\} =$$

$$= X\left\{R_{X,b}^{-1}R_{X,b}L_{X,b}^{-1}(x), L_{X,b}^{-1}R_{X,b}L_{X,b}^{-1}(y)\right\} = \alpha_X(x) \underset{X}{:} \alpha_X(y).$$

(Y) Доказывается как и для группоидов (см. [2]).

Если $G=< Q;\Sigma>$ -обратимая алгебра, то через $D(G)$ обозначим следующее множество:

$$D(G) = \{x \mid X[X(x,y), X(z,x)] = X[X(x,z), X(y,x)], \forall\, y,z \in Q, \forall\, X \in \Sigma\}.$$

Теорема. Пусть $G=< Q;\Sigma>$ - обратимая алгебра и существует $a \in Q$ такой, что выполняются котождества

$$X(a,a) = Y(a,a),$$

$$X[a, Y(a,a)] = Y[a, X(a,a)],$$

$$X[Y(a,a), a] = Y[X(a,a), a],$$

$$X\{a, Y[X(a,a), X(a,a)]\} = Y\{a, X[X(a,a), X(a,a)]\},$$

$$X\{Y[X(a,a), X(a,a)], a\} = Y\{X[X(a,a), X(a,a)], a\}.$$

Тогда следующие условия эквивалентны:

(i). $G=<Q;\Sigma>$ удовлетворяет (1), (2) и $X(a,a)\in D(G)$;

(ii). существует коммутативная лупа Муфанг Q(∘), и системы ее автоморфизмов $\{\varphi_X\}, \{\psi_X\}$ такие, что $\varphi_X\varphi_Y=\varphi_Y\varphi_X$, $\psi_X\psi_Y=\psi_Y\psi_X$, $\varphi_X\psi_Y=\psi_Y\varphi_X$; $\varphi_X\psi_X^{-1}$ - ядерное отображение, и для всех $x,y\in Q$ и каждого $X\in\Sigma$ имеет место $X(x,y)=[\varphi_X(x)\circ\psi_X(y)]\circ q$, где $q\in Q$ и $\varphi_X(q)=\varphi_Y(q)$, $\psi_X(q)=\psi_Y(q)$.

Доказательство. $(i)\Rightarrow(ii)$. Обозначим $X(a,a)=b$ и введем новую систему операций

$$x\underset{X}{\circ}y=X\left[R_{X,b}^{-1}(x),L_{X,b}^{-1}(y)\right].$$

Согласно предложению 2 вновь полученная алгебра $<Q;\{\overset{\circ}{X}\}>$ удовлетворяет N_{α_X} - и N^{α_X} - законам, где $\alpha_X=R_{X,b}L_{X,b}^{-1}$, а согласно условию (i) X (a,a)∈ D (G), поэтому по предложению 2(Y) алгебра $<Q;\{\overset{\circ}{X}\}>$ будет коммутативной.

Однако, как доказано в [3,5] такая алгебра будет тривиальной, т.е. $\overset{\circ}{X}=\overset{\circ}{Y}$, и мы получаем лупу Q(∘).

Из предложения 1 следует, что Q(∘) - коммутативная лупа Муфанг и α_X - ядерное отображение. Используя Y1, запишем

$$R_{X,b}(x\circ y)=R_{X,b}\left(x\underset{X}{\circ}y\right)=R_{X,b}\left[X\left[R_{X,b}^{-1}(x),L_{X,b}^{-1}(y)\right]\right]=X\left[R_{X,a}R_{X,b}^{-1}(x),R_{X,a}L_{X,b}^{-1}(y)\right].$$

Введем обозначения

$$\gamma^X(x)=R_{X,b}R_{X,a}R_{X,b}^{-1}(x),$$
$$\delta^X(x)=L_{X,b}R_{X,a}L_{X,b}^{-1}(x)$$

Тогда

$$R_{X,b}(x\circ y)=X\left\{R_{X,b}^{-1}R_{X,b}R_{X,a}R_{X,b}^{-1}(x),L_{X,b}^{-1}L_{X,b}R_{X,a}L_{X,b}^{-1}(y)\right\}=$$
$$=X\left\{R_{X,b}^{-1}\gamma^X(x),L_{X,b}^{-1}\delta^X(y)\right\}=\gamma^X(x)\underset{X}{\circ}\delta^X(y)=\gamma^X(x)\circ\delta^X(y).$$

Так что

$$R_{X,b}(x\circ j)=R_{X,b}(x)=\gamma^X(x)\circ\delta^X(j)=\gamma^X(x)\circ m_X, \qquad (3)$$

$$R_{X,b}(j\circ y)=R_{X,b}(y)=\gamma^X(j)\circ\delta^X(y)=n_X\circ\delta^X(y), \qquad (4)$$

где j=X(b,b) - единица лупы Q(∘) и $\delta^X(j)=m_X$, $\gamma^X(j)=n_X$. По условию имеем X(a,a)=Y(a,a), X[Y(a,a),a]=Y[X(a,a),a], поэтому X(b,a)=Y(b,a); используя это, получим:

$$\delta^X(j)=L_{X,b}R_{X,a}L_{X,b}^{-1}(j)=L_{X,b}R_{X,a}L_{X,b}^{-1}\left[X(b,b)\right]=L_{X,b}R_{X,a}(b)=$$
$$=X\left[X(a,a),X(b,a)\right]=X\left[Y(a,a),Y(b,a)\right]=Y\left[X(a,b),X(a,a)\right]=$$

$$Y\left[Y(a,b),Y(a,a)\right]=Y\left[Y(a,a),Y(b,a)\right]=L_{Y,b}R_{Y,a}(b)=\delta^{Y}(j).$$

Таким образом $m_X=m_Y$, и мы будем обозначать их через m, т.е. $m_X=m$. Аналогично показывается, что $n_X=n_Y$, и будем обозначать их через n, т.е. $n_X=n$.

Из (3) и (4) имеем

$$\gamma^{X}(x)=R_{X,b}(x)\circ m^{-1}, \tag{5}$$

$$\delta^{X}(y)=R_{X,b}(y)\circ n^{-1}. \tag{6}$$

Отсюда получаем

$$R_{X,b}(x\circ y)=\gamma^{X}(x)\circ\delta^{X}(y)=\left[R_{X,b}(x)\circ m^{-1}\right]\circ\left[R_{X,b}(y)\circ n^{-1}\right]. \tag{7}$$

Однако

$$\alpha_X(m)=R_{X,b}L^{-1}_{X,b}(m)=R_{X,b}L^{-1}_{X,b}\delta^{X}(j)=R_{X,b}L^{-1}_{X,b}L_{X,b}R_{X,a}L^{-1}_{X,b}(j)=$$
$$=R_{X,b}R_{X,a}L^{-1}_{X,b}(j)=R_{X,b}R_{X,a}L^{-1}_{X,b}\left[X(b,b)\right]=R_{X,b}R_{X,a}(b)=$$
$$=R_{X,b}R_{X,a}R^{-1}_{X,b}\left[X(b,b)\right]=R_{X,b}R_{X,a}R^{-1}_{X,b}(j)=\gamma^{X}(j).\ \text{т.е. } \alpha_X(m)=n.$$

Так как α_X - автоморфизм лупы $Q(\circ)$, то $\alpha_X\left(m^{-1}\right)=n^{-1}$.

И мы можем применить N_{α_X} - закон к m^{-1}, тогда получим

$$R_{X,b}(x\circ y)=\left[R_{X,b}(x)\circ m^{-1}\right]\circ\left[R_{X,b}(y)\circ\alpha_X\left(m^{-1}\right)\right]=$$
$$=\left[R_{X,b}(x)\circ R_{X,b}(y)\right]\circ\left[m^{-1}\circ dx\left(m^{-1}\right)\right]=\left[R_{X,b}(x)\circ R_{X,b}(y)\right]\circ k_X^{-1},$$

где $k_X^{-1}=m^{-1}\circ\alpha_X\left(m^{-1}\right)=m^{-1}\circ n^{-1}=m^{-1}\circ\alpha_Y\left(m^{-1}\right)=k_Y^{-1}$.

Таким образом

$$R_{X,b}(x\circ y)=\left[R_{X,b}(x)\circ R_{X,b}(y)\right]\circ k^{-1} \tag{8}$$

Обозначим через φ_X следующее отображение:

$$\varphi_X(x)=R_{X,b}(x)\circ k^{-1}$$

Покажем гомоморфность этого отображения:

$$\varphi_X(x)\circ\varphi_X(y)=\left[R_{X,b}(x)\circ k^{-1}\right]\circ\left[R_{X,b}(y)\circ k^{-1}\right]=$$

$$=\left[k^{-1}\circ R_{X,b}(x)\right]\circ\left[R_{X,b}(y)\circ k^{-1}\right]=k^{-1}\circ\left\{\left[R_{X,b}(x)\circ R_{X,b}(y)\right]\circ k^{-1}\right\}=$$
$$=\left\{\left[R_{X,b}(x)\circ R_{X,b}(y)\right]\circ k^{-1}\right\}\circ k^{-1}$$

С другой стороны, согласно (8) имеем

$$\varphi_X(x\circ y)=R_{X,b}(x\circ y)\circ k^{-1}=\left\{\left[R_{X,b}(x)\circ R_{X,b}(y)\right]\circ k^{-1}\right\}\circ k^{-1}$$

Поэтому $\varphi_X(x \circ y) = \varphi_X(x) \circ \varphi_X(y)$, т.е. $\varphi_X \in AutQ(\circ)$.

Далее, $R_{X,b}(j) = R_{X,b}(j \circ j) = \left[R_{X,b}(j) \circ R_{X,b}(j)\right] \circ k^{-1}$. С другой стороны, так как $Q(\circ)$ является IP-лупой, то

$$R_{X,b}(j) = \left[R_{X,b}(j) \circ k\right] \circ k^{-1},$$

и поэтому

$$\left[R_{X,b}(j) \circ R_{X,b}(j)\right] \circ k^{-1} = \left[R_{X,b}(j) \circ k\right] \circ k^{-1},$$

сокращая, получим

$$R_{X,b}(j) = k. \tag{9}$$

Обозначив $L_{X,b}(j) = l_X$, будем иметь

$$L_{X,b}(j) = L_{X,b}\left[X(b,b)\right] = X\left[b, X(b,b)\right] = X\left[Y(a,a), Y(b,b)\right] =$$

$$Y\left[X(a,b), X(a,b)\right] = Y\left[Y(a,b), Y(a,b)\right] = L_{Y,b}(j), \text{ т.е. } l_X = l_Y. \text{ Определяя}$$

$$\psi_X(x) = L_{X,b}(x) \circ l^{-1},$$

аналогично показываем, что $\psi_X \in AutQ(\circ)$.

Далее будем иметь

$$\alpha_X(l) = R_{X,b} L_{X,b}^{-1}(l) = R_{X,b} L_{X,b}^{-1} L_{X,b}(j) = R_{X,b}(j) = k.$$

Таким образом $\alpha_X(l) = k$, поэтому $\alpha_X\left(l^{-1}\right) = k^{-1}$.

Из определения φ_X, ψ_X имеем

$$R_{X,b}(x) = \varphi_X(x) \circ k, \tag{10}$$

$$L_{X,b}(x) = \psi_X(x) \circ l, \tag{11}$$

$R_{X,b}(x) \circ L_{X,b}(y) = X\left[R_{X,b}^{-1} R_{X,b}(x), L_{X,b}^{-1} L_{X,b}(y)\right] = X(x,y)$, поэтому

$$X(x,y) = R_{X,b}(x) \circ L_{X,b}(y) = \left[\varphi_X(x) \circ k\right] \circ \psi_X(y) \circ l =$$

$$= \left[\varphi_X(x) \circ \alpha_X(l)\right] \circ \left[\psi_X(y) \circ l\right] = \left[\varphi_X(x) \circ \psi_X(y)\right] \circ \left[\alpha_X(l) \circ l\right] =$$

$$= \left[\varphi_X(x) \circ \psi_X(y)\right] \circ q_X,$$

где $q_X = \alpha_X(l) \circ l$, но так как $\alpha_X(l) = k = \alpha_Y(l)$, то $q_X = q_Y$.

Поэтому окончательно имеем

$$X(x,y) = \left[\varphi_X(x) \circ \psi_X(y)\right] \circ q. \tag{12}$$

Покажем теперь, что $\varphi_X(q)=\varphi_Y(q)$. Из котождеств в условии теоремы следует, что $X(j,a)=Y(j,a), X(a,j)=Y(a,j)$.

Поэтому

$$\varphi_X(q)=R_{X,b}(q)\circ k^{-1}=R_{X,b}(k\circ l)\circ k^{-1}=R_{X,b}\left\{X\left[R^{-1}_{X,b}(k),L^{-1}_{X,b}(l)\right]\right\}\circ k^{-1}=$$

$$=R_{X,b}\left\{X\left[R^{-1}_{X,b}R_{X,b}(j),\ L^{-1}_{X,b}L_{X,b}(j)\right]\right\}\circ k^{-1}=R_{X,b}\left[X(j,j)\right]\circ k^{-1}=$$

$$=R_{X,b}\left[Y(j,j)\right]\circ k^{-1}=Y\left[R_{X,a}(j),R_{X,a}(j)\right]\circ k^{-1}=Y\left[R_{Y,a}(j),R_{Y,a}(j)\right]\circ k^{-1}=$$

$$=R_{Y,b}\left[Y(j,j)\right]\circ k^{-1}=\varphi_Y(q).$$

Аналогично показывается, что $\psi_X(q)=\psi_Y(q)$.

Имеем $\psi^{-1}_X(x)=L^{-1}_{X,b}(x\circ l)$, действительно

$$\psi_X\psi^{-1}_x(x)=\psi_X\left[L^{-1}_{X,b}(x\circ l)\right]=L_{X,b}L^{-1}_{X,b}(x\circ l)\circ l^{-1}=(x\circ l)\circ l^{-1}=x.$$

$$\psi^{-1}_X\psi_X(x)=\psi^{-1}_X\left[L_{X,b}(x)\circ l^{-1}\right]=L^{-1}_{X,b}\left\{\left[L_{X,b}(x)\circ l^{-1}\right]\circ l\right\}=L^{-1}_{X,b}L_{X,b}(x)=x.$$

Поэтому будем иметь

$$\varphi_X\varphi^{-1}_X(x)=\varphi_X L^{-1}_{X,b}(x\circ l)=R_{X,b}L^{-1}_{X,b}(x\circ l)\circ\alpha_X\left(l^{-1}\right)=\alpha_X(x\circ l)\circ\alpha_X\left(l^{-1}\right)$$

$$=\alpha_X\left[(x\circ l)\circ l^{-1}\right]=\alpha_X(x),$$

и так как α_X - ядерное отображение, то ядерным будет также $\varphi_X\psi^{-1}_X$ для каждого $X\in\Sigma$.

Имеем $\varphi_Y(j)=R_{Y,b}(j)\circ k^{-1}$, и, как доказано выше, $R_{Y,b}(j)=k$, поэтому $\varphi_Y(j)=j$. Аналогично $\psi_Y(j)=j$. Поэтому

$$\varphi_X(q)=\varphi_X\left\{\left[\varphi_Y(j)\circ\psi_Y(j)\right]\circ q\right\},\qquad(13)$$

$$\psi_X\left\{\left[\varphi_Y(x)\circ\psi_Y\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)\right]\circ q\right\}=\psi_X\left\{\left[\varphi_Y(x)\circ q^{-1}\right]\circ q\right\}=\psi_X\varphi_Y(x)..\qquad(14)$$

Так как $\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)=\psi^{-1}_X\left(q^{-1}\right)$, то $\psi_X\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)=q^{-1}$.

Используя это, а также (13), (14), запишем

$$\left[\psi_X\varphi_Y(x)\circ\varphi_X(q)\right]\circ q=\left[\varphi_X(q)\circ\psi_X\varphi_Y(x)\right]\circ q=$$

$$=\left\{\left\{\varphi_X\left[\left(\varphi_Y(j)\circ\psi_Y(j)\right)\circ q\right]\circ\psi_X\left[\left[\varphi_Y(x)\circ\psi_Y\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)\right]\circ q\right]\right\}\circ q\right\}\circ q=$$

$$=\left\{\varphi_X\left[Y(j,j)\right]\circ\psi_X\left\{Y\left[x,\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)\right]\right\}\right\}\circ q=X\left\{Y(j,j),Y\left[x,\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)\right]\right\}=$$

$$=Y\left\{X(j,x),X\left[j,\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)\right]\right\}=\left\{\varphi_Y\left[X(j,x)\right]\circ\psi_Y\left\{X\left[j,\psi^{-1}_Y\left(q^{-1}\right)\right]\right\}\right\}\circ q=$$

$$= \left\{\varphi_Y\left\{\left[\varphi_X(j)\circ\psi_X(x)\right]\circ q\right\}\circ\psi_Y\left\{\left[\varphi_X(j)\circ\psi_X\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\right]\circ q\right\}\right\}\circ q =$$

$$= \left\{\left[\varphi_Y\psi_X(x)\circ\varphi_Y(q)\right]\circ\psi_Y\left(q^{-1}\circ q\right)\right\}\circ q = \left[\varphi_Y\psi_X(x)\circ\varphi_Y(q)\right]\circ q.$$

Таким образом $\left[\psi_X\varphi_Y(x)\circ\varphi_X(q)\right]\circ q = \left[\varphi_Y\psi_X(x)\circ\varphi_Y(q)\right]\circ q$, сокращая на q, потом на $\varphi_X(q)$, получим $\psi_X\varphi_Y = \varphi_Y\psi_X$.

Теперь покажем, что $\varphi_X\varphi_Y = \varphi_Y\varphi_X$,

$$\left[\varphi_X\varphi_Y(x)\circ\psi_X(q)\right]\circ q = \left\{\varphi_X\left[\left[\varphi_Y(x)\circ\psi_Y\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\right]\circ q\right]\circ\psi_X\left[\left[\varphi_Y(j)\circ\psi_Y(j)\right]\circ q\right]\right\}\circ q =$$

$$= \left\{\varphi_X\left\{Y\left[x,\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\right]\right\}\circ\psi_X\left[Y(j,j)\right]\right\}\circ q = X\left\{Y\left[x,\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\right],Y(j,j)\right\} =$$

$$= Y\left\{X(x,j),\ X\left[\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right),j\right]\right\} = \left\{\varphi_Y\left[X(x,j)\right]\circ\psi_Y\left\{X\left[\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right),j\right]\right\}\right\}\circ q =$$

$$= \left\{\varphi_Y\left[\left[\varphi_X(x)\circ\psi_X(j)\right]\circ q\right]\circ\psi_Y\left[\left[\varphi_Y\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\circ\psi_Y(j)\right]\circ q\right]\right\}\circ q =$$

$$= \left\{\left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_Y(q)\right]\circ\left[\psi_Y\varphi_Y\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\circ\psi_Y(q)\right]\right\}\circ q =$$

$$= \left\{\left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_Y(q)\right]\circ\left[\varphi_X\psi_Y\psi_Y^{-1}\left(q^{-1}\right)\circ\psi_Y(q)\right]\right\}\circ q =$$

$$= \left\{\left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_Y(q)\right]\circ\left[\varphi_X\left(q^{-1}\right)\circ\psi_Y(q)\right]\right\}\circ q,$$

$$\alpha_X\left[\psi_X(q)\right] = \alpha_X\left[L_{X,b}(q)\circ l^{-1}\right] = R_{X,b}L_{X,b}^{-1}\left[L_{X,b}(q)\circ l^{-1}\right] =$$

$$= R_{X,b}L_{X,b}^{-1}L_{X,b}(q)\circ R_{X,b}L_{X,b}^{-1}\left(l^{-1}\right) = R_{X,b}(q)\circ\alpha_X\left(l^{-1}\right).$$

Используя это, коммутативность и N_{α_Y}-закон, получим

$$\left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\alpha_Y\left(\psi_Y(q)\right)\right]\circ\left[\varphi_X\left(q^{-1}\right)\circ\psi_Y(q)\right] = \left\{\alpha_Y\left[\psi_Y(q)\right]\circ\psi_Y(q)\right\}\circ\left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_X\left(q^{-1}\right)\right] =$$

$$= \left\{\alpha_Y\left[\psi_Y(q)\right]\circ\psi_Y(q)\right\}\circ\left[\varphi_X\left(q^{-1}\right)\circ\varphi_Y\varphi_X(x)\right] = \left\{\alpha_Y\left[\psi_Y(q)\right]\circ\varphi_X\left(q^{-1}\right)\right\}\circ\left[\psi_Y(q)\circ\varphi_Y\varphi_X(x)\right] =$$

$$= \left[\varphi_Y(q)\circ\varphi_X\left(q^{-1}\right)\right]\circ\left[\psi_Y(q)\circ\varphi_Y\varphi_X(x)\right] = \left[\varphi_X(q)\circ\varphi_X\left(q^{-1}\right)\right]\circ\left[\psi_Y(q)\circ\varphi_Y\varphi_X(x)\right] =$$

$$= \left[\varphi_X\left(q\circ q^{-1}\right)\right]\circ\left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y(q)\right] = \left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y(q)\right].$$

Таким образом получаем

$$\left[\varphi_X\varphi_Y(x)\circ\psi_X(q)\right]\circ q = \left[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y(q)\right]\circ q.$$

Сокращая, получим, что $\varphi_X\varphi_Y = \varphi_Y\varphi_X$. Аналогично можно показать, что $\psi_X\psi_Y = \psi_Y\psi_X$.

(ii) $\Rightarrow$ (i). Так как $\varphi_X\psi_X^{-1}$ - ядерное отображение для каждого $X \in \Sigma$, то сог-

гласно предложению 1 лупа $Q(\circ)$ удовлетворяет $N_{\varphi_X\psi_X}^{-1}$-закону. Поэтому, исполь-зуя

$$\varphi_Y\varphi_X = \varphi_Y\psi_Y^{-1}\psi_Y\varphi_X = \varphi_Y\psi_Y^{-1}\varphi_X\psi_Y,$$

получим:

$$X\big[Y(x,x),Y(y,z)\big] = X\Big\{\big[\big(\varphi_Y(x)\circ\psi_Y(x)\big)\circ q\big],\big[\big(\varphi_Y(y)\circ\psi_Y(z)\big)\circ q\big]\Big\} =$$

$$= \Big\{\varphi_X\big[\big(\varphi_Y(x)\circ\psi_Y(x)\big)\circ q\big]\circ\psi_X\big[\big(\varphi_Y(y)\circ\psi_Y(z)\big)\circ q\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_X\varphi_Y(x)\circ\varphi_X\psi_Y(x)\big]\circ\varphi_X(q)\big]\circ\big[\big[\psi_X\varphi_Y(y)\circ\psi_X\psi_Y(z)\big]\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_X\varphi_Y(x)\circ\varphi_X\psi_Y(x)\big]\circ\varphi_X\psi_X^{-1}\psi_X(q)\big]\circ\big[\big[\psi_X\varphi_Y(y)\circ\psi_X\psi_Y(z)\big]\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_X\varphi_Y(x)\circ\varphi_X\psi_Y(x)\big]\circ\big[\psi_X\varphi_Y(y)\circ\psi_X\psi_Y(z)\big]\big]\circ\big[\varphi_X(q)\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_X\psi_Y(x)\big]\circ\big[\psi_X\varphi_Y(y)\circ\psi_X\psi_Y(z)\big]\big]\circ\big[\varphi_X(q)\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_Y\psi_Y^{-1}\varphi_X\psi_Y(x)\circ\varphi_X\psi_Y(x)\big]\circ\big[\psi_X\varphi_Y(y)\circ\psi_X\psi_Y(z)\big]\big]\circ\big[\varphi_X(q)\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_X\varphi_Y(y)\big]\circ\big[\varphi_X\psi_Y(x)\circ\psi_X\psi_Y(z)\big]\big]\circ\big[\varphi_X(q)\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_Y\psi_X(y)\big]\circ\big[\psi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y\psi_X(z)\big]\big]\circ\big[\varphi_X(q)\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_Y\psi_X(y)\big]\circ\big[\psi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y\psi_X(z)\big]\big]\circ\big[\varphi_X\psi_X^{-1}\psi_X(q)\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\big[\big[\varphi_Y\varphi_X(x)\circ\varphi_Y\psi_X(y)\big]\circ\big[\psi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y\psi_X(z)\big]\big]\circ\varphi_X(q)\big]\circ\big[\big[\psi_Y\varphi_X(x)\circ\psi_Y\psi_X(z)\big]\circ\psi_X(q)\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\varphi_Y\big[\big(\varphi_X(x)\circ\psi_X(y)\big)\circ q\big]\circ\psi_Y\big[\big(\varphi_X(x)\circ\psi_X(z)\big)\circ q\big]\Big\}\circ q =$$

$$= \Big\{\varphi_Y\big[X(x,y)\big]\circ\psi_Y\big[X(x,z)\big]\Big\}\circ q = Y\big[X(x,y),X(x,z)\big].$$

Аналогично доказывается сверхтождество (2). Теперь положим $x \underset{X}{*} y = X\left[R_{X,b}^{-1}(x), L_{X,b}^{-1}(y)\right]$ для всех $x, y \in Q$ и каждого $X \in \Sigma$. Тогда система луп $<Q;\left\{\underset{X}{*}\right\}>$ удовлетворяет N_{β_X}-закону, где $\beta_X = R_{X,b}L_{X,b}^{-1}$. Каждая квазигруппа $A \in \Sigma$ изотопна лупе $Q\left(\underset{A}{*}\right)$. Согласно условию каждая квазигруппа $A \in \Sigma$ изотопна коммутативной лупе Муфанг, но любая лупа, изотопная лупе Муфанг, сама будет лупой Муфанг, поэтому $Q\left(\underset{A}{*}\right)$ для каждого $A \in \Sigma$ будет лупой Муфанг и, следовательно, IP-лупой, т.е. в ней выполняется тождество

$$x \underset{A}{*}\left(x^{-A} \underset{A}{*} y\right) = y.$$

Но в лупе $Q\left(\underset{A}{*}\right)$ выполняется также тождество

$$x *_A \left(y *_A x^{-A} \right) = y ;$$

действительно, в N_{β_X} -законе, взяв последовательно $z = x^{-A}$, $y = 1_A$, получим

$$\left[\beta_A(x) *_A x \right] *_A \left(y *_A x^{-A} \right) = \beta_A(x) *_A y,$$

$$\left[\beta_A(x) *_A x \right] *_A z = \beta_A(x) *_A \left(x *_A z \right);$$

из этих двух равенств следует, что

$$\beta_A(x) *_A \left[x *_A \left(y *_A x^{-A} \right) \right] = \beta_A(x) *_A y,$$

и после сокращения получим требуемое тождество.

Поэтому $< Q; \left\{ *_X \right\} >$ будет коммутативной системой и согласно предложению 2 (У) получим, $X(a, a) \in D(G)$.

Теорема доказана.

Кафедра высшей алгебры и геометрии

Поступила 4.07.1994

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мовсисян Ю.М.** Котождества в алгебрах, ДАН Арм.ССР, XXVII, 1983, № 2.
2. **Керка Т.** Quasigroups wich satisfy certain generalized forms of abelian identity- Cas. Pest. Mat., 100, 1975, p. 46-60.
3. **Мовсисян Ю.М., Давидов С.С.** Об алгебрах со сверхтождествами дистрибутивности. Изв. вузов Арм. ССР, математика, 1985, №3.
4. **Мовсисян Ю.М.** Введение в теорию алгебр со сверхтождествами, Ер:Изд-во ЕГУ, 1986.
5. **Мовсисян Ю.М.** Сверхтождества и сверхмногообразия в алгебрах, Ер: Изд-во ЕГУ, 1990.

Ս.Ս. ԴԱՎԻԴՈՎ

ՄՈՒՖԱՆԳԻ ԳԵՐՆՈՒՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԿՈՆՈՒՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ՀԱԿԱԴԱՐՁԵԼԻ ՀԱՆՐԱՀԱՇԻՎՆԵՐՈՒՄ

Ամփոփում

Կոնույնությունների հետազոտումը սկսվել է [1] աշխատանքում (տես նաև [4])։ Այս աշխատանքում դիտարկվում են հակադարձելի հանրահաշիվներ, որոնք օժտված են կոնույնություններով և Մուֆանգի գերնույնություններով։ Հետազոտվում է կապը այսպիսի հանրահաշիվների և տեղափոխելի Մուֆանգի լուպաների միջև։

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Математика

УДК 517. 53; 512. 83

Т.А. ТОВМАСЯН

ОБ АДДИТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ РАЦИОНАЛЬНЫХ МАТРИЦ-ФУНКЦИЙ

В работе получено обобщение теоремы Кауэра о z-матрице 4n-полюсника класса CLT: матрица-функция $Z(\lambda)$ (порядка n) является z-матрицей 2n-полюсника класса CLT тогда и только тогда, когда имеют место следующие условия (в совокупности):

1) $Z(\lambda)$ рациональна и вещественна, $\overline{Z(\bar{\lambda})} \equiv Z(\lambda)$;

2) $Z(\lambda) + Z^*(\lambda) \geq 0$, $\mathrm{Re}\lambda > 0$;

3) $Z(\lambda) + Z^*(\lambda) = 0$, $\mathrm{Re}\,\lambda = 0$;

4) $Z'(\lambda) \equiv Z(\lambda)$.

Доказана аналогичная теорема для матрицы-функции класса CLGT(G-гиратор).

I.В этой работе объектами исследования являются различные классы пассивных 2n-полюсников (с сосредоточенными параметрами) и связанные с ними некоторые классы рациональных матриц-функций.

Под 2n-полюсником подразумевается электрическое устройство N, имеющее n пар зажимов, посредством которых оно включается в различные, внешние по отношению к нему, цепи (рис. 1). Каждая пара зажимов считается замкнутой некоторой ветвью с соответствующим током и напряжением. Совокупностью этих "внешних" ветвей моделируется влияние внешней цепи на 2n-полюсник.

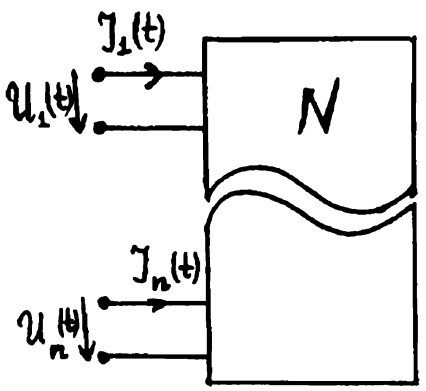


Рис. 1.

"Внутренние" ветви 2n-полюсника могут быть оснащены конденсаторами C, катушками L (возможно, индуктивно связанными), трансформаторами T и многомерными гираторами G (характеристики этих элементов см. в [1, 2]). В зависимости от наличия тех или иных элементов на ветвях рассматриваются соответствующие классы 2n-полюсников, напр., 2n-полюсник класса CLT и т.д.

Дополнительные предположения относительно оснащенности внутренних ветвей, а также о внутренней структуре 2n-полюсника отсутствуют.

Преобразуя 2n-полюсник вместе с внешними ветвями в ориентированный взвешенный граф Кирхгофа* и записав для каждой ветви (или совокупности ветвей) в зависимости от оснащенности соответствующее равенство (равенства), устанавли-

* О способе этого преобразования и о необходимых, при этом, договоренностях см. [1]

вающее связь между током и напряжением этой ветви (ветвей), а также соответствующие законы Кирхгофа, получим систему интегро-дифференциальных уравнений относительно токов и напряжений всех ветвей 2n-полюсника. Далее, посредством перехода от токов и напряжений на ветвях к их лапласовым образам (при нулевых начальных условиях) полученная система преобразуется в алгебраическую с вещественными коэффициентами систему относительно этих образов (лапласов образ функции $f(t)$, в дальнейшем обозначается $f(\lambda)$, $f(\lambda)=\int_0^\infty e^{-\lambda t}f(t)dt$). Путем исключения из последней системы образов токов и напряжений внутренних ветвей в большинстве случаев удается установить хотя бы одно из следующих равенств:

$$\begin{bmatrix} U_1(\lambda) \\ \vdots \\ U_n(\lambda) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11}(\lambda)\cdots z_{1n}(\lambda) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ z_{n1}(\lambda)\cdots z_{nn}(\lambda) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(\lambda) \\ \vdots \\ I_n(\lambda) \end{bmatrix}, \quad U(\lambda)=Z(\lambda)I(\lambda), \tag{1}$$

$$\begin{bmatrix} I_1(\lambda) \\ \vdots \\ I_n(\lambda) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11}(\lambda)\cdots y_{1n}(\lambda) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ y_{n1}(\lambda)\cdots y_{nn}(\lambda) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1(\lambda) \\ \vdots \\ U_n(\lambda) \end{bmatrix}, \quad I(\lambda)=Y(\lambda)U(\lambda). \tag{1'}$$

Здесь $U(\lambda)=\begin{bmatrix} U_1(\lambda) \\ \vdots \\ U_n(\lambda) \end{bmatrix}$, $I(\lambda)=\begin{bmatrix} I_1(\lambda) \\ \vdots \\ I_n(\lambda) \end{bmatrix}$ - векторы-колонны лапласовых образов напряжений и токов внешних ветвей 2n-полюсника. Матрица $Z(\lambda)=\|z_{ik}(\lambda)\|_{i,k=1}^n$ называется матрицей сопротивления (z-матрицей или импедансом), а матрица $Y(\lambda)=\|y_{ik}(\lambda)\|_{i,k=1}^n$ - матрицей проводимости (y-матрицей или адмитансом) 2n-полюсника.

Очевидно, в случае $\det Z(\lambda)\not\equiv 0$ $Y(\lambda)=Z^{-1}(\lambda)$.

Из способа получения матриц $Z(\lambda)$, $Y(\lambda)$ следует, что они являются рациональными матрицами-функциями с вещественными коэффициентами, т.е. удовлетворяют условию (вещественность)

$$\overline{Z(\overline{\lambda})}\equiv Z(\lambda), \tag{I}$$

$$\overline{Y(\overline{\lambda})}\equiv Y(\lambda). \tag{I'}$$

2.Сейчас нашей целью будет получение свойств z-(y-) матриц 2n-полюсников некоторых классов. Преобразуем, поступая аналогично, как в [1], 2n-полюсник в граф Кирхгофа и, применяя к нему теорему Ланжевена, получим

$$\begin{aligned} &\sum_{k=1}^{n}\left(\overline{U_k(\lambda)}I_k(\lambda)+U_k(\lambda)\overline{I_k(\lambda)}\right)= \\ &=(\lambda+\overline{\lambda})\sum_{k=1}^{c}C_k|u_k(\lambda)|^2+(\lambda+\overline{\lambda})\sum_{k=1}^{l}L_k|i_k(\lambda)|^2+(\lambda+\overline{\lambda})\sum_{k=1}^{h}\hat{i}_k^*(\lambda)M_k\hat{i}_k(\lambda), \end{aligned} \tag{2}$$

$$\sum_{k=1}^{n} i\left(\overline{U_k(\lambda)}I_k(\lambda)-U_k(\lambda)\overline{I_k(\lambda)}\right)=i\left(\lambda-\overline{\lambda}\right)\sum_{k=1}^{c}C_k\left|u_k(\lambda)\right|^2+$$

$$+i\left(\overline{\lambda}-\lambda\right)\sum_{k=1}^{l}L_k\left|i_k(\lambda)\right|^2+i\left(\overline{\lambda}-\lambda\right)\sum_{k=1}^{h}\hat{i}_k^*(\lambda)M_k\hat{i}_k(\lambda)-4\sum_{k=1}^{g}Im\tilde{i}_k^*(\lambda)\tilde{\tilde{i}}_k(\lambda). \qquad (2')$$

Здесь $U_k(\lambda)$, $I_k(\lambda)$ - лапласовы образы напряжений и токов внешних ветвей, C_k - значения емкостей конденсаторов, L_k - значения индуктивностей катушек, M_k - матрицы систем индуктивно связанных катушек,имеющихся на внутренних ветвях, $u_k(\lambda)$ и $i_k(\lambda)$ - лапласовы образы напряжений и токов внутренних ветвей, содержащих соответственно конденсаторы и катушки, $\hat{i}_k(\lambda)$, $\tilde{i}_k(\lambda)$ - векторы-колонны,соответственно образов входных токов систем индуктивно связанных катушек и многомерных гираторов, $\tilde{\tilde{i}}_k(\lambda)$ - то же для выходных токов гираторов.

Учитывая (1), равенства (2), (2') можем переписать в виде

$$I^*(\lambda)\left[Z(\lambda)-Z^*(\lambda)\right]I(\lambda)=$$

$$=\left(\lambda+\overline{\lambda}\right)\sum_{k=1}^{c}C_k\left|u_k(\lambda)\right|^2+\left(\lambda+\overline{\lambda}\right)\sum_{k=1}^{l}L_k\left|i_k(\lambda)\right|^2+\left(\lambda+\overline{\lambda}\right)\sum_{k=1}^{h}\hat{i}_k^*(\lambda)M_k\hat{i}_k(\lambda), \qquad (3)$$

$$-iI^*(\lambda)\left[Z(\lambda)-Z^*(\lambda)\right]I(\lambda)=i\left(\lambda-\overline{\lambda}\right)\sum_{k=1}^{c}C_k\left|u_k(\lambda)\right|^2+$$

$$+i\left(\overline{\lambda}-\lambda\right)\sum_{k=1}^{l}L_k\left|i_k(\lambda)\right|^2+i\left(\overline{\lambda}-\lambda\right)\sum_{k=1}^{h}\hat{i}_k^*(\lambda)M_k\hat{i}_k(\lambda)-4\sum_{k=1}^{g}Im\tilde{i}_k^*(\lambda)\tilde{\tilde{i}}_k(\lambda). \qquad (3')$$

Т.к. матрицы M_k неотрицательны (см. напр., [3]), из (3) получим следующее: z-матрица CLGT 2n-полюсника обладает свойствами позитивности и реактансности:

$$Z(\lambda)+Z^*(\lambda)\geq 0 \text{ при } \mathrm{Re}\,\lambda>0, \qquad (II)$$

$$Z(\lambda)+Z^*(\lambda)=0 \text{ при } \mathrm{Re}\,\lambda=0. \qquad (III)$$

Далее, принимая в (3') $Im\lambda=0$, с учетом (I) имеем: z-матрица CLT 2n-полюсника обладает, кроме свойств (II), (III), свойством симметричности

$$Z'(\lambda)\equiv Z(\lambda). \qquad (IV)$$

Т.к. левые части равенств (2), (2') в силу (1') можем переписать соответственно в виде $U^*(\lambda)\left[Y(\lambda)+Y^*(\lambda)\right]U(\lambda)$, $-iU^*(\lambda)\left[Y(\lambda)-Y^*(\lambda)\right]U(\lambda)$, то, очевидно, y-матрица 2n-полюсника данного класса обладает свойствами z-матрицы 2n-полюсника этого же класса.

И, наконец, равенства (3), (3') позволяют получать свойства z-матриц 2n-полюсников с различными неполными наборами перечисленных выше типовых элементов. Так, напр., z-матрица LT 2n-полюсника обладает свойством

$$i\left[Z(\lambda)-Z^*(\lambda)\right]\leq 0 \text{ при } Im\lambda<0.$$

3. Здесь нашей целью будет доказательство обратимости свойств (I)-(IV) z-мат-

рицы CLT 2n-полюсника. Именно, если $Z(\lambda)$ - рациональная матрица-функция (порядка n), обладающая свойствами (I)-(IV) (класс таких матриц-функций обозначим в дальнейшем через P_{CLT}), то существует 2n-полюсник класса CLT, z-матрицей которого будет $Z(\lambda)$.

Доказательство существования такого 2n-полюсника осуществляется его прямым конструированием. Исходным для этого будет аддитивное разложение указанной выше матрицы-функции $Z(\lambda)$. Для получения такого разложения будем пользоваться следующими свойствами рациональных матриц-функций (они хорошо известны для скалярных рациональных функций [4] и без труда переносятся на матрицы-функции):

a) Рациональная матрица-функция $Z(\lambda)$, удовлетворяющая условию (II), в $\mathrm{Re}\,\lambda < 0$ не может иметь полюсов.

b) Значения в $\mathrm{Re}\,\lambda < 0$ рациональной матрицы-функции $Z(\lambda)$, удовлетворяющей условиям (II), (III), определяются формулой "продолжения по симметрии"

$$Z(\lambda) = -Z^*\left(-\overline{\lambda}\right), \ \mathrm{Re}\,\lambda < 0,$$

которая при наличии условия (I) принимает вид

$$Z(\lambda) = -Z'(-\lambda), \ \mathrm{Re}\,\lambda < 0,$$

т.е. полюсы $Z(\lambda)$, $Z \in P_{CLGT}$, находятся на мнимой оси (P_{CLGT} - класс рациональных матриц-функций, удовлетворяющих условиям (I)-(III)).

c) Полюсы $Z(\lambda), Z \in P_{CLGT}$ простые, причем соответствующие вычеты - эрмитовы неотрицательные матрицы.

d) Если удовлетворяющая условию (I) матрица-функция $Z(\lambda)$ в точке $i\omega(\omega = \overline{\omega})$ имеет полюс с вычетом A, то она в симметрической точке $\overline{i\omega} = -i\omega$ также имеет полюс, с вычетом $\overline{A}$.

Пусть $Z \in P_{CLGT}$. Тогда, в силу вышесказанного, имеет место разложение

$$Z(\lambda) = \lambda A_\infty + \frac{1}{\lambda} A_0 + B + \sum_{k=1}^{m}\left(\frac{A_k}{\lambda - i\omega_k} + \frac{\overline{A}_k}{\lambda + i\omega_k}\right), \qquad (4)$$

где $A_\infty, A_0, A_k, \overline{A}_k$ - вычеты соответственно в полюсах ∞, 0, $i\omega_k$, $-i\omega_k$ $(\omega_k = \overline{\omega}_k \neq 0)$, причем

$$A_\infty = A_\infty^* = \overline{A}_\infty \geq 0, \ A_0 = A_0^* = \overline{A}_0 \geq 0, \ A_k = A_k^* \geq 0, \qquad (5)$$

а B - вещественная кососимметрическая матрица,

$$B = \overline{B}, \ B' = -B, \qquad (6)$$

что следует из условий (I),(III).

Очевидно, верно обратное утверждение: если $Z(\lambda)$ допускает представление (4) с коэффициентами, обладающими свойствами (5), (6), то $Z \in P_{CLGT}$.

Добавим, что если $Z \in P_{CLT}$, то в разложении (4) $A_k = A_k', B = 0$ и окончательно

$$Z(\lambda) = \lambda A_\infty + \frac{1}{\lambda} A_0 + \sum_{k=1}^{m} \frac{2\lambda A_k}{\lambda^2 + \omega_k^2}. \qquad (7)$$

Верно и обратное утверждение.

Далее, для решения поставленной задачи, т. е. построения указанного CLT 2n-полюсника достаточно реализовать каждое слагаемое разложения (7), т. е. для каждого слагаемого построить соответствующий CLT 2n-полюсник. Тогда $Z(\lambda)$ будет z-матрицей 2n-полюсника, полученного последовательным соединением построенных 2n-полюсников (рис. 2).

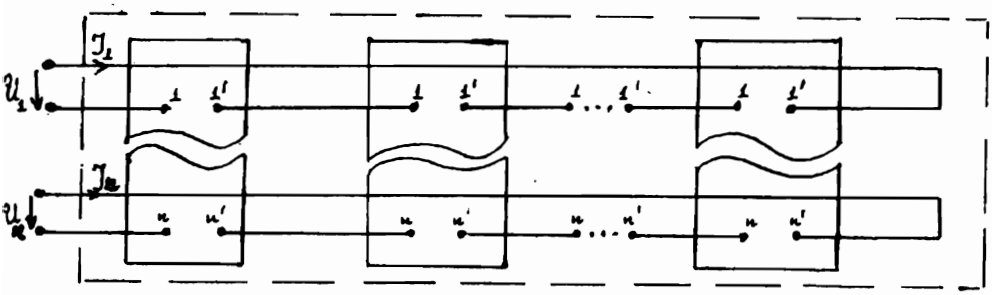


Рис. 2.

Прежде чем перейти к указанным реализациям, сделаем одно замечание [5]. Пусть $\tilde{Z}(\lambda)$ - z-матрица некоторого 2n-полюсника. Подключение к нему 4n-полюсного идеального трансформатора с передаточной матрицей $\begin{bmatrix} t & 0 \\ 0 & t'^{-1} \end{bmatrix}$ приводит к образованию нового 2n-полюсника с z-матрицей $Z_1(\lambda) = t\tilde{Z}(\lambda)t'$. Очевидно, что если построен 2n-полюсник с z-матрицей $Z_1(\lambda)$, то 2n-полюсник с z-матрицей $\tilde{Z}(\lambda)$ получится из построенного подключением к нему трансформатора с передаточной матрицей $\begin{bmatrix} t^{-1} & 0 \\ 0 & t' \end{bmatrix}$.

Ниже мы и ограничимся построением 2n-полюсников, полученных после одного подключения трансформатора.

4. Перейдем теперь к реализации каждого слагаемого разложения (7).

а) λA_∞, где $A_\infty = \overline{A}_\infty = A'_\infty \geq 0$.

Пусть t - вещественная ортогональная матрица, $tt' = I$, приводящая A_∞ к диагональному виду. Тогда

$$Z_1(\lambda) = t(\lambda A_\infty)t' = t(\lambda A_\infty)t^{-1} = \lambda \begin{bmatrix} \alpha_1 & & & \\ & \alpha_2 & & \\ & & & \\ & & & \alpha_n \end{bmatrix}, \ \alpha_i \geq 0.$$

Здесь, очевидно,

$$U_k(\lambda) = \lambda \alpha_k I_k(\lambda), \ k = 1,2,\ldots,n$$

и матрица $Z_1(\lambda)$ реализуется в виде 2n-полюсника (рис. 3).

Отметим, что если при некотором i собственное число $\alpha_i = 0$, то соответствующие зажимы трансформатора $\begin{bmatrix} t & 0 \\ 0 & t'^{-1} \end{bmatrix}$ следует замкнуть накоротко. Это следует иметь в виду и при возникающих ниже аналогичных ситуациях.

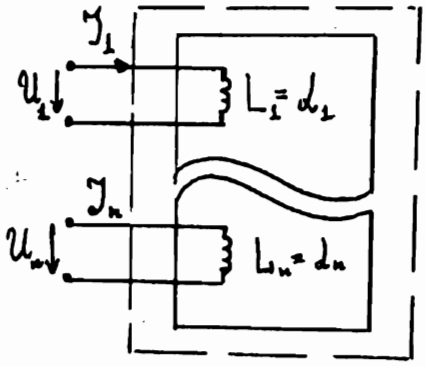


Рис. 3.

b) $\frac{1}{\lambda} A_0$, где $A_0 = \overline{A}_0 = A_0' \geq 0$.

Здесь, поступая как выше, получим $U_k(\lambda) = \frac{1}{\lambda}\alpha_k I_k(\lambda)$, и $Z_1(\lambda)$ реализуется в виде 2n-полюсника (рис. 3) с заменой индуктивностей L_k емкостями $C_k, C_k = \frac{1}{\alpha_k}$.

c) $\frac{2\lambda A_k}{\lambda^2 + \omega_k^2}$, где $A_k = \overline{A}_k = A_k' \geq 0,\ \omega_k = \overline{\omega}_k \neq 0,\ k = 1,2,\cdots,m.$

В этом случае

$$t\frac{2\lambda A_k}{\lambda^2 + \omega_k^2}t' = \frac{2\lambda}{\lambda^2 + \omega_k^2}\begin{bmatrix} \alpha_1^{(k)} & & \\ & \alpha_2^{(k)} & \\ & & \alpha_n^{(k)} \end{bmatrix}$$

и

$$U_l(\lambda) = \frac{2\lambda\alpha_l^k}{\lambda^2 + \omega_k^2} I_l(\lambda),\ l = 1,2,\cdots n..$$

Функция $\frac{2\lambda\alpha_l^{(k)}}{\lambda^2 + \omega_k^2}$ является z-матрицей двухполюсника (рис. 4), где

$$L_l^{(k)} = \frac{2\alpha_l^{(k)}}{\omega_k^2},\ C_l^{(k)} = \frac{1}{2\alpha_l^{(k)}},$$

так что матрица-функция $\frac{2\lambda A_k}{\lambda^2 + \omega_k^2}$ реализуется в виде 2n-полюсника (рис. 3) с заменой каждого из каналов двухполюсником, изображенным на рис. 4.

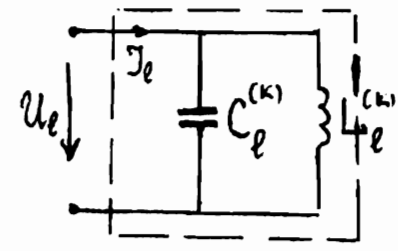


Рис. 4.

Резюмируя, получим: для того чтобы матрица-функция $Z(\lambda)$ принадлежала классу P_{CLT} необходимо и достаточно, чтобы она являлась z-матрицей некоторого CLT 2n-полюсника. Этот результат - обоб-

щение результата В. Кауэра относительно 4n-полюсников класса CLT ([6]).

5.Перейдем теперь к обсуждению вопроса об обратимости в указанном выше смысле свойств z-матрицы CLGT 2n-полюсника. Здесь покажем, что если $Z(\lambda), Z \in P_{CLGT}$ - матрица-функция второго порядка, то существует 2x2-полюсник, z-матрицей которого и будет $Z(\lambda)$.

В общем случае, когда $Z(\lambda)$ имеет порядок n, этот вопрос, по-видимому, остается открытым.

Здесь, естественно, будем исходить из разложения (4), матричные коэффициенты в котором - матрицы второго порядка, и рассматривать вопрос реализации каждого его слагаемого.

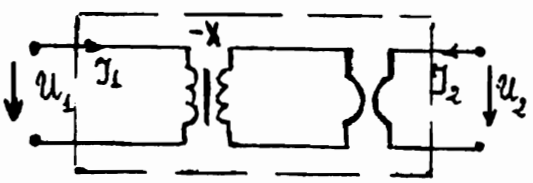


Рис. 5.

Слагаемые λA_∞ и $\frac{1}{\lambda} A_0$ реализуются, как выше, посредством подключения четырехполюсного трансформатора (имеются и другие реализации, см., напр., [7]) . Матрица B в силу условий (6) имеет вид $B = \begin{bmatrix} 0 & -x \\ x & 0 \end{bmatrix}$, где $x = \bar{x} \neq 0$ и, как легко убедиться, реализуется в виде 2x2-полюсника (рис. 5). Этот 2x2-полюсник есть каскадное соединение четырехполюсного трансформатора с числом трансформатора - x и гиратора с матрицей $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$.

Остается рассмотреть вопрос реализации слагаемого

$$\tilde{Z}(\lambda) = \frac{A}{\lambda - i\omega} + \frac{\bar{A}}{\lambda + i\omega} = \frac{\lambda(A + \bar{A}) + i\omega(A - \bar{A})}{\lambda^2 + \omega^2}\ ^{*)}, \qquad (8)$$

где $A \geq 0,\ \omega = \bar{\omega} \neq 0$.

Ясно, что в случае $A = \bar{A}$ $\tilde{Z}(\lambda) = \frac{2\lambda A}{\lambda^2 + \omega^2}$, $\tilde{Z} \in P_{CLT}$, так что в дальнейшем будем считать $A \neq \bar{A}$.

Итак , пусть

$$A = \begin{bmatrix} a & p + iq \\ p - iq & c \end{bmatrix},\ q \neq 0.$$

В силу условия $A \geq 0$ имеем $a \geq 0,\ c \geq 0,\ ac - p^2 - q^2 \geq 0$.

---

*) Отметим неправомерность разбиения $\tilde{Z}(\lambda)$ с целью реализации каждого слагаемого в отдельности на сумму слагаемых

$$\tilde{Z}_1(\lambda) = \frac{\lambda(A + \bar{A})}{\lambda^2 + \omega^2},\ \tilde{Z}_2(\lambda) = \frac{i\omega(A - \bar{A})}{\lambda^2 + \omega^2},$$

т.к. $\tilde{Z}_2(\lambda)$ в отличие от $\tilde{Z}_1(\lambda)$ не принадлежит классу P_{CLGT}.

Подключая к 2x2-полюснику с z-матрицей $\tilde{Z}(\lambda)$ четырехполюсный трансформатор $\begin{bmatrix} t' & 0 \\ 0 & t^{-1} \end{bmatrix}$, получим 2x2-полюсник с z-матрицей

$$\tilde{\tilde{Z}}(\lambda) = t\tilde{Z}(\lambda)t' = \frac{\lambda}{\lambda^2+\omega^2}\begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} + \frac{1}{\lambda^2+\omega^2}\begin{bmatrix} 0 & -2\omega q \\ 2\omega q & 0 \end{bmatrix},$$

где $\lambda_1, \lambda_2 (\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0)$ - собственные числа матрицы $A + \overline{A}$.

Нетрудно убедиться, что $\tilde{\tilde{Z}}(\lambda) \in P_{CLGT}$. Т. к. $\frac{2\omega q}{\lambda^2+\omega^2} \not\equiv 0$, то с целью реализации перейдем от $\tilde{\tilde{Z}}(\lambda)$ к A-матрице 2x2-полюсника $W(\lambda)$ преобразованием (см. [8])

$$W(\lambda) = \left[A\tilde{\tilde{Z}}(\lambda) + B\right]\left[C\tilde{\tilde{Z}}(\lambda) + D\right]^{-1},$$

где

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},\ B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},\ \mathrm{C} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},\ \mathrm{D} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

Матрица-функция

$$W(\lambda) = \frac{1}{2\omega q}\begin{bmatrix} \lambda\lambda_1 & \dfrac{\lambda_1\lambda_2\lambda^2 + 4\omega^2 q^2}{\lambda^2+\omega^2} \\ \lambda^2+\omega^2 & \lambda\lambda_2 \end{bmatrix}$$

является рациональной и обладает свойствами

a) $W^*(\lambda)JW(\lambda) - J \geq 0, \operatorname{Re}\lambda > 0,$

b) $W^*(\lambda)JW(\lambda) - J = 0, \operatorname{Re}\lambda = 0,$ $\quad J = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix};$

c) $\overline{W(\overline{\lambda})} \equiv W(\lambda).$

Реализация матрицы-функции $W(\lambda)$ осуществляется отщеплением от $W(\lambda)$ примарных множителей, соответствующих ее полюсам, построением 2x2-полюсников, имеющих в качестве A-матриц эти множители, и каскадным соединением построенных 2x2-полюсников (эта задача для $W(\lambda)$ порядка n решена в [9]).

Кафедра диф. уравнений
и функционального анализа

Поступила 4.04.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов А.В., Потапов В.П.** J-растягивающие матрицы-функции и их роль в аналитической теории электрических цепей. УМН, 1973, т. XXVIII, в. I(169), с. 66-130.
2. **Потапов В.П., Товмасян Т.А.** Многомерный гиратор. ДАН Арм. ССР, 1970, т. LI, № 5, с. 266-272.
3. **Нейман Л.Р., Калантаров П.Л.** Физические основы электротехники и теории цепей постоянного тока, М.-Л., 1959, 380 с.
4. **Гиллемин Э.А.** Синтез пассивных цепей, М., 1970, 720 с.
5. **Бессмертный М.Ф.** Импедансы электрических цепей класса Мин Най-да как аналитические функции двух комплексных переменных: II. Теория функций, функциональный анализ и их приложения, Харьков, 1984, в. 42, с. 8-12.
6. **Cauer W.** Theorie der linearen Wechselstromshaltungen, Berlin, 1954, 769 с.
7. **Тафт В.А.** Основы методики расчета линейных электрических цепей по заданным их частотным характеристикам, М., 1954, 236 с.
8. **Руткас А.Г.** Передаточная матрица пассивного многополюсника.- Тр. Харьковского горного института,1962,т.XI,с.24-40.
9. **Товмасян Т.А.** Реализация J-растягивающих вещественных матриц-функций. Депонировано в Арм.НИИНТИ, 1986, № 25-Ар,28 с.

Թ.Ա.ԹՈՎՄԱՍՅԱՆ

ՌԱՑԻՈՆԱԼ ՄԱՏՐԻՑ-ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ԴԱՍԵՐԻ ԱԴԻՏԻՎ ԻՐԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Աշխատանքում ստացված է CLT դասի 4n-բևեռի z-մատրիցի վերաբերյալ Վ. Կաուերի թեորեմի ընդհանրացումը: Որպեսզի $Z(\lambda)$ (n կարգի) մատրից-ֆունկցիան հանդիսանա CLT դասի 2n-բևեռի z-մատրից անհրաժեշտ են և բավարար (համակարգով) հետևյալ պայմանները.

1) $Z(\lambda)$ - ռացիոնալ է, իրական, $\overline{Z(\overline{\lambda})} \equiv Z(\lambda)$,

2) $Z(\lambda)+Z^{*}(\lambda)\geq 0,\ \operatorname{Re}\lambda>0$,

3) $Z(\lambda)+Z^{*}(\lambda)=0,\ \operatorname{Re}\lambda=0$,

4) $Z'(\lambda)\equiv Z(\lambda)$:

Ապացուցված է նմանատիպ թեորեմ $CLGT$ դասի (G-ն գիրատոր է) մատրից-ֆունկցիայի համար:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Механика

УДК 539.3

В.С.САРКИСЯН, С.В.САРКИСЯН, В.Ж АЙРАПЕТЯН

КРУЧЕНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ПРИЗМАТИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ С ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В ВИДЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПОЛУКОЛЬЦА

Рассматривается задача кручения призматического стержня с сечением в виде части эллиптического кольца, материал которого обладает прямолинейной анизотропией. Вводится малый физический параметр, характеризующий анизотропию материала стержня. Построено решение по степеням этого параметра для функции напряжения в эллиптических координатах.

Исследованию задач о кручении анизотропных стержней посвящены труды С.Г.Лехницкого [1,2], Н.Х.Арутюняна, Б.Л.Абрамяна [3], В.С.Саркисяна [4].

В основном в этих задачах рассмотрена анизотропия таких видов, в которых главные ее направления совпадают с координатными линиями, где решаются задачи.

В работе [5] впервые поставлена задача кручения призматического стержня с сечением в виде части кругового кольца и предложен метод ее решения.

1.*Постановка задачи.* Рассмотрим кручение призматического стержня с сечением в виде части эллиптического кольца, ограниченного софокусными эллипсами с полуосями $c\mathrm{ch}\alpha_1$, $c\mathrm{sh}\alpha_1$ и $c\mathrm{ch}\alpha_2$, $c\mathrm{sh}\alpha_2$ и гиперболами с теми же фокусами так, чтобы β являлся эксцентрическим углом (c - половина расстояния между фокусами).

Предположим, что материал стержня обладает прямолинейной ортотропией и имеет три плоскости упругой симметрии, причем главные физические оси (оси симметрии) совпадают с геометрическими осями x, y, z.

Тогда обобщенный закон Гука в прямоугольной координатной системе xv записывается так [I, 2, 4]:

$$\gamma_{yz} = a_{44}\tau_{yz}, \qquad \gamma_{xz} = a_{55}\tau_{xz}, \tag{I.I}$$

где компоненты тензора напряжений определяются по формулам

$$\tau_{xz} = \frac{\partial \Psi}{\partial y}, \quad \tau_{yz} = -\frac{\partial \Psi}{\partial x}. \tag{I.2}$$

Здесь $\Psi(x, y)$ - функция напряжений, которая удовлетворяет следующему дифференциальному уравнению в рассматриваемой области:

$$a_{44}\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}+a_{55}\frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2}=-2\vartheta\,, \tag{I.3}$$

где $a_{44}>0,\ a_{55}>0$ - упругие постоянные, ϑ - относительный угол закручивания, а на границе области (Г)

$$\Psi/_{\Gamma}=0\,. \tag{I.4}$$

Неизвестный угол кручения определяется из соотношения

$$\vartheta=\frac{M_t}{C_t}\,, \tag{I.5}$$

где

$$C_t=2\iint_{\Omega}\Psi dxdy\,, \tag{I.6}$$

M_t - крутящий момент.

Предположим, что $a_{44}>a_{55}$. Тогда всегда будем иметь малый физический параметр δ:

$$\delta=\frac{a_{44}-a_{55}}{a_{44}+a_{55}}\quad(0\le\delta<1)\,. \tag{I.7}$$

Для решения поставленной задачи удобно написать уравнение (I.3) в эллиптических координатах, которые с учетом (I.1)-(I.7) для функции

$$\Psi(x,y)=\Phi(c\,\mathrm{ch}\alpha\sin\beta,c\,\mathrm{sh}\alpha\cos\beta)=\Phi(\alpha,\beta)$$

можно представить так:

$$T[\Phi]+\delta S[\Phi]=-A_0(\alpha,\beta)\,. \tag{I.8}$$

Для операторов $T[\,]$ и $S[\,]$ приняты следующие обозначения:

$$T[\,]\equiv\frac{\partial^2}{\partial\alpha^2}+\frac{\partial^2}{\partial\beta^2}\,, \tag{I.9}$$

$$S[\,]\equiv a_1(\alpha,\beta)\left[-\frac{\partial^2}{\partial\alpha^2}+\frac{\partial^2}{\partial\beta^2}\right]+a_2(\alpha,\beta)\frac{\partial^2}{\partial\alpha\partial\beta}+a_3(\alpha,\beta)\frac{\partial}{\partial\alpha}+a_4(\alpha,\beta)\frac{\partial}{\partial\beta}\,, \tag{I.10}$$

где

$$A_0(\alpha,\beta)=\frac{2\vartheta c^2(\mathrm{ch}2\alpha+\cos2\beta)}{a_{44}+a_{55}}\,,$$

$$a_1(\alpha,\beta)=\frac{1+\cos2\beta\,\mathrm{ch}2\alpha}{\mathrm{ch}2\alpha+\cos2\beta}\,,\quad a_2(\alpha,\beta)=\frac{2\sin2\beta\,\mathrm{sh}2\alpha}{\mathrm{ch}2\alpha+\cos2\beta}\,, \tag{I.11}$$

$$a_3(\alpha,\beta)=\frac{3\mathrm{ch}4\alpha+\cos4\beta-\mathrm{ch}4\alpha\cos4\beta+2\cos2\beta\mathrm{ch}2\alpha\mathrm{ch}4\alpha-2\mathrm{ch}2\alpha\cos2\beta-3}{2(\mathrm{ch}2\alpha+\cos2\beta)^2\,\mathrm{sh}2\alpha}\,,$$

$$a_4(\alpha,\beta)=\frac{-3\cos4\beta-\mathrm{ch}4\alpha+\mathrm{ch}4\alpha\cos4\beta-2\cos2\beta\mathrm{ch}2\alpha\cos4\beta+2\mathrm{ch}2\alpha\cos2\beta+3}{2(\mathrm{ch}2\alpha+\cos2\beta)^2\sin2\beta}.$$

Граничные условия (I.4) для криволинейного четырехугольника будут

$$\Phi(\alpha_1,\beta)=\Phi(\alpha_2,\beta)=0, \tag{1.12}$$

$$\Phi(\alpha,0)=\Phi(\alpha,\beta_1)=0. \tag{1.13}$$

Таким образом решение задачи сводится к решению задачи (1.8), (1.12), (1.13).

2. *Метод решения задачи.* Решение уравнения (1.8) представим в виде ряда по степеням малого физического параметра δ:

$$\Phi(\alpha,\beta)=\Phi_0(\alpha,\beta)+\delta\Phi_1(\alpha,\beta)+\delta^2\Phi_2(\alpha,\beta)+\cdots \tag{2.1}$$

Тогда при помощи (2.1), (1.8) и (1.12)-(1.13) для определения неизвестных $\Phi_j(\alpha,\beta)$ получим

$$T[\Phi_j]=f_j(\alpha,\beta), \tag{2.2}$$

$$\Phi_j(\alpha_1,\beta)=\Phi_j(\alpha_2,\beta)=0,\ \ (j=0,1,2,\cdots,) \tag{2.3}$$

$$\Phi_j(\alpha,0)=\Phi_j(\alpha,\beta_1)=0, \tag{2.4}$$

где

$$f_0(\alpha,\beta)=-A_0(\alpha,\beta), \tag{2.5}$$

$$f_i(\alpha,\beta)=-S[\Phi_{i-1}]\ \ (i=1,2,\cdots,). \tag{2.6}$$

Таким образом задача о кручении призматического стержня с поперечным сечением в виде эллиптического кольца сводится к решению рекуррентных дифференциальных уравнений в частных производных (2.2) уже с разделяющимися переменными при граничных условиях (2.3) - (2.4).

Приступим к нахождению функции $\Phi_0(\alpha,\beta)$. Для этого $f_0(\alpha,\beta)$ разложим в ряд Фурье

$$f_0(\alpha,\beta)=\sum_{k=1,3}^{\infty}b_{k0}(\alpha)\sin(\lambda_k\beta),\ \ \left(\lambda_k=\frac{\pi k}{\beta_1}\right), \tag{2.7}$$

где

$$b_{k0}(\alpha)=\frac{4\vartheta\mathrm{ch}2\alpha}{\pi\lambda_k(a_{44}+a_{55})}\left[\cos(\lambda_k\pi)-1\right]. \tag{2.8}$$

Представляя решение дифференциального уравнения (2.2) при граничных условиях (2.3), (2.4), когда $j=0$, в виде ряда

$$\Phi_0(\alpha,\beta)=\sum_{k=1}^{\infty}R_{k0}(\alpha)\sin(\lambda_k\beta), \tag{2.9}$$

для функции R_{k0} получим следующее уравнение:

$$\frac{d^2R_{k0}(\alpha)}{d\alpha^2} - \lambda_k^2 R_{k0}(\alpha) = b_{k0}(\alpha). \qquad (2.10)$$

Решая дифференциальное уравнение (2.10), с учетом условия (2.3), (2.4) будем иметь

$$\Phi_0(\alpha,\beta) = \sum_{k=1,3}^{\infty}\left[C_{k0}e^{\lambda_k\alpha} + D_{k0}e^{-\lambda_k\alpha} + V_{k0}(\alpha)\right]\sin(\lambda_k\beta), \qquad (2.11)$$

где

$$C_{k0} = \frac{V_{k0}(\alpha_1)e^{-\lambda_k\alpha_2} - V_{k0}(\alpha_2)e^{-\lambda_k\alpha_1}}{e^{\lambda_k(\alpha_1-\alpha_2)} - e^{-\lambda_k(\alpha_1-\alpha_2)}}, \qquad (2.12)$$

$$D_{k0} = \frac{V_{k0}(\alpha_2)e^{\lambda_k\alpha_1} - V_{k0}(\alpha_1)e^{\lambda_k\alpha_2}}{e^{\lambda_k(\alpha_1-\alpha_2)} - e^{-\lambda_k(\alpha_1-\alpha_2)}}, \qquad (2.13)$$

$$V_{k0}(\alpha) = \frac{b_{k0}(\alpha)}{\left(4-\lambda_k^2\right)}. \qquad (2.14)$$

Имея функцию $\Phi_0(\alpha,\beta)$ (2.11) для определения $\Phi_1(\alpha,\beta)$, из (2.2) и (2.6) получаем следующее неоднородное дифференциальное уравнение:

$$T[\Phi_1] = \sum_k [t_k(\alpha)a_1(\alpha,\beta)\sin(\lambda_k\beta) + l_k(\alpha)a_2(\alpha,\beta)\cos(\lambda_k\beta) + p_k(\alpha)a_3(\alpha,\beta)\sin(\lambda_k\beta) + q_k(\alpha)a_4(\alpha,\beta)\cos(\lambda_k\beta)], \qquad (2.15)$$

где

$$t_k(\alpha) = \left[2\lambda_k^2 C_{k0}e^{\lambda_k\alpha} + 2\lambda_k^2 D_{k0}e^{-\lambda_k\alpha} + \frac{d^2V_{k0}(\alpha)}{d\alpha^2} + \lambda_k^2 V_{k0}(\alpha)\right], \qquad (2.16)$$

$$l_k(\alpha) = -\left[\lambda_k^2 C_{k0}e^{\lambda_k\alpha} - \lambda_k^2 D_{k0}e^{-\lambda_k\alpha} + \lambda_k\frac{dV_{k0}(\alpha)}{d\alpha}\right], \qquad (2.17)$$

$$p_k(\alpha) = -\left[\lambda_k C_{k0}e^{\lambda_k\alpha} - \lambda_k D_{k0}e^{-\lambda_k\alpha} + \frac{dV_{k0}(\alpha)}{d\alpha}\right], \qquad (2.18)$$

$$q_k(\alpha) = -\left[\lambda_k C_{k0}e^{\lambda_k\alpha} + \lambda_k D_{k0}e^{-\lambda_k\alpha} + \lambda_k V_{k0}(\alpha)\right]. \qquad (2.19)$$

Решение уравнения (2.15) можно представить в виде

$$\Phi_1(\alpha,\beta) = \sum_n^{\infty}\left[C_{n1}e^{\lambda_n\alpha} + D_{n1}e^{-\lambda_n\alpha} + V_{n1}(\alpha)\right]\sin(\lambda_n\beta). \qquad (2.20)$$

Здесь $V_{n1}(\alpha)$ - частное решение следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{d^2R_{n1}(\alpha)}{d\alpha^2} - \lambda_n^2 R_{n1}(\alpha) = b_{n1}(\alpha), \qquad (2.21)$$

где

$$b_{n1}(\alpha)=\frac{2}{\pi}\int_0^{\pi}\sum_k\left[t_k(\alpha)a_1(\alpha,\beta)\sin(\lambda_k\beta)+l_k(\alpha)a_2(\alpha,\beta)\cos(\lambda_k\beta)+\right.$$
$$\left.+p_k(\alpha)a_3(\alpha,\beta)\sin(\lambda_k\beta)+q_k(\alpha)a_4(\alpha,\beta)\cos(\lambda_k\beta)\right]\sin(\lambda_n\beta)d\beta, \qquad (2.22)$$

$$C_{n1}=\frac{V_{n1}(\alpha_1)e^{-\lambda_n\alpha_2}-V_{n1}(\alpha_2)e^{-\lambda_n\alpha_1}}{e^{\lambda_n(\alpha_1-\alpha_2)}-e^{-\lambda_n(\alpha_1-\alpha_2)}}, \qquad (2.23)$$

$$D_{n1}=\frac{V_{n1}(\alpha_2)e^{\lambda_n\alpha_1}-V_{n1}(\alpha_1)e^{\lambda_n\alpha_2}}{e^{\lambda_n(\alpha_1-\alpha_2)}-e^{-\lambda_n(\alpha_1-\alpha_2)}}, \qquad (2.24)$$

$$V_{n1}(\alpha)=\frac{e^{\lambda_n\alpha}}{2\lambda_n}\int b_{n1}(\alpha)e^{-\lambda_n\alpha}d\alpha-\frac{e^{-\lambda_n\alpha}}{2\lambda_n}\int b_{n1}(\alpha)e^{\lambda_n\alpha}d\alpha. \qquad (2.25)$$

Аналогично можно записать выражение для функции $\Phi_2(\alpha,\beta)$ и т. д. Имея функцию Ф, с помощью формул (I.2), (I.6) можно исследовать напряженно-деформированное состояние стержня и определить жесткость, зависящую от δ.

ЕГУ, Региональный университет г.Камо *Поступила 29.03.1995*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лехницкий С.Г.** Кручение анизотропных и неоднородных стержней.- Главная редакция физ.-мат.литерат. М.:Изд-во Наука, 1971, 240 с.
2. **Лехницкий С.Г.** Теория упругости анизотропного тела. - Там же. 1977, 414 с.
3. **Арутюнян Н.Х., Абрамян Б.Л.** Кручение упругих тел. М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы, 1963, 686 с.
4. **Саркисян В.С.** Некоторые задачи математической теории упругости аннзотропного тела. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1976, 534 с.
5. **Саркисян В.С., Нур Х.М.** Об одной задаче теории кручения анизотропных стержней.- Уч. записки ЕГУ, №1, 1994, с. 51-57.

Վ.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ս.Վ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Վ.Ժ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԷԼԻՊՍԱԿԱՆ ԿԻՍԱՕՂԱԿԱՁԵՎ ԼԱՅՆԱԿԱՆ ԿՏՐՎԱԾՔՈՎ ԱՆԻԶՈՏՐՈՊ ՊՐԻԶՄԱՏԻԿ ՁՈՂԻ ՈԼՈՐՈՒՄԸ

Ամփոփում

Դիտարկվում է ուղղագծային անիզոտրոպիայով օժտված էլիպսական կիսաօղակաձև լայնական կտրվածքով պրիզմատիկ ձողի ոլորման խնդիրը: Մտցված է փոքր ֆիզիկական պարամետրը, որը բնութագրվում է ձողի նյութի անիզոտրոպությունը, և էլիպսական կոորդինատներում լարումների ֆունկցիայի համար լուծումը կառուցվում է ըստ այդ պարամետրի շարքով:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Физика

УДК 524.834

Г.Г.АРУТЮНЯН, А.Э.МАЛУМЯН, В.В.ПАПОЯН, Е.С.ОГАНЕСЯН

РАДИАЛЬНЫЕ ПУЛЬСАЦИИ САМОГРАВИТИРУЮШИХ КОНФИГУРАЦИЙ В ТЕОРИИ ЙОРДАНА-БРАНСА-ДИККЕ.I

Выполнен анализ адиабатических радиальных пульсаций невращающейся звезды в теории гравитации Йордана-Бранса-Дикке. Сформулированы динамические уравнения и граничные условия, описывающие малые радиальные пульсации звезды. Задача сводится к проблеме собственных функций, собственных значений.

1. Введение. Корректное решение проблемы устойчивости самогравитирующих объектов в общем случае предполагает необходимость исследования их поведения относительно произвольных возмущений. В такой постановке задача оказывается чрезвычайно сложной, и поэтому в большинстве случаев приходится ограничиваться рассмотрением возмущений в виде радиальных пульсаций.

В настоящей работе (которая разделена на две части) проводится анализ адиабатических радиальных пульсаций невращающейся звезды в рамках тензорно-скалярной теории Йордана-Бранса-Дикке. Общий метод решения аналогичной задачи в теории Эйнштейна был сформулирован Чандрасекаром [1], который впервые обнаружил релятивистскую неустойчивость. Полное решение было найдено Мельтцером и Торном [2]. Рассматриваемая самогравитирующая конфигурация представляет собой сферу из идеальной жидкости, пульсирующую радиально с малой амплитудой. Для анализа устойчивости необходимы

1) решения точных уравнений, описывающих равновесную конфигурацию, относительно которой рассматриваются малые пульсации звезды;

2) система координат, описывающих колеблющуюся сферу, которая при нулевой амплитуде пульсаций сводится к стандартной системе координат кривизны для равновесной звезды;

3) набор малых функций, описывающих пульсации (радиальное смещение и скорость, возмущения давления и плотности, изменения первого порядка малости в метрических коэффициентах), по которым происходит линеаризация;

4) набор уравнений, определяющих эволюцию этих возмущений.

2. Динамические уравнения. Допустим, что рассматриваемая звездная конфигурация пульсирует радиально, без отклонений от сферической симметрии. Тогда ее пространственно-временная геометрия будет также сферической. Известно, что для любого динамического или статического сферически-симметричного пространства-времени можно ввести координаты так, чтобы выражение для метрической формы имело бы вид

$$dS^2 = e^{2\alpha}dt^2 - e^{2\beta}dr^2 - r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2\right), \qquad (2.1)$$

где $\alpha = \alpha(t,r)$, $\beta = \beta(t,r)$.

Предполагается, что пульсации имеют очень малую амплитуду, и поэтому мет-

рические коэффициенты α, β, термодинамические величины P (давление), ε (плотность) и n (плотность числа частиц), измеренные покоящимся относительно жидкости наблюдателем, очень мало отличаются от своих невозмущенных значений. Пусть $\delta\alpha$, $\delta\beta$, δP, $\delta\varepsilon$, δn и δy - возмущения этих величин:

$$\alpha(t,r)=\alpha_0(r)+\delta\alpha(t,r);\ \beta(t,r)=\beta_0(r)+\delta\beta(r,t),$$
$$P(t,r)=P_0(r)+\delta P(t,r);\ \varepsilon(t,r)=\varepsilon_0(r)+\delta\varepsilon(t,r), \qquad (2.2)$$
$$n(t,r)=n_0(r)+\delta n(t,r);\ y(t,r)=y_0(r)+\delta y(t,r)$$

(здесь y - гравитационный скаляр теории ЙБД, индексом "0" снабжены равновесные значения). Кроме указанных малых величин, для описания пульсаций необходимо также ввести радиальное смещение жидкости от своего равновесного положения ξ: жидкий элемент, локализованный на координатном радиусе r в невозмущенной конфигурации, смещается к координатному радиусу $r+\xi(r,t)$ за координатное время t.

Для анализа пульсаций необходимо линеаризовать все уравнения по вышеуказанным возмущениям.

Эволюция функций возмущения со временем определяется полевыми уравнениями тензорно-скалярной теории тяготения Йордана-Бранса-Дикке, законом сохранения энергии-импульса $T^{\mu}_{\nu;\mu}=0$ и законами термодинамики, которые линеаризованы соответствующим образом.

Два уравнения из системы уравнений гравитационного поля можно использовать для определения возмущений метрики $\delta\beta$ и $\delta\alpha$. Из уравнения

$$\hat{G}^1_0=\frac{1}{y}T^1_0, \text{ или} \qquad (2.3)$$

$$e^{-2\beta}\left[\alpha'\dot{y}/y+\dot{\beta}\left(\frac{2}{r}+y'/y\right)-\dot{y}'/y+\zeta\,\dot{y}y'/y^2\right]=-\frac{1}{y}(P+\varepsilon)U^1U_0,$$

где $\hat{G}^{\alpha}_{\beta}=G^{\alpha}_{\beta}-y^{\alpha}_{;\beta}/y+\zeta y^{\alpha}y_{\beta}/y^2+\delta^{\alpha}_{\beta}\left(y^{\mu}_{;\mu}/y-\frac{\zeta}{2}\frac{y^{\mu}y_{\mu}}{y^2}\right)$, после линеаризации по возмущениям получаем выражение для $\delta\beta$:

$$\delta\beta=\frac{1}{\left(\frac{2}{r}y_0+y_0'\right)}\left\{\delta y'-\delta y(\alpha_0'+\zeta y_0'/y_0)-\xi e^{2\beta_0}(\varepsilon_0+P_0)\right\}. \qquad (2.4)$$

В (2.4) использованы выражения для компонент 4-скорости

$$U^0=e^{-\alpha}=e^{-\alpha_0}(1-\delta\alpha),\ U^1=\dot{\xi}e^{-\alpha_0}, \qquad (2.5)$$

которые легко получаются из очевидных соотношений

$$\frac{U^1}{U^0}=\frac{(dr/ds)}{(dt/ds)}=\frac{dr}{dt}=\frac{d\xi}{dt}=\dot{\xi},$$
$$g_{ik}U^iU_k=1\Rightarrow e^{2\alpha}\left(U^0\right)^2-e^{2\beta}\left(U^1\right)^2=1.$$

Из уравнения $\hat{G}_1^1 = T_1^1 / y$ после линеаризации следует

$$e^{-2\alpha_0}\delta\ddot{y} - e^{-2\beta_0}\left[\delta y\left(\frac{1-e^{2\beta_0}}{r^2}+\frac{2\alpha_0'}{r}-\frac{\zeta}{2}\frac{y_0'^2}{y_0^2}\right)+\right.$$

$$\left.+\delta y'\left(\alpha_0'+\frac{2}{r}+\zeta\, y_0'/y_0\right)+\delta\alpha'\left(y_0'+2y_0/r\right)\right]+ \qquad (2.6)$$

$$+2\delta\beta\left(P_0+y_0/r^2\right)=-\delta P.$$

(2.6) можно использовать для определения $\delta\alpha'$.

Уравнение $T^{\nu}_{0;\nu}=0$ дает

$$\delta\varepsilon=-\left(P_0+\varepsilon_0\right)\left\{\delta\beta+\frac{e^{-\beta_0}}{r^2}\left(r^2e^{\beta_0}\xi\right)'\right\}-\xi\varepsilon_0', \qquad (2.7)$$

а из $T^{\nu}_{1;\nu}=0$ получаем аналог уравнения Эйлера

$$\ddot{\xi}\left(\varepsilon_0+P_0\right)e^{2(\beta_0-\alpha_0)}=-\left[\delta P'+\delta\alpha'\left(P_0+\varepsilon_0\right)+\alpha_0'\left(\delta\varepsilon+\delta P\right)\right]. \qquad (2.8)$$

Для определения δP воспользуемся законом сохранения барионов $\left(nU^{\mu}\right)_{;\mu}=0$, который после линеаризации сводится к виду

$$\Delta n=\delta n+\xi n_0'=-n_0\left[\delta\beta+\frac{e^{-\beta_0}}{r^2}\left(r^2e^{\beta_0}\xi\right)'\right], \qquad (2.9)$$

а также условием адиабатичности (перенос тепла между соседними жидкими элементами пренебрежимо мал)

$$\frac{n}{P}\cdot\frac{\Delta P}{\Delta n}=\gamma, \qquad (2.10)$$

где $\gamma=\frac{1}{P_0}\left(\varepsilon_0+P_0\right)\cdot\frac{dP_0}{d\varepsilon_0}$ - показатель адиабаты, а $\Delta(\cdots)=\delta(\cdots)+\xi(\cdots)$ о - лагранжевы изменения соответствующих величин, измеренные наблюдателем, движущимся вместе с жидкостью. Из (2.9) и (2.10) находим δP

$$\delta P=-P_0\cdot\gamma\left[\delta\beta+\frac{e^{-\beta_0}}{r^2}\left(r^2e^{\beta_0}\xi\right)'\right]-\xi P_0'. \qquad (2.11)$$

Задача замыкается, если дополнить систему уравнением, определяющим скалярный потенциал y:

$$y^{\mu}_{;\mu}/y=T/y\left(3-2\zeta\right),$$

которое после линеаризации служит для определения δy:

$$e^{-2\alpha_0}\delta\dot{y} = e^{-2\beta_0}\left\{\delta y'' + \delta y'\left(\alpha_0' - \beta_0' + \frac{2}{r}\right) + \right.$$
$$\left. + y_0'\left(\delta\alpha' - \delta\beta'\right)\right\} + \frac{\delta\varepsilon - 3\delta P}{3-2\zeta} + 2\delta\beta\frac{\varepsilon_0 - 3P_0}{3-2\zeta}. \qquad (2.12)$$

3. Радиальные пульсации и граничные условия. Дальнейшая процедура определения радиальных пульсаций звезды сводится к следующему. Видоизменим уравнения Эйлера введением перенормированной функции смещения Ω, а также

$$\Omega = r^2 e^{-\alpha_0}\xi, \qquad W = \frac{e^{3\beta_0+\alpha_0}\left(P_0+\varepsilon_0\right)}{r^2}, \qquad N = \frac{\gamma P_0}{r^2}e^{\beta_0+3\alpha_0},$$

$$Q = \frac{e^{3\alpha_0+\beta_0}}{r^2}\left\{P_0\gamma\left[\left(\alpha_0'+\beta_0'\right)' - \frac{2}{r}\left(\alpha_0'+\beta_0'\right) + 2\alpha_0'\left(\alpha_0'+\beta_0'\right) + \right.\right.$$

$$\left. + \left(\frac{2}{r} + \beta_0' - \alpha_0'\right)\frac{e^{2\beta_0}\left(P_0+\varepsilon_0\right)}{y_0' + \frac{2}{r}y_0} - \left(\frac{e^{2\beta}\left(P_0+\varepsilon_0\right)}{y_0' + \frac{2}{r}y_0}\right)^2\right] + \left(P_0\gamma\right)'\left(\alpha_0'+\beta_0'\right) -$$

$$- P_0'\left(\frac{2}{r} + \beta_0'\right) - \alpha_0''\left(P_0+\varepsilon_0\right) + \frac{2P_0'\left(P_0+\varepsilon_0\right)e^{2\beta_0}}{y_0' + \frac{2}{r}y_0} +$$

$$\left. + 2\left(P_0 + \frac{y_0}{r^2}\right)\left[\frac{e^{2\beta_0}\left(P_0+\varepsilon_0\right)}{y_0' + y_0\frac{2}{r}}\right]^2 - \left[\frac{P_0\gamma e^{2\beta_0}\left(P_0+\varepsilon_0\right)}{y_0' + \frac{2}{r}y_0}\right]'\right\},$$

$$K = e^{2\alpha_0+\beta_0}\left\{\left[P_0\gamma\frac{\left(\delta y' - \delta y\left(\alpha_0' + \zeta\, y_0'/y_0\right)\right)}{y_0' + \frac{2}{r}y_0}\right]' + \right.$$

$$+ \frac{\left(\delta y' - \delta y\left(\alpha_0' + \zeta\, y_0'/y_0\right)\right)}{y_0' + \frac{2}{r}y_0}\left[\left(P_0(\gamma-2) - \frac{2y_0}{r^2}\right)\frac{e^{2\beta_0}}{y_0' + \frac{2}{r}y_0}\left(P_0+\varepsilon_0\right) + \right.$$

$$\left. + \varepsilon_0' P_0\gamma + \alpha_0'\left(P_0+\varepsilon_0\right)\right] + \frac{\left(P_0+\varepsilon_0\right)}{y_0' + \frac{2}{r}y_0}\left[\delta y'\left(\alpha_0' + \frac{2}{r} + \zeta\frac{y_0'}{y_0}\right) + \right.$$

$$\left.\left. + \delta y\left(\frac{1-e^{2\beta_0}}{r^2} + \frac{2\alpha_0'}{r} - \frac{\zeta}{2}\frac{y_0'^2}{y_0^2}\right)\right]\right\},$$

В результате (2.8) принимает вид

$$W\left(\ddot{\Omega}+\frac{r^2e^{-\alpha_0}}{y_0'+y_0\dfrac{2}{r}}\delta\ddot{y}\right)=\left(N\Omega'\right)'+\Omega Q+K. \qquad (2.8\text{ а})$$

Оно представляет собой динамическое уравнение, описывающее звездные пульсации. Физически приемлемы лишь те решения (2.8 а), для которых функция смещения вызывает конечные возмущения плотности и давления ($\delta\varepsilon$ и δP) в центре сферы, т.е. ξ / r конечно или равно нулю в пределе при $r \to 0$, а также оставляет равным нулю давление на поверхности звезды, что означает

$$\Delta P=-\gamma\frac{P_0}{r^2}e^{\alpha_0}\left(r^2e^{-\alpha_0}\xi\right)'\to 0,\quad r\to R.$$

Допустим, как обычно, что перенормированная функция смещения периодически зависит от времени

$$\Omega=\Omega_0(r)e^{-i\sigma t}.$$

В связи с этим естественно считать, что остальные возмущения имеют такую же временную зависимость (индексом нуль снабжены значения соответствующих величин в отсутствие радиальных движений и амплитудные значения возмущений).

Тогда динамическое уравнение (2.8 а) и граничные условия сводятся к задаче на собственные значения для частоты σ и амплитуды $\Omega_0(r)$:

$$\left(N\Omega_0'\right)'+Q\Omega_0+K=-\sigma^2\left(\Omega_0+\frac{r^2e^{-\alpha_0}\delta y}{y_0'+\dfrac{2}{r}y_0}\right)W, \qquad (2.8\text{ б})$$

Ω_0/r^3 конечно или равно нулю при $r \to 0$ и

$$\frac{\gamma P_0}{r^2}e^{\alpha_0}\Omega_0'\to 0 \text{ при } r\to R.$$

Методы решения этой задачи на собственные значения обсуждены Бардиным, Торном и Мельтцером [3]. Один из методов состоит в требовании экстремума

$$\sigma^2=\frac{\int_0^R\left(N\Omega_0'^2-Q\Omega_0^2-K\Omega_0\right)dr}{\int_0^R W\left(\Omega_0^2+\dfrac{r^2e^{-\alpha_0}}{y_0'+\dfrac{2}{r}y_0}\Omega_0\delta y_0\right)dr}, \qquad (2.12)$$

где $\Omega_0(r)$ изменяется так, чтобы удовлетворялись граничные условия.

Абсолютный минимум выражения (2.12) дает квадрат частоты основной моды пульсаций. Если он отрицателен, то звезда неустойчива ($e^{-i\sigma t}$ экспоненциально растет со временем). Если он положителен, то звезда устойчива относительно адиабатических радиальных возмущений. Результаты численных расчетов поставленной задачи в рамках теории Йордана-Бранса-Дикке будут представлены во второй части настоящей работы.

Авторы благодарны участникам семинара кафедры теоретической физики за об-

ЛИТЕРАТУРА

1. **Chandrasekhar S.** Phys. Rev.Lett., 1964, v.12, p.114, 437.
2. **Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж.** Гравитация, М:, Мир, 1977.
3. **Bardeen Y.M., Thorne K.S., Meltzer D.W.** Astrophys. Y., 1966, v.145, p.505.

Գ.Հ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ա.Ի. ՄԱԼՈՒՄՅԱՆ, Վ.Վ. ՊԱՊՈՅԱՆ, Ե.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ԻՆՔՆԱՋԳՈՂԱԿԱՆ ԿՈՆՖԻԳՈՒՐԱՑԻԱՆԵՐԻ ՇԱՌԱՎՂԱՅԻՆ ԲԱԲԱԽՈՒՄՆԵՐԸ ՅՈՐԴԱՆ-ԲՐԱՆՍ-ԴԻԿԿԵԻ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐՈՒՄ: I

Ամփոփում

Յորդան-Բրանս-Դիկկեի տեսության սահմաններում քննարկված են սֆերիկ կոնֆիգուրացիաների շառավղային բաբախումները: Ձևակերպված են փոքր շառավղային տատանումները նկարագրող դինամիկ հավասարումները և սահմանային պայմանները: Խնդիրը բերված է սեփական ֆունկցիաների և սեփական արժեքների պրոբլեմին:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Физика

УДК 535

О.С.ЕРИЦЯН, Г.А.ВАРДАНЯН, А.А.ГЕВОРГЯН, Ж.О.НИНОЯН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ ВБЛИЗИ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ИНТЕРВАЛА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПЕРЕХОДА В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ

Предложен новый бесконтактный эллипсометрический метод, позволяющий определить диэлектрическую и магнитную проницаемости среды. Метод может применяться для определения параметров сверхпроводящих материалов вблизи точки перехода в сверхпроводящее состояние, а также для контролирования синтеза таких материалов.

1. Введение. Метод основан на измерении поляризационной характеристики $f = \Delta\Phi_1/\Delta\Phi$, характеризирующей взаимодействие электромагнитной волны (света) с изучаемой средой; здесь Φ - азимут поляризации электромагнитной волны, падающей на границу среды, Φ_1 - то же для отраженной волны.

Величина f отличается от 1, если в данной задаче взаимодействия волны со средой отсутствует симметрия по отношению к повороту эллипса поляризации падающей волны вокруг направления ее распространения, и может быть использована для измерения параметров среды [1,2]. Указанная ассиметрия в случае изотропной однородной негиротропной среды, какой предполагается образец, подлежащий исследованию обеспечивается тем, что волна пускается на образец наклонно, а поляризация отличается от круговой.

2. Исходные выражения и расчеты на ЭВМ. Зависимость Φ_1 от Φ имеет вид

$$\Phi_1 = \frac{1}{2}\operatorname{arctg}\left(\frac{2\rho_0 \operatorname{tg}\Phi}{1-\rho_0^2\operatorname{tg}^2\Phi}\cos\alpha\right), \qquad (1)$$

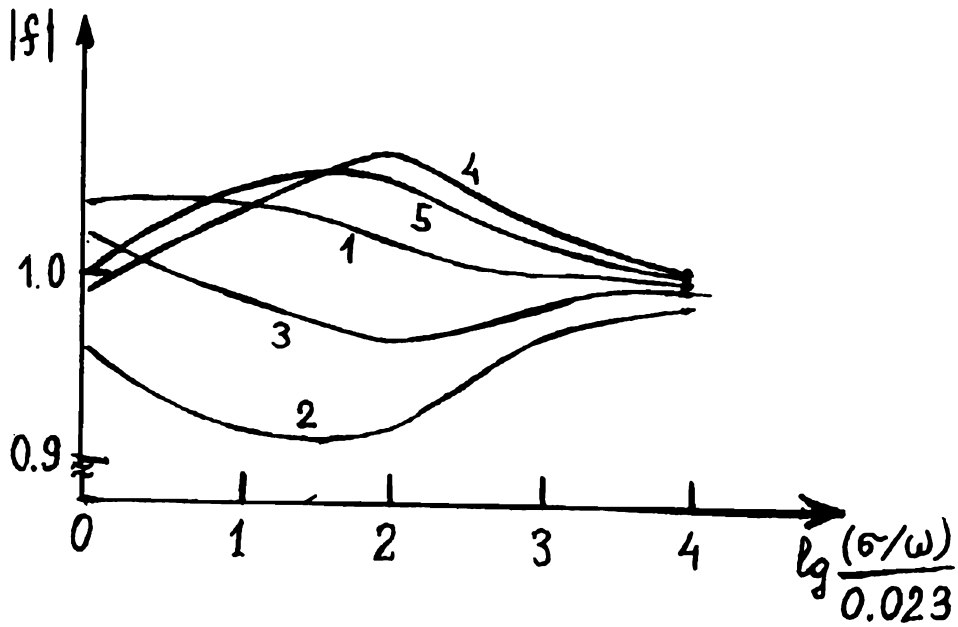
где ρ_0 и α - модуль и аргумент следующего выражения:

$$\rho_0 e^{i\alpha} = \frac{\left(\sqrt{\tilde{\varepsilon}\mu-\sin^2\theta}-\tilde{\varepsilon}\sqrt{1-\sin^2\theta}\right)\left(\mu\sqrt{1-\sin^2\theta}+\sqrt{\tilde{\varepsilon}\mu-\sin^2\theta}\right)}{\left(\sqrt{\tilde{\varepsilon}\mu-\sin^2\theta}+\tilde{\varepsilon}\sqrt{1-\sin^2\theta}\right)\left(\mu\sqrt{1-\sin^2\theta}+\sqrt{\tilde{\varepsilon}\mu-\sin^2\theta}\right)}, \qquad (2)$$

$\tilde{\varepsilon} = \varepsilon_0 + i\dfrac{4\pi\sigma}{\omega}$ - диэлектрическая проницаемость образца, μ - его магнитная проницаемость, θ - угол падения, σ - электропроводность на частоте ω падающей волны, которую будем считать плоскополяризованной.

На рисунке приведен ряд кривых зависимости $|f|$ от σ/ω.

Значения азимутов поляризации падающей волны равны 15, 30, 45, 60 и 75^0 для кривых 1-5 соответственно. Ординаты, для которых $\lg\frac{(\sigma/\omega)}{0.028}=1$, соответствуют меди. По значениям $\tilde{n}=n_0+i\chi$, где $\tilde{n}$ - комплексный показатель преломления, вычислены действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости $\tilde{\varepsilon}=\varepsilon_0+i\frac{4\pi\sigma}{\omega}$ меди. Остальные значения σ/ω равны $(\sigma/\omega)_{\text{меди}}\cdot 10^k$, где k=-1,1.2.-3; значение k=0 соответствует меди. Азимуты поляризации отсчитывались от нормали к плоскости падения. Угол падения 10^0.



3.Обсуждение результатов. Как видно из кривых, изменение σ/ω приводит к вполне измеримым изменениям величины f, по которым и можно судить о ходе изменения σ/ω с температурой. При больших значениях σ/ω кривые асимптотически приближаются к прямой f=1, так как коэффициент отражения для любой поляризации стремится к 1, а отличие f от 1 обусловлено отличием друг от друга коэффициентов отражения *p*- и *s*-поляризаций.

4.Обсуждение методики измерения $|f|$. Так как сигнал, регистрирующий измеряемую величину, обычно электрический, то чувствительность измерения может быть увеличена: изменяя азимут Φ около произвольного фиксированного значения Φ_0 периодически с частотой Ω, получаем периодически изменяющийся электрический сигнал, который может быть усилен резонансным усилителем.

Для измерения $|f|$ по измерению интенсивности, прошедшей через анализатор, поставленный перед отраженным лучом, можно поступить следующим образом. Поставим поляризатор в положение, соответствующее азимуту Φ_0. Измерим эллиптичность e отраженной волны и интенсивность отраженной волны I. Поставим анализатор перед отраженным лучом так, чтобы его направление пропускания составляло угол $\varphi=45^0$ с большой полуосью эллипса поляризации отражен-

ной волны. Изменим теперь Φ по закону $\Phi = \Phi_0 + \Delta\Phi_m \cos\Omega t$. Тогда амплитуда изменения интенсивности света, прошедшего через анализатор, будет равна

$$\Delta I_m = I_0 \frac{1-e^2}{1+e^2} \Delta\Phi_m |f|. \qquad (3)$$

Измеряя ΔI_m, можно определить $|f|$:

$$|f| = \frac{\Delta I_m (1+e^2)}{I_0 \Delta\Phi_m (1-e^2)}. \qquad (4)$$

Значение $|f|$ будет соответствовать выбранному значению азимута Φ_0 поляризации падающей волны, около которого этот азимут меняется периодически с амплитудой $\Delta\Phi_m$. Угол $\varphi = 45^0$ удобен тем, что для определения $|f|$ по ΔI_m не надо знать производной $de/d\Phi$.

Кафедра общей физики

Поступила 25.11.1994

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ерицян О.С.** Изв. АН АрмССР, Физика, 1984, т.19, с.70-73.
2. **Геворгян А.А.** Эффекты оптической азимутальной неоднородности в жидких кристаллах. Кандидатская диссертация. Ер., ЕГУ, 1987.

Հ.Ս.ԵՐԻՑՅԱՆ, Գ.Ա.ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ա.Հ.ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ժ.Հ.ՆԻՆՈՅԱՆ

ԳԵՐՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆՆ ԱՆՑՄԱՆ ՎԵՐԻՆ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՑԻՆ ՍԱՀՄԱՆԻՆ ՀԱՐՈՂ ՄԻՋԱԿԱՑՔՈՒՄ ՆՅՈՒԹԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԻ ԵՂԱՆԱԿԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Առաջարկված է նյութի էլեկտրական և մագնիսական թափանցելիությունների որոշման մի նոր ոչ կոնտակտային էլիպսաչափական եղանակ: Այս եղանակը կարող է կիրառվել գերհաղորդականության անցման կետի շրջակայքում գերհաղորդիչների պարամետրերը որոշելու համար, ինչպես նաև այդպիսի նյութերի սինթեզը հսկելու համար:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Физика

УДК 532.783.535

А.А.ГЕВОРГЯН, А.М.СЕДРАКЯН

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ УСИЛЕНИЯ ПОВОРОТА ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ АЗИМУТА ПОЛЯРИЗАЦИИ В АНИЗОТРОПНЫХ И ИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ

Решены некоторые прямые задачи теории азимутальной неоднородности. Рассматриваются случаи распространения света через слой анизотропных и изотропных сред. Показывается, что при существовании усиления поворота плоскости поляризации с отсутствием эллиптичности разрешающая способность усилителя всегда меньше, в лучшем случае равна единице. Рассматривается возможность существования практически идеальных стабилизаторов азимута поляризации.

Усилению поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации посвящены [1,3] основополагающие работы. Дальнейшее развитие теория азимутальной неэквивалентности получила в работах [4-10]. В работе [9] показано, что в общем случае усиление поворота плоскости поляризации света достигается или за счет уменьшения интенсивности света или за счет увеличения эллиптичности поляризации. В работе [10] предлагается метод усиления поворота плоскости поляризации с применением двухслойной пластинки.

В данной работе исследуются возможности получения усиления поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации без эллиптичности при прохождении света через анизотропную пластинку и через изотропную пластинку с отличным от нуля углом падения.

1. Прохождение света через плоскопараллельную пластинку из анизотропного кристалла при отсутствии поглощения. Допустим, что пластинка с обеих сторон граничит с однородными и изотропными полубесконечными средами с коэффициентами преломления n_1 и n_2. Пусть пластинка занимает область $0 \le z \le d$, плоскость раздела совпадает с плоскостью xy, а из области $z<0$ на границу $z=0$ по нормали падает линейнополяризованная волна. Оптическая ось среды параллельна оси x. Решение граничной задачи в этом случае приводит к таким результатам:

$$E_{tx,y} = A_{tx,y} e^{i\phi_{tx,y}} E_{x,y};\ E_{rx,y} = A_{rx,y} e^{i\phi_{rx,y}} E_{x,y}, \tag{1}$$

где

$$A_{tx,y} = \frac{2n_1 n_{x,y}}{\Delta_{x,y}},\ A_{rx,y} = \frac{\sqrt{n_{x,y}^2 \left(n_2 - n_1\right)^2 \cos^2\alpha_{x,y} + \left(n_1 n_2 - n_{x,y}^2\right)^2 \sin^2\alpha_{x,y}}}{\Delta_{x,y}},$$
$$\phi_{tx,y} = \mathrm{Arctg}\left[\frac{\left(n_1 n_2 + n_{x,y}^2\right)}{n_{x,y}\left(n_1 + n_2\right)} \mathrm{tg}\alpha_{x,y}\right], \tag{2}$$

$$\phi_{rx,y} = \mathrm{Arctg}\left[\frac{2n_{x,y}\left(n_{x,y}^2 - n_2^2\right)\sin\alpha_{x,y}}{n_{x,y}^2\left(n_1^2 - n_2^2\right)^2\cos^2\alpha_{x,y} + \left(n_2^2 n_1 - n_{x,y}^4\right)\sin^2\alpha_{x,y}}\right],$$

$$\Delta_{x,y} = \sqrt{n_{x,y}^2\left(n_1 + n_2\right)^2\cos^2\alpha_{x,y} + \left(n_1 n_2 + n_{x,y}^2\right)^2\sin^2\alpha_{x,y}},$$

$\alpha_{x,y} = \dfrac{\omega}{c} n_{x,y} d$, n_x, n_y - коэффициенты преломления обыкновенной и необыкновенной волны соответственно, d - толщина пластинки, λ - длина волны в ваккуме, $E_{x,y}$ - компоненты поля падающей волны.

Обсудим возможность получения усиления поворота плоскости поляризации при отсутствии эллиптичности. В [2] рассматривалась возможность получения усиления без эллиптичности в случае $n_1 = n_2 = 1$, т. е. когда пластинка находится в вакууме. Обсудим теперь возможности получения усиления при отсутствии эллиптичности, когда n_1 и n_2 не равны единице.

Как видно из (2), при $n_x = n_2$, $\cos\alpha_y = 0$ или при $n_y = n_2$, $\cos\alpha_x = 0$ величина $\phi_{rx} - \phi_{ry} = \pm m\pi$, т.е. в этих случаях отраженная волна имеет линейную поляризацию при любом азимуте поляризации падающего линейнополяризованного света.

Как известно, при отсутствии эллиптичности коэффициент усиления определяется по формуле [2]

$$f_i = \pm A_i \frac{1 + \mathrm{tg}^2\varphi}{1 + A_i^2\mathrm{tg}^2\varphi} \quad (i = r,t), \tag{3}$$

а максимальное усиление при $|A_i| > 1$ получается на азимуте $\varphi_{\max} = \pm m\pi$ и $|f_i|_{\max} = |A_i|$, а при $|A_i| < 1$ на азимуте $\varphi_{\max} = \pm(2m+1)\dfrac{\pi}{2}$ и $|f_i|_{\max} = |1/A_i|$.

При $n_2 = n_x$, $\cos\alpha_y = 0$ величина $A_{rx} = \dfrac{n_x - n_1}{n_x + n_1}$, $A_{ry} = \dfrac{n_x n_1 - n_y^2}{n_x n_1 + n_y^2}$, а

$$A_r = \frac{A_{ry}}{A_{rx}} = \frac{\left(n_x n_1 - n_y^2\right)\left(n_x + n_1\right)}{\left(n_x n_1 + n_y^2\right)\left(n_x - n_1\right)}. \tag{4}$$

Так как $A_r \neq 1$ ($A_r = 1$ при $n_1 = n_y$, а такое равенство нами не предполагается), то имеет место усиление поворота плоскости поляризации при отсутствии эллиптичности. Как видно из (4), варьируя значениями n_x, n_y и n_1, можно получить сколь угодно большие усиления. Однако проблема в том, что при больших значениях максимального усиления значение коэффициента отражения на азимуте $\varphi_{\max}$ очень мало.

В общем случае при отсутствии эллиптичности усиление получается за счет уменьшения интенсивности. Действительно, если $|f_i|_{\max} >> 1$, то это означает, что либо $|A_{ix}| >> |A_{iy}|$, либо $|A_{ix}| << |A_{iy}|$. При $|A_{iy}| >> |A_{ix}|$ максимальное усиление по-

лучается на азимуте $\varphi_{\max} = \pm m\pi$, следовательно, $I_{i\max} = |A_{ix}|^2$, т.е. интенсивность очень мала $\left(I_r = R,\ I_t = T,\ I_i = \left(|E_{ix}|^2 + |E_{iy}|^2\right) \Big/ \left(|E_x|^2 + |E_y|^2\right)\right)$. Если же $|A_{iy}| << |A_{ix}|$, то максимальное усиление получается на азимуте $\varphi_{\max} = \pm(2m+1)\dfrac{\pi}{2}$ и $I_{i\max} = |A_{iy}|$, т.е. опять очень мало.

Разрешающая способность на азимуте максимального усиления при $|A_{iy}| > |A_{ix}|$ равна:

$$P_{i\max} = \sqrt{\frac{|A_{iy}|^2}{|A_{ix}|^2}|A_{ix}|^2} = |A_{iy}| \le 1, \tag{5}$$

а при $|A_{iy}| < |A_{ix}|$,

$$P_{i\max} = |A_{ix}| \le 1, \tag{6}$$

т.е. при отсутствии эллиптичности в случае существования усиления разрешающая способность на азимуте максимального усиления меньше, в лучшем случае равна единице.

В случае $n_y = n_2$, $\cos\alpha_x = 0$ величина

$$A_{rx} = \frac{\left(n_1 n_y - n_x^2\right)}{\left(n_1 n_y + n_x^2\right)}, \text{ а } A_{ry} = \frac{n_y - n_1}{n_y + n_1}.$$

Величина

$$A_r = \frac{A_{ry}}{A_{rx}} = \frac{\left(n_y - n_1\right)\left(n_1 n_y + n_x^2\right)}{\left(n_y + n_1\right)\left(n_1 n_y - n_x^2\right)}. \tag{7}$$

Так как $A_r \neq 1$ ($A_r = 1$ при $n_1 = n_x$), то в этом случае тоже имеет место усиление поворота плоскости поляризации.

А теперь обсудим некоторые возможности получения стабилизации азимута поляризации при отсутствии эллиптичности, не рассмотренные в работе [2]:

а) $n_1 = n_2 = n_x$. Как видно из (2), в этом случае $A_{rx} = 0$, а величина

$$A_{ry} = \frac{\left(n_x^2 - n_y^2\right)\sin\alpha_y}{\sqrt{4n_x^2 n_y^2 \cos^2\alpha_y + \left(n_x^2 + n_y^2\right)^2 \sin^2\alpha_y}}, \tag{8}$$

т.е. при любом азимуте поляризации падающего света отраженный свет имеет линейную поляризацию по оси y;

б) $n_1 = n_2 = n_y$. В этом случае

$$A_{rx} = \frac{\left(n_y^2 - n_x^2\right)\sin\alpha_x}{\sqrt{4n_x^2 n_y^2 \cos^2\alpha_x + \left(n_x^2 + n_y^2\right)^2 \sin^2\alpha_x}}, \tag{9}$$

а $A_{ry}=0$, т.е. в этом случае при любом азимуте поляризации падающего света отраженный свет имеет линейную поляризацию по оси x;

в) $n_1=n_2$, $\sin\alpha_x=0$. В этом случае $A_{rx}=0$, а

$$A_{ry}=\frac{\left(n_1^2-n_y^2\right)\sin\alpha_y}{\sqrt{4n_1^2n_y^2\cos^2\alpha_y+\left(n_1^2+n_y^2\right)^2\sin^2\alpha_y}}; \qquad (10)$$

г) $n_1=n_2$, $\sin\alpha_y=0$. В этом случае $A_{ry}=0$, а

$$A_{rx}=\frac{\left(n_1^2-n_x^2\right)\sin\alpha_x}{\sqrt{4n_1^2n_x^2\cos^2\alpha_x+\left(n_1^2+n_x^2\right)^2\sin^2\alpha_x}}; \qquad (11)$$

д) $n_1n_2=n_x^2$, $\cos\alpha_x=0$. В этом случае $A_{rx}=0$, а

$$A_{ry}=\sqrt{\frac{n_y^2\left(n_2-n_1\right)^2\cos^2\alpha_y+\left(n_x^2-n_y^2\right)^2\sin^2\alpha_y}{n_y^2\left(n_1+n_2\right)^2\cos^2\alpha_y+\left(n_x^2+n_y^2\right)^2\sin^2\alpha_y}}; \qquad (12)$$

е) $n_1n_2=n_y^2$, $\cos\alpha_y=0$. В этом случае $A_{ry}=0$, а

$$A_{rx}=\sqrt{\frac{n_x^2\left(n_2-n_1\right)^2\cos^2\alpha_x+\left(n_y^2-n_x^2\right)^2\sin^2\alpha_x}{n_x^2\left(n_1+n_2\right)^2\cos^2\alpha_x+\left(n_y^2+n_x^2\right)^2\sin^2\alpha_x}}. \qquad (13)$$

Отметим, что в отличие от усиления поворота плоскости поляризации при стабилизации азимута поляризации проблема малости интенсивности света не так уже неразрешима. Например, в случаях в) и г) при $n_1=n_2\approx 0$ величина $A_{ry}\approx 1$, т.е. при таких условиях можно получить практически идеальный стабилизатор азимута поляризации.

Таким образом, вопрос о получении стабилизации азимута поляризации с отсутствием эллиптичности и практически сохранением интенсивности сигнала решен.

2. Прохождение света через изотропную плоскопараллельную пластинку с отличным от нуля углом падения. Пластинка с коэффициентом преломления n_2 с обеих сторон граничит с однородными и изотропными полубесконечными средами с коэффициентами преломления n_1 и n_3. Эта задача решена, в частности, в работах [3,4].Разлагая электрическое поле каждой волны (падающей, отраженной, прошедшей) на две составляющие, одна из которых лежит в плоскости падения (величины обозначены значком $\parallel$), другая - перпендикулярна к этой плоскости (обозначены значком $\perp$), представим решение этой задачи в виде

$$E_{rj}=A_{rj}e^{i\varphi_{rj}}E_j,$$
$$E_{tj}=A_{tj}e^{i\varphi_{tj}}E_j. \qquad (14)$$

где

$$A_{rj}=\sqrt{\frac{r_{j12}^2+r_{j23}^2+2r_{j12}r_{j23}\cos 2\alpha}{1+r_{j12}^2r_{j23}^2+2r_{j12}r_{j23}\cos 2\alpha}},$$

$$A_{tj}=\frac{t_{j12}t_{j23}}{\sqrt{1+r_{j12}^2r_{j23}+2r_{j12}r_{j23}\cos 2\alpha}}\cdot\sqrt{\frac{n_3\cos\theta_3}{n_1\cos\theta_1}},$$

$$\phi_{rj}=\operatorname{Arctg}\left[\frac{r_{j23}\left(1-r_{j12}^2\right)\sin 2\alpha}{r_{j12}\left(1+r_{j23}^2\right)+r_{j23}\left(1+r_{j12}^2\right)\cos 2\alpha}\right], \qquad (15)$$

$$\phi_{tj}=\operatorname{Arctg}\left[\frac{1-r_{j12}r_{j23}}{1+r_{j12}r_{j23}}\operatorname{tg}\alpha\right],$$

где $\alpha=\frac{2\pi}{\lambda}n_2d\cos\theta_2$, $j=\parallel,\perp$, r_{j12}, t_{j12} - коэффициенты преломления на первой границе пластинки, r_{j23}, t_{j23} - такие же коэффициенты на второй границе пластинки:

$$r_{\perp ik}=-\frac{\sin\left(\theta_i-\theta_k\right)}{\sin\left(\theta_i+\theta_k\right)},$$

$$r_{\parallel ik}=\frac{\operatorname{tg}\left(\theta_i-\theta_k\right)}{\operatorname{tg}\left(\theta_i+\theta_k\right)},$$

$$t_{\perp ik}=\frac{2\cos\theta_i\sin\theta_k}{\sin\left(\theta_i+\theta_k\right)}, \qquad (16)$$

$$t_{\parallel ik}=\frac{2\cos\theta_i\sin\theta_k}{\sin\left(\theta_i+\theta_k\right)\cos\left(\theta_i+\theta_k\right)},$$

где θ_1 и θ_2 - углы падения и преломления на первой границе пластинки, а θ_2 и θ_3 - на второй границе, при i=1 k=2, а при i=2 k=3.

Обсудим возможности получения усиления поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации при отсутствии эллиптичности.

1. $n_2d\cos\theta_2=\pm m\lambda/2$, где m - целое число. При таком условии, как видно из (15), и прошедшая волна, и отраженная волна имеют линейную поляризацию. Из (15) видно также, что при таком условии

$$A_{rj}=\frac{r_{j12}+r_{j23}(-1)^m}{1+r_{j12}r_{j23}(-1)^m},$$

$$A_{ij}=\frac{t_{j12}t_{j23}}{1+r_{j12}r_{j23}(-1)^m}\sqrt{\frac{n_3\cos\theta_3}{n_1\cos\theta_1}}. \qquad (17)$$

Так как в общем случае $A_{r\parallel}\neq A_{r\perp}$ ($A_{r\parallel}=A_{r\perp}$ при нормальном падении), то имеет место усиление поворота плоскости поляризации для отраженного света. А так как $A_{t\parallel}\neq A_{t\perp}$ ($A_{t\parallel}=A_{t\perp}$ при нормальном падении), то имеет место также уси-

ление поворота плоскости поляризации для прошедшего света.

2. $n_2 d\cos\theta_2 = \pm(2m+1)\lambda/4$, в этом случае тоже и прошедшая волна, и отраженная волна имеют линейную поляризацию. Тогда

$$A_{rj} = \sqrt{\frac{r_{j12}^2 + r_{j23}^2}{1 + r_{j23}^2 r_{j12}^2}},$$
$$A_{tj} = \frac{t_{j12} t_{j23}}{\sqrt{1 + r_{j12}^2 r_{23}^2}} \sqrt{\frac{n_3 \cos\theta_3}{n_1 \cos\theta_1}}, \qquad (18)$$

т.е. и для отраженного света, и для прошедшего света имеет место усиление поворота плоскости поляризации.

3. $\theta_1 + \theta_2 = \frac{\pi}{2}$, $\theta_2 + \theta_3 = \frac{\pi}{2}$. В этом случае $A_{r\perp} = 0$, $A_{r\parallel} \neq 0$, т.е. имеет место стабилизация азимута поляризации. При любом азимуте поляризации падающего света отраженная волна имеет только $A_{r\parallel}$ компоненту.

Кафедра общей физики

Поступила 16.03.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Запасский В.С.** ЖПС, 1982, т.37, с.181-186.
2. **Свиташев К.К. и Хасанов Г.** Опт. и спектр., 1983, т.54, с.538-539.
3. **Ерицян О.С.** Изв. АН АрмССР, Физика, 1984, т.19, с.70-73.
4. **Ерицян О.С.** Оптика гиротропных сред и холестерических жидких кристаллов. Ер.: Айастан, 1988, с.336.
5. **Геворгян А.А.** Кандидатская диссертация, Ер., 1987.
6. **Ганапетян М.А., Геворгян А.А., Ерицян О.С., Ниноян Ж.О.** Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1987, т.22, с.100-105.
7. **Геворгян А.А.** Уч. записки ЕГУ, 1986, N 3 (163), с.47-55.
8. **Геворгян А.А.** Уч. записки ЕГУ, 1988,N 3 (169) с.62-69.
9. **Варданян Г.А., Геворгян А.А., Седракян А.М., Меграбян А.З.** Уч. записки ЕГУ, 1993, N 1, с.26-39.
10. **Ерицян О.С.** Изв. АН Арм ССР, Физика, 1991, т.26, в.3, с.142-145.

Ա.Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա.Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ

ԱՆԻԶՈՏՐՈՊ ԵՎ ԻԶՈՏՐՈՊ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՀԱՐԹՈՒԹՅԱՆ ՊՏՈՒՅՏԻ ՈՒԺԵՂԱՑՄԱՆ ԵՎ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԱԶԻՄՈՒՏԻ ԿԱՅՈՒՆԱՑՄԱՆ ՄԻ ՇԱՐՔ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ամփոփում

Լուծվել են ազիմուտալ անհամասեռության տեսության մի շարք ուղիղ խնդիրներ: Դիտարկված է անիզոտրոպ միջավայրի շերտով լույսի անցման խնդիրը: Ցույց է տրված, որ եթե բեռեռացման հարթության պտույտի ուժեղացումը տեղի է ունենում էլիպսականության բացակայության դեպքում, ապա ուժեղացուցիչի լուծող ընդունակությունը միշտ փոքր է, լավագույն դեպքում հավասար է մեկի: Քննարկված է պրակտիկորեն իդեալական բևեռացման հարթության ազիմուտի կայունացուցիչի գոյությունը:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Химия

УДК 541.63:542.91:541.49:546.742:547.466

А.С.САГИЯН, С.М.ДЖАМГАРЯН, Г.Л.ГРИГОРЯН, С.К.ГРИГОРЯН, Ю.Н.БЕЛОКОНЬ

АСИММЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ D-АЛАНИНА ИЗ ГЛИЦИНА ЧЕРЕЗ ИХ НИКЕЛЕВЫЕ (II) КОМПЛЕКСЫ ШИФФОВЫХ ОСНОВАНИЙ С ХИРАЛЬНЫМ РЕАГЕНТОМ

По ранее разработанному нами методу осуществлен асимметрический синтез D-аланина из глицина через Ni^{2+} комплекс шиффового основания с хиральным реагентом D-2-N-(N'-бензилпролил) аминобензофеноном. Оптическая чистота полученного D-аланина превышает 99,8%.

D-аминокислоты широко применяют в медицине, фармакологии, пищевой промышленности и др. областях науки и техники. Введение D-аминокислот в состав лекарственных препаратов взамен их L-аналогов приводит к повышению эффективности препаратов. Напр., D-аланин является составной частью препаратов "Dalargyne", "Sepastamine" и др. [1]. Традиционный энзиматический метод получения D-аланина из N-ацетил-D, L-аланина с помощью ферментов аминоацилаз малоэффективен ввиду использования дорогостоящих реагентов и не обеспечивает высокую оптическую чистоту целевого продукта [2].

Ранее был разработан метод асимметрического химического синтеза L-аланина из глицина через никелевые комплексы шиффовых оснований с хиральными реагентами L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном и L-2-N-(N'-бензилпролил)аминоацетофеноном[3]. Можно было ожидать, что использование хирального реагента D-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенона позволит осуществить асимметрический синтез аланина D-абсолютной конфигурации.Действительно, в настоящей работе осуществлен асимметрический синтез D-аланина из глицина через Ni^{2+} комплекс

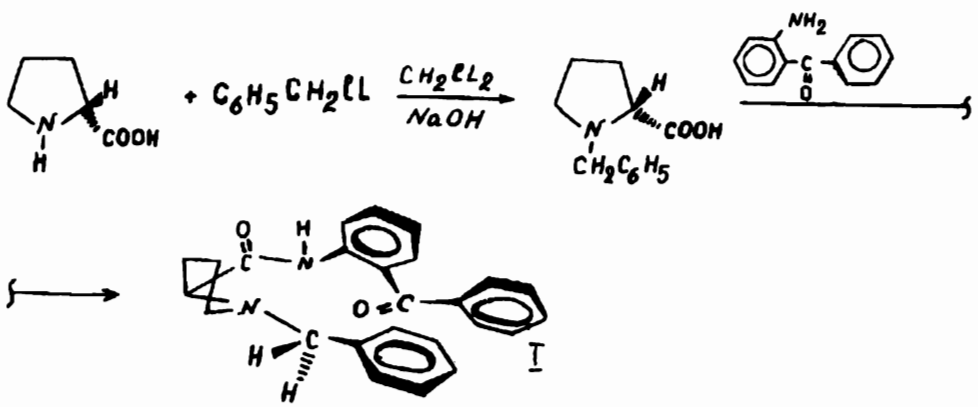


Схема1.

шиффового основания с хиральным реагентом D-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном. Для этого синтезировали хиральный реагент D-2-N-(N'-бензилпролил)

аминобензофеноном по аналогичной для хирального реагента L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенона методике [4], используя D-пролин взамен L-пролина (см.схему 1).

D-пролин превращают в N-бензил-D-пролин в среде CH_2Cl_2 действием бензилхлористого, затем его конденсируют с 2-аминобензофеноном в среде CH_2Cl_2, получая хиральный реагент D-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном (I). Строение и абсолютная конфигурация полученного хирального реагента I и промежуточного N-бензил-D-пролина установлены спектральными методами - ^{1}H-ЯМР, поляриметрическими измерениями (см.экспериментальную часть).

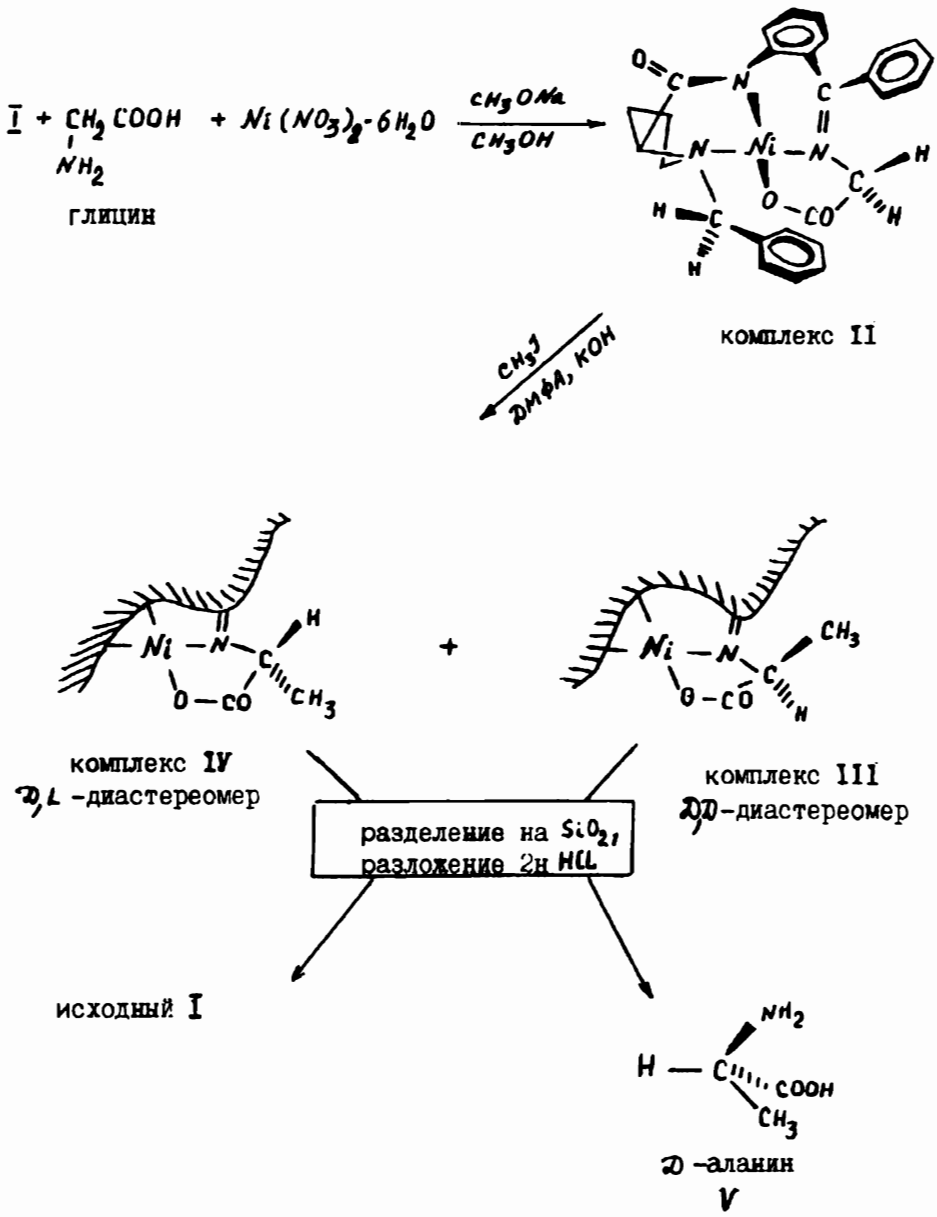


Схема 2.

Взаимодействие хирального реагента I с глицином и Ni^{2+} в присутствии метилата натрия приводит к образованию плоскоквадратного нейтрального комплекса Ni(II) шиффового основания глицина с хиральным реагентом D-2-N-(N'-бензилпролил)

аминобензофеноном (II) (см.схему 2). Комплекс окрашен в красный цвет, диамагнитный, хорошо растворим в $CHCl_3$ и не растворим в воде. За ходом реакции следили методом тонкослойной хроматографии.

Взаимодействие комплекса II с CH_3J в среде ДМФА под действием КОН приводит к образованию смеси комплексов Ni^{2+} оснований Шиффа хирального реагента с D-аланином (D,D-диастереомер) и L-аланином (D,L -диастереомер) (III и IV соответственно). За ходом реакции следили методом ТСХ на SiO_2 в системе $CHCl_3$:$(CH_3)_2CO$(3:1) по исчезновению пятна исходного комплекса II. После установления термодинамического равновесия соотношение комплексов D-аланина (III) и L-аланина (IV) составляет 97:3 соответственно (соотношение комплексов определяют спектрофотометрическим методом после их разделения на SiO_2). Основную фракцию (D,D-диастереомер) дополнительно очищали на сефадексе LH-20 в системе C_6H_6:C_2H_5OH (3:1) и характеризовали методом ^{1}H-ЯМР, электронными спектрами (uv, vis), поляриметрическими измерениями, элементным анализом (см. эксперим. часть). Данные спектрального анализа подтверждают представленную на схеме 2 структуру комплекса III. Для определения абсолютной конфигурации комплекса III снимали его кривые дисперсии оптического вращения (ДОВ) и сравнивали с кривыми ДОВ аналогично построенного комплекса Ni^{2+} основания Шиффа хирального реагента L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенона с L-аланином (L,L-диастереомер) (см. рис.1). Как было показано ранее, для L,L-диастереомера суммарная хиральность обусловлена конфигурационными вкладами асимметрических углеродных атомов хирального реагента и аминокислотного фрагмента, и в их кривых ДОВ наблюдается отрицательное значение эффекта Коттона при длине волны 400-500 *нм* [5]. Как видно из рис.I, кривая ДОВ полученного комплекса III является зеркальным изображением кривой ДОВ ранее полученного L,L-диастереомера и имеет характерное положительное значение эффекта Коттона при длине волны 400-500 *нм*. Следовательно, основная фракция, т.е. комплекс III имеет D,D-абсолютную конфигурацию. Образование комплекса Ni^{2+} основания Шиффа D-аланина с реагентом D-2-N-(N'-бензилпролил) аминобензофеноном (D,D-диастереомер) в избытке по сравнению с комплексом L-аланина (D,L-диастереомер) объясняется тем, что в нем α-H аланинового фрагмента расположен в сторону бензильной группы N-бензилпролинового фрагмента хирального реагента, а более объемистая группа CH_3- в противоположную сторону бензильной группы N-бензилпролинового фрагмента хирального реагента. Такое расположение является стерически выгодным и стабилизирует диастереомер D,D-абсолютной конфигурации. Термодинамическая нестабильность D,L-диастереомера является следствием стерических напряжений, вызванных расположением объемистой CH_3-группы в сторону бензильной группы N-бензилпролинового фрагмента. Кроме этого, фенильная группа N-бензилпролинового фрагмента хирального реагента экранирует плоскость основания Шиффа аминокислоты только с одной стороны (Si), что и затрудняет приближение CH_3J к фрагменту глицина с этой стороны (см. рис.2).

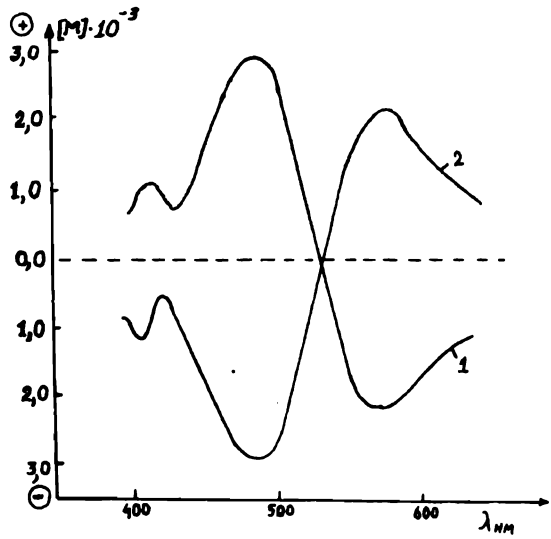


Рис.1. Кривые ДОВ при 25°C в CH_3OH: 1) комплекса III (D,D-диастереомер), 2) комплекса L-аланина (L,L-диастереомер).

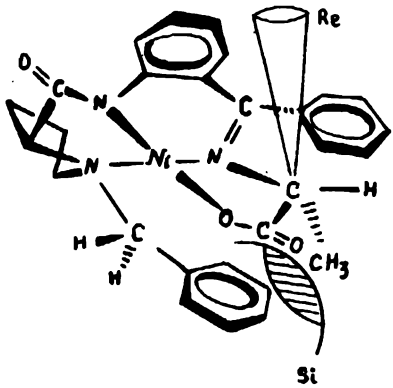


Рис.2. Конфигурация термодинамически нестабильного диастереомера IV (D,L) (С-алкилирование затруднено со стороны Si).

Разложение комплекса III в среде C_2H_5OH под действием 2H HCl приводит к образованию исходного хирального реагента I и целевой аминокислоты D-аланина (V). Хиральный реагент выделяют из реакционной смеси экстракцией хлороформом. При этом он регенерируется с 95% выходом и полным сохранением исходной хиральности. Из водного слоя аминокислоту выделяют ионообменными методами, перекристаллизуют из водно-спиртовых растворов. Аминокислоту V охарактеризовали физико-химическими методами: ^{1}H-ЯМР, элементным анализом, поляриметрическими измерениями. По данным ГЖХ-энантиомерного анализа, оптическая чистота полученного D-аланина превышает 99,8%.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе были использованы аминокислоты "Реахим", ч. CH_3ONa был приготовлен добавлением металлического Na в абсолютный CH_3OH под аргоном. ДМФА очищали согласно методике, описанной в [6].

Спектры ^{1}H-ЯМР снимали на приборе "Brucker WR-200(200 *мГц*),электронные спектры - на спектрофотометре "Specord uv-vis M-40". Кривые ДОВ получали на спектрополяриметре "Jasco J-5". Оптические вращения измеряли на поляриметре "Perkin Elmer-241". Хиральный реагент D-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенон (I) был получен согласно методике [7] с использованием D-пролина взамен L-пролина.

Спектральные данные хирального реагента I и промежуточного продукта N-бензил-D-пролина:

N-бензил-D-пролин. Тпл.=160-165^0*C*, $[\alpha]_D^{25}$ =+28,3^0 (c=0,01*г*/100*мл*, CH_3OH).

Хиральный реагент I.Тпл.=102-103^0*C*, $[\alpha]_D^{25}$ =+134,5^0 (c=0,005*г*/100*мл*, CH_3OH).

Спектр ^{1}H-ЯМР ($CDCl_3$, ГМДС, δ, м.д.): 1,5-2,6 (м, α-, β-, γ- и σ-H Про., 7H); 3,81(с, -NH-, 1H); 3,4-3,8(2d, AB., CH_2-бензил, I=12*Гц*, 2H); 6,7-8,2(м, Ароматика, 14H).

Синтез комплекса II. К 1,5 *г* (3,9.10^{-3}*моля*) хирального реагента I и 2,25*г* (7,8 10^{-3} моля) $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ в 23 *мл* CH_3OH добавляли раствор 1,48 *г* (1,95.10^{-2}моля) глицина в 23 *мл* 1,2н CH_3ONa. Перемешивали при 50^0*C* в течение 2 часов. За ходом реакции следили методом ТСХ на SiO_2 в системе $CHCl_3$-$(CH_3)_2CO$ (5:1) по исчезновению пятна исходного хирального реагента I под УФ-светом. Затем смесь нейтрализовали 10% раствором CH_3OOOH, добавляли 1,5*л* H_2O, перемешивали в течение 5 мин. и оставляли при комнатной температуре в течение 2 часов. Выпавшие кристаллы комплекса II отфильтровывали, осадок промывали дистиллированной водой и сушили под вакуумом при температуре 45-50^0*C*. Получено 1,75 *г* (3,5.10^{-3} моля) комплекса II, что соответствует 92%-ному выходу по отношению к исходному количеству хирального реагента 1.0,1*г* полученного комплекса II дополнительно очищали на Sephadex LH-20 в системе C_6H_6:C_2H_5OH (2:1) и охарактеризовали спектральными методами.

Комплекс II. Тпл.= 207-211^0*C*. Элементный анализ для $C_{27}H_{25}N_3O_3Ni$(%): найдено C64,82; H5,15; N8,34, вычислено C65,09; H5,06; N8,44. Электронный спектр в CH_3OH-λ_{max}, нм, (lgε): 540(2,2); 420(3,5); 330(3,7); 220(4,4). Спектр ^{1}H-ЯМР($CDCl_3$, ГМДС, δ, м.д.): 1,85-3,5 (м, α-, β-, γ- и σ-H Про.); 3,72 (д, CH_2-Гли., 2H): 3,5-4,2 (2д, AB, CH_2-бензил, I=12*Гц*, 2H); 6,8-8,05 (м, ароматика, 14H).

Синтез комплекса III. К 1,6 *г* ($3{,}2\cdot10^{-3}$ моля) коплекса II в 10 *мл* ДМФА добавляли 0,45 *г* ($3{,}2\cdot10^{-3}$ моля) CH_3J, 0,64 *г* ($1{,}6\cdot10^{-2}$ моля) мелко растертой NaOH и перемешивали в течение 40 мин. при комнатной температуре. За ходом реакции алкилирования следили методом ТСХ на силикагеле в системе $CHCl_3$:$(CH_3)_2CO$ (5:1) по исчезновению пятна исходного комплекса II. Смесь нейтрализовали 10%-ным раствором CH_3COOH, добавляли к 1,5*л* воды и оставляли в течение 2 часов. Выпавшие кристаллы комплексов III и IV отфильтровывали через бумажный фильтр, промывали водой и сушили под вакуумом при температуре 45-50^0*C*. Затем смесь комплексов III и IV растворяли в 3 *мл* $CHCl_3$ и хроматографировали на колонке с SiO_2 (30 х 3 *см*) в системе $CHCl_3$-$(CH_3)_2CO$ (2:1). Основную фракцию выпаривали досуха и сушили под вакуумом при температуре 40-45^0*C*. Получили 1,53 *г* ($3{,}01\cdot10^{-3}$ моля) комплекса III, что соответствует 94%-ному выходу на стадии. Небольшую часть (0,03 *г*) комплекса III дополнительно очищали на сефадексе LH-20 в системе C_6H_6-C_2H_5OH (2:1) и охарактеризовали физико-химическими методами.

Комплекс III. Тпл.= 228-230^0*C*. Элементный анализ для $C_{28}H_{27}N_3O_3Ni$(%): найдено C63,41; H5,5; N8,49; вычислено C63,32; H5,31; N8,2. Электронный спектр в CH_3OH-λ_{max}, нм (lgε): 262(4,23); 328(3,73); 408(3,55); 526(2,42). Спектр ^{1}H-ЯМР в $CDCl_3$ (ГМДС, δ, м.д.): 1,56(д, CH_3-Ала., J=7,5*Гц*, 3H); 1,95-3,68 (м, α-, β-, γ- и σ-H Про., 7H); 3,85(кв., α-H Ала, 1H); 3,46 и 4,34 (2д, AB, CH_2-бензил, J=12,5*Гц*, 2H); 6,54-8,11(M, ароматика, 14H). $[\alpha]_D^{25}$ = -2928,0^0 (c=0,05*г*/100*мл*, CH_3OH).

Разложение комплекса III и выделение аминокислоты V. 1,5*г* комплекса III растворяли в 15*мл* C_2H_5OH и медленно добавляли к нагретому до 40-45^0*C* раствору 2н HCl(10*мл*). Смесь перемешивали в течение 20 мин. до полного исчезновения характерного для комплексов окраски. Затем смесь упаривали, к сухому остатку добавляли 10*мл* воды, нейтрализовали 5% раствором NH_4OH и экстрагировали исходный хиральный реагент I хлороформом. Хлороформенный экстракт упаривали досуха. Хиральный реагент I регенерируется с 95%-ным выходом и полным сохранением исходной хиральности. Из водного слоя выделяли аминокислоту V ионообменными методами с помощью катионита КУ-2х8 в H^+-форме, элюируя 8%-ным раствором NH_4OH. Аминокислоту перекристаллизовывали из водно-спиртового раствора, сушили под вакуумом при температуре 45-50^0*C*.

Получили 0,25 *г* D-аланина (V), что соответствует 96%-ному выходу на стадии. По данным ГЖХ-энантиомерного анализа энантиомерная чистота полученной аминокислоты V превышает 99,8%.

Значение оптического вращения $[\alpha]_D^{25}$ = -14,4^0(c=5; 1н HCl), (лит. $[\alpha]_D^{25}$ = -14÷15 (c=5; 1н HCl)).

Данные элементного анализа для $C_3H_7NO_2$: найдено C40,35; H7,88; N14,34; вычислено C40,5; H7,86; N15,7.

НИИ "Биотехнология", ЕГУ

Поступила 22.12.1993

ЛИТЕРАТУРА

1. **Чипенс Г.И., Славинская В.А., Силе Д.Э. и др.** - Изв. АН Латв.ССР, 1985, с.259.
2. **Яковлева В.И.** Получение природных аминокислот при помощи биологически активных катализаторов.- Итоги науки и техники ВИНИТИ АН СССР, сер.: Биолог. химия, 1978, т.17, с.150-152.
3. **Belokon' Yu.N., Chernoglazova N.I., Kochetkov K.A., Belikov V.M.** - J. Chem.Soc.Chem.Commun., 1985, p.171.
4. **Сагиян А.С., Рыжов М.Г. и др.** Хиральные производные L-2-N-(N'- бензилпролил) аминобензофенона как реагента для асимметрического синтеза оптически активных аминокислот. - А.С. СССР, №04413014.
5. **Belokon' Yu.N., Sagyan A.S., Djamgaryan S.M., Bakhmutov V.I., Belikov V.M.** - Tetrahedron, 1988, v.44, № 17, p.5507.

6. **Гордон А., Форд Р.** - Спутник химика, М.: Мир, 1976.
7. **Belokon' Yu.N., Buluchev A.G., Vitt S.V., Belikov V.M.** - J.Amer. Chem. Soc., 1985, v.107, p.4252.

Ա.Ս. ՍԱՂՅԱՆ, Ս.Մ. ԺԱՄՀԱՐՅԱՆ, Գ.Լ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ս.Կ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, ՅՈՒ.Ն. ԲԵԼՈԿՈՆ

ԳԼԻՑԻՆԻՑ D-ԱԼԱՆԻՆԻ ԱՍԻՄԵՏՐԻԿ ՍԻՆԹԵԶԸ ԽԻՐԱԼԱՑԻՆ ՌԵԱԳԵՆՏԻ ՇԻՖԻ ՀԻՄՔԵՐԻ Ni(II) ԿՈՄՊԼԵՔՍՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ամփոփում

Մեր կողմից նախկինում մշակված եղանակով իրականացված է D-ալանինի ասիմետրիկ սինթեզը գլիցինից D-2-N-(N′-բենզիլպրոպիլ)ամինոբենզոֆենոնի խիրալային ռեագենտի հետ շիֆի հիմքի Ni(II) կոմպլեքսի միջոցով: Ստացված D-ալանինի օպտիկական մաքրությունը 99,8 տոկոսից ավելի է:

Химия

УДК 541.124.217:541.64

Г.С.СИМОНЯН, Р.М.АКОПЯН, Н.М.БЕЙЛЕРЯН

КИНЕТИКА РЕАКЦИЙ СИСТЕМ АКРИЛАМИД - ПИПЕРИДИН И АКРИЛАМИД -МОРФОЛИН В ВОДЕ

Исследованы реакции систем акриламид - пиперидин и акриламид - морфолин в воде в интервале температур 30-50°С. Показано, что исследуемые реакции бимолекулярны, по компонентам первого порядка. Разработан метод хроматографического разделения исходных аминов от продуктов реакций соответствующих третичных аминов. С учетом литературных данных о реакциях персульфата калия с пиперидином и морфолином показана несостоятельность утверждения о том, что эти бинарные системы инициируют полимеризацию виниловых соединений. На примере акриламида показано, что полимеризация инициируется системами персульфат калия - третичные амины (продукты взаимодействия акриламида с пиперидином и морфолином).

Окислительно-восстановительные системы пероксид - амина используются в качестве инициаторов полимеризации виниловых мономеров при комнатной температуре . В работе [1] установлена корреляция между потенциалом ионизации аминов и логарифмом константы первичного акта их окисления персульфатом калия в водных и пероксидом в неводных растворах.

Реакции с участием аминов, для которых потенциал ионизации $I > 8эВ$, протекают преимущественно по нерадикальному, а в случае $I < 8эВ$ - в основном по радикальному механизму. В работе [2] показано, что реакции персульфата калия (ПК) с пиперидином (ПП) и морфолином (МФ) протекают по нерадикальному механизму (т.к. $I > 8эВ$),т.е. указанные системы в принципе не должны инициировать процесс полимеризации. Согласно же работе [3], системы ПК-ПП и ПК-МФ инициируют полимеризацию виниловых мономеров. Причину противоречия, очевидно, можно объяснить тем, что виниловые мономеры взаимодействуют со вторичными аминами [4,5] с образованием соответствующих третичных аминов, а последние могут конкурировать с исходными вторичными аминами в реакциях с ПК. Поэтому возникает необходимость определения и сравнения скоростей реакций: мономер - амин и ПК - амин. В качестве мономера нами использован акриламид (АА), хорошо растворяющийся в воде, в качестве вторичного амина - ПП и МФ.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Очистка исходных веществ проводилась согласно работе [6]. Реакция виниловый мономер - вторичный амин протекает с уменьшением объема, поэтому скорость реакции определялась методом дилатометрии. Продукты реакции определялись методом тонкослойной хроматографии. При изучении реакции АА - ПП в воде получен следующий закон скорости реакции:

$$W = K[AA][ПП].$$

Аналогичный закон получен и для реакции АА - МФ, т.е. порядок этих реакций является вторым, по компонентам реакции - первым. Рассчитанные значения $K_{эф}^{40^0}$ составляют 9,4 10^{-4} и 6,0 10^{-4} $M^{-1}c^{-1}$ соответственно. Сравнение значений констант скоростей изученных реакций показывает, что $K_{АА+ПП} > K_{АА+МФ}$, что можно объяснить из различия основностей этих близких по объему молекул аминов, константы основностей которых $K_{ПП}$=1,7 10^{-3} и $K_{МФ}$=2,0 10^{-5} [7]. Исследовано влияние температуры

на скорость этих реакций. $E_{эф.}$ для реакции АА - ПП и АА - МФ составляют -8,5±0,5 и 7,5±0,5 *кДж/моль* соответственно.

Для обнаружения продуктов реакции АА - ПП [β-пиперидилакриламид(β-ППАА)] и АА - МФ [β-морфолилакриламид (β-МФАА)] применялся метод тонкослойной хроматографии. Использовались пластинки "Silufol UV-254",элюент -1,4- - диоксанбензол - насыщенный водный раствор аммиака в соотношении 3:0,5:0,5. Хроматограммы проявлялись парами йода. Полученные данные приведены в таблице.

Амин	ПП	β-ППАА	МФ	β-МФАА
R_f	0,2	0,42	0,3	0,4

В работе [3] показано, что константа скорости реакции ПК - ПП в воде при 30^0C равна $2,6\ 10^{-3}\ M^{-1}\ c^{-1}$, а по нашим данным, константа скорости реакции ПП - АА при тех же условиях $7,4\ 10^{-4}\ M^{-1}\ c^{-1}$. Для реакции ПК - МФ в воде при 40^0C константа скорости равна $6,9\ 10^{-3}\ M^{-1}\ c^{-1}$, а для реакции МФ - АА при тех же условиях - $6,0\ 10^{-4}\ M^{-1}\ c^{-1}$. Учитывая, что концентрация мономера (АА) в полимеризационной системе 2-4 порядка выше концентрации ПК, можно считать, что вторичные амины ПП и МФ в основном будут реагировать с мономером (АА), а продукт этой реакции (третичный амин) будет реагировать с ПК и инициировать полимеризацию мономера.

Следовательно, утверждение в работе [3] о том, что инициатором полимеризации виниловых мономеров является система ПК - вторичные амины (ПП и МФ), неверно. В действительности, инициатором реакции является система ПК - третичный амин (продукт реакции мономер + вторичный амин).

Кафедра физической и коллоидной химии *Поступила 3.06.1994.*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бейлерян Н.М.** О корреляции между потенциалом ионизации аминов и скорости их окисления перекисями. - Уч.зап.ЕГУ, 1971, №1, с.128.
2. **Бейлерян Н.М., Чалтыкян О.А., Есаян Г.А.** Кинетика окисления пиперидина и морфолина персульфатом калия в водных растворах. - ДАН АрмССР, 1967,т.44, №4, с.174.
3. **Fend Xindui, Qiu Kunyuan Гаофэньцзы сюэбао.** Acta Polym.,1987, №5,p.327; РЖХ 6С412, 1988.
4. Химия алкенов под.ред. **Патая С.** Изд-во Химия, 1969, с.260.
5. **Симонян Г.С., Бейлерян Н.М.** Системы пероксид - продукты реакции первичных и вторичных аминов с виниловыми мономерами как своеобразные инициаторы радикальной полимеризации. - Уч.зап.ЕГУ, 1989, №3, с.161.
6. **Торонцева А.М., Белогородская К.В., Бондаренко В.М.** Лабораторный практикум по химии и технологии ВМС. Л.:Химия, 1972.
7. **Альберт А., Сержент Е.** Константы ионизации кислот и оснований, 1964, с.137.

Գ.Ս. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Ռ.Մ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ն.Մ. ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ

ՋՐՈՒՄ ԱԿՐԻԼԱՄԻԴ - ՊԻՊԵՐԻԴԻՆ ԵՎ ԱԿՐԻԼԱՄԻԴ-ՄՈՐՖՈԼԻՆ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԻ ԿԻՆԵՏԻԿԱՆ

Ամփոփում

30-50^0C ջերմաստիճանային տիրույթում ջրում ուսումնասիրված է ակրիլամիդ /ԱԱ/-պիպերիդին/ՊՊ/ և ԱԱ-մորֆոլին/ՄՖ/ ռեակցիաները: Ցույց է տրված, որ նշված ռեակցիաները բիմոլեկուլային են և ըստ ռեագենտների՝ առաջին կարգի: Մշակված է նրբաշերտ քրոմատոգրաֆիկ եղանակ ելային երկրորդային ամիններ ռեակցիաների արգասիք հանդիսացող համապատասխան երրորդային ամիններից բաժանելու համար: Հաշվի առնելով կալիումի պերսուլֆատ/ԿՊ/-ՊՊ և ԿՊ-ՄՖ ռեակցիաների արագությունների դրական տվյալները և այս աշխատանքում ստացված կինետիկ պարամետրերը, ցույց է տրված այն պնդման սխալկությունը, որ ԿՊ-ՊՊ և ԿՊ-ՄՖ համակարգերը հարուցում են վինիլային մոնոմերների պոլիմերումը: ԱԱ-ի օրինակով ցույց է տրված, որ պոլիմերումը հարուցվում է ԿՊ-երրորդային ամին (ԱԱ-ի փոխազդեցության արգասիքը ՊՊ-ի և ՄՖ-ի հետ) համակարգով.

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Биология

УДК 581.192.7:581.8

К.Г.ЛАЗАРЯН, Л.И.ЯНИНА, Ж.В.ЦОВЯН, М.Х.ЧАЙЛАХЯН

ВЛИЯНИЕ ССС И КИНЕТИНА НА КЛУБНЕОБРАЗОВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ И ТОПИНАМБУРА

Изучено влияние последовательной и раздельной обработки кинетином и ССС на рост, интенсивность клубнеобразования и развитие проводящей ткани топинамбура и дикого вида картофеля. Раздельная обработка ретардантом ССС и кинетином существенного влияния на интенсивность клубнеобразования не оказала. Установлено, что клубнеобразование у этих растений сильно стимулируется при последовательной обработке ССС, а затем кинетином, что указывает на участие данных регуляторов в последовательности реакций, которые происходят в верхушке столона и приводят к завязыванию клубня. Обратная последовательность обработки (кинетин+ССС) оказалась менее эффективной, очевидно, вследствие более продолжительного периода роста столонов и позднего завязывания клубней. Повышение интенсивности клубнеобразования в варианте ССС+кинетин коррелировало с усиленным развитием флоэмы, что способствовало интенсивному оттоку веществ в формирующиеся клубни.

У клубненосных растений, таких, как картофель и топинамбур, в процессе эволюции развивался и совершенствовался вегетативный путь размножения. Естественный отбор в этом направлении привел к созданию специальных органов вегетативного размножения клубней, которые образуются на концах подземных стеблевых образований - столонов, формирующихся из спящих почек нижней части стебля.

Клубнеобразование - это сложный процесс, состоящий из двух фаз: первая фаза - образование и рост столонов (подземных побегов с измененной геотропической реакцией); вторая фаза - прекращение роста столонов и формирование клубней на их утолщенных верхушках. Формирование клубня на верхушке столона происходит в результате подавления его апикального роста, усиления синтеза крахмала и интенсивного деления клеток [1-4].

На основании имеющихся литературных данных [5-8] можно считать, что в регуляции второго этапа клубнеобразования решающую роль играют абсцизины, способствующие прекращению роста столонов в длину, и цитокинины, вызывающие усиленное деление клеток и синтез крахмала, что приводит к разрастанию верхушки столона и формированию клубня. Действие цитокининов на формирование клубней отчасти связано с их способностью подавлять активность гидролазы крахмала и усиливать активность его синтетазы, т.е. способствовать крахмалообразованию [9-10].

В настоящей работе изучалось влияние ретарданта ССС и кинетина на клубнеобразование у растений топинамбура (Helianthus tuberosus) и дикого вида картофеля (Solanum sparsipillum). Представляло интерес сравнительное изучение процесса клубнеобразования у этих объектов, т.к. топинамбур по характеру клубнеобразования является нейтральным к длине дня, тогда как картофель этого дикого вида является короткодневным с количественной реакцией.

Опыты с топинамбуром проводили в оранжерее Ереванского государственного университета.

Растения выращивали из клубней на естественном весеннем дне (10-12 часов). После того, как на растениях сформировалось по 2-3 хорошо развитых листа, начали обработку их растворами ретарданта ССС(100 *мг/л*) и кинетина (*20 мг/л*). Указанные концентрации были выбраны на основании наших предшествующих исследований. Опыт поставлен в 10-кратной повторности. Обработку проводили методом полива почвы через каждые 3 дня, всего сделано 8 обработок. Обработку проводили только ССС или кинетином, а также совместно в определенной последовательности: в одном варианте вначале 4 раза обрабатывали ССС, затем 4 раза кинетином: в другом - вначале 4 раза кинетином, потом 4 раза ССС. Схема опыта была следующая:1)контроль, вода, 2)ССС, 3)кинетин, 4)ССС+кинетин, 5)кинетин+ССС. Еженедельно делали промеры роста растений и вели наблюдения за развитием. В конце опыта провели учет образовавшихся клубней по вариантам. Результаты опыта представлены в табл. 1 и на рис.1.

Рис.1. Растения топинамбура, обработанные ССС и кинетином на коротком дне: а) 1 - ССС+кинетин, 2 - ССС, 3 - контроль (вода); б) 1 - кинетин+ССС, 2 - кинетин, 3 - контроль (вода).

Обработка растений топинамбура как кинетином, так и ССС привела к некоторой стимуляции клубнеобразования. Однако наиболее интенсивное клубнеобразование отмечалось при последовательной обработке растений вначале ССС, а затем кинетином (ССС+кинетин). В этом варианте вес клубней на 1 растение более, чем в 4 раза, превосходил контроль. Обратная последовательность обработки (кинетин+ССС) оказалась менее эффективной и лишь вдвое превышала контроль по весу клубней с 1 растения. При этом следует отметить, что стимуляция процесса клубнеобразования во всех вариантах сопровождалась ослаблением роста ботвы, особенно в вариантах ССС и ССС+кинетин.

Таблица 1

Влияние ССС и кинетина на рост и клубнеобразование топинамбура

Варианты	Высота растений	Число клубней на 1растение	Вес клубней на 1 растение (c_i)
Контроль - вода	51	3	5
ССС	33	4,5	8
Кинетин	48	4	6
ССС + кинетин	34	12	22
Кинетин +ССС	43	6	10

Аналогичный опыт был проведен в оранжерее Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева в Москве с картофелем (Solanum sparsipillum), выращенным из клубней на длинном 15-ти часовом и коротком 9-ти часовом дне. В фазе 3-х хорошо развитых листьев начали обработку растений растворами ССС и кинетина в тех же

концентрациях и по той же схеме, что и в опыте с топинамбуром. Результаты опыта представлены на рис. 2, 3 и в табл. 2.

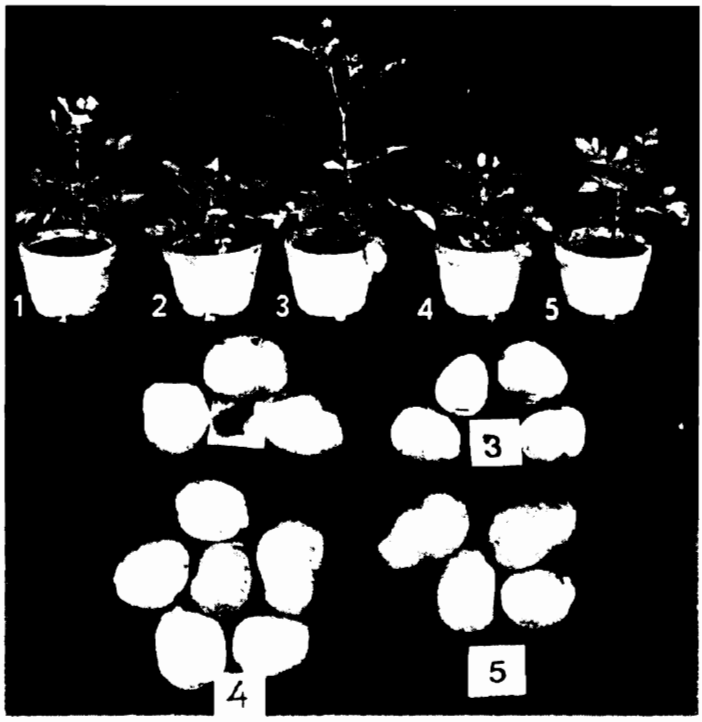


Рис. 2. Растения картофеля S. sparsipillum, обработанные ССС и кинетином на длинном дне: 1 - контроль (вода), 2 - ССС, 3 - кинетин, 4 - ССС + кинетин, 5 - кинетин + ССС (внизу клубни).

Обработка ССС подавляла рост побегов как на длинном, так и на коротком дне, но наиболее сильное ингибирование роста было на длинном. Кинетин вызывал небольшое подавление роста побегов на коротком дне и заметную стимуляцию роста на длинном.

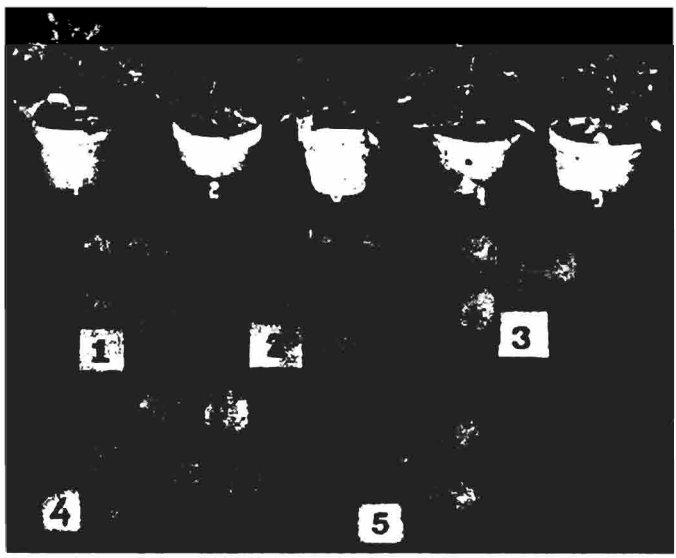


Рис. 3. Растения картофеля S. sparsipillum, обработанные ССС и кинетином на коротком дне: 1 - контроль (вода), 2 - ССС, 3 - кинетин, 4 - ССС + кинетин, 5 - кинетин + ССС (внизу клубни).

При комбинированных обработках такая тенденция сохранялась. Цветение, как и следовало ожидать, было только на длинном дне. Никакого влияния на цветение испытанные вещества ни в одном варианте не оказали.

Клубнеобразование отмечалось во всех вариантах, кроме контроля на длинном дне, но число клубней и их вес в разных вариантах были разные. Наибольшая стимуляция клубнеобразования наблюдалась при последовательной обработке ССС, как на коротком, так и на длинном дне, а затем кинетином, т.е. в тех же вариантах, что и в случае топинамбура.

Рис. 4. Влияние ССС и кинетина на развитие флоэмы и ксилемы стеблей картофеля S. sparsipil-lum: а - контроль (вода), б - ССС+кинетин, в - кинетин+ССС.

Таблица 2

Влияние ССС и кинетина на рост и клубнеобразование картофеля

Варианты	Длинный день			Короткий день		
	Высота растений (см)	Число клубней на 1 раст.	Вес клубней на 1 раст.	Высота растений (см)	Число клубней на 1 раст.	Вес клубней на 1 раст. (в г)
Контроль - вода	34	-	-	20	4	4
ССС	20	3	3	10	5	6
Кинетин	40	4	2	18	3	5
ССС + кинетин	20	6	7	17	6	10
кинетин + ССС	25	4	3,5	18	3	6

С целью выявления взаимосвязи между интенсивностью клубнеобразования и формированием структуры стебля проведены исследования элементов проводящей системы нижних междоузлий как у топинамбура, так и у картофеля. Как общую закономерность можно отметить, что последовательная обработка ССС и кинетином стимулировала не только процесс клубнеобразования, но и развитие флоэмы у обоих видов. В стеблях растений этого варианта отмечено наиболее интенсивное развитие флоэмы, что, вероятно, способствовало усиленному оттоку пластических веществ в развивающиеся клубни. Почти во всех остальных вариантах у топинамбура и у картофеля на ДД развитие флоэмы было более слабым (рис.4).

Однако при наличии четкого влияния регуляторов на интенсивность клубнеобразования и формирование флоэмы в отношении ксилемы такой закономерности не выявлено. Значительное разрастание ксилемы в стеблях топинамбура наблюдалось при обработке только ССС и при последовательной обработке ССС и кинетином.

В стеблях картофеля заметной стимуляции под влиянием регуляторов роста и развития ксилемы не выявлено, а на длинном дне наблюдался даже ингибирующий эффект. Обработка кинетином подавляла развитие ксилемы у всех растений, т.е. вызывала противоположный ретарданту ССС эффект. Этим и объясняется, по-видимому, отсутствие стимулирующего эффекта на развитие ксилемы как у топинамбура, так и у картофеля при обработке растений вначале кинетином, а затем ССС.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использованные регуляторы роста принимают участие в процессе клубнеобразования. Наибольшая стимуляция клубнеобразования в варианте ССС+кинетин указывает именно на последовательность действия этих регуляторов на разных этапах формирования клубней. Повышение интенсивности клубнеобразования под влиянием обработки растений ССС, а затем кинетином коррелирует с усиленным развитием флоэмы, что, вероятно, способствует более интенсивному оттоку пластических веществ.

Такой эффект совместной обработки можно объяснить тем, что ретардант ССС, подавляя рост столонов, способствовал переходу растений ко второй фазе - фазе образования клубней. Последующая обработка кинетином, по-видимому, стимулировала деление клеток и синтез крахмала, что сделало процесс клубнеобразования более интенсивным.

Им. Тимирязева АНР, ЕГУ, ИФР

Поступила 11.06.1992

ЛИТЕРАТУРА

1. **Courdurоux J.C.** Sur la presense d'une substance de tuberisation dans une extrait brut de tubercules de Topinambour. - C.R. Acad.Sci.,1964, v.259, p.4791-4794.
2. **Бут А.** Рост столонов и завязывание клубня.- Сб.: Рост и развитие картофеля. М.: Колос, 1966, с.128.
3. **Courdurоux J.C.** Etude du mechanisme physiologue de la tuberisation chez le Topinambour (Helianthus tuberosus L.) - Ann. sci. natur. bot. et biol. Vеget., 1957,v.8, p.215-236.
4. **Чайлахян М.Х.** Фотопериодическая и гормональная регуляция клубнеобразования у растений. М.: Наука, 1984, с.69.
5. **Palmer C.E., Swith O.E.** Effect of abscisic acid on elongation and kinetininduced tuberization of isolated stolons of Solanum tuberosum L. - Plant and Cell Physiol., 1969, v.10, N03, p.657-664.
6. **Цовян Ж.В., Котикян Ж.М.** Влияние длины дня и процесса клубнеобразования на структуру столонов картофеля.- Уч.записки ЕГУ, 1976, №1, с.114.
7. **Цовян Ж.В., Котикян Ж.М.** Влияние различных способов обработки кинетином на рост и клубнеобразование картофеля.- Биол. журнал Арм., 1981, т.34, № 2, с.170.
8. **Courdurоux J.C.** Mecanisme physiologique de la tuberisation du topinambour. - Bull. Soc. franc. physiol. veget., 1966, v.12, p. 213-232.
9. **Palmer C.E., Parker W.G.** Influence of ethylene and kinetin on tuberization and aazyme activity in Solanum tuberosum L. stolons cultured in vitro. - Ann. Bot., 1973, v.37, p.83-93.
10. **Деева В.П.** Ретарданты - регуляторы роста растений. Минск: Наука и техника, 1980.

Կ.Դ. ԱՋԱՐՅԱՆ, Լ.Ի. ՅԱՆԻՆԱ, Ժ.Վ. ՄՈՎՅԱՆ, ՄՐ. ՉԱՅԼԱԽՅԱՆ

CCC-ի ԵՎ ԿԻՆԵՏԻՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՐՏՈՖԻԼԻ ԵՎ ԳԵՏՆԱՏԱՆՋԻ ՊԱԼԱՐԱԳՈՅԱՑՄԱՆ ՎՐԱ

Ամփոփում

ՈՒսումնասիրվել է CCC-ով և կինետինով հաջորդական և առանձին մշակման ազդեցությունը գետնատանձի և կարտոֆիլի վայրի տեսակի պալարագոյացման ինտենսիվության և փոխադրող հյուսվածքի զարգացման վրա: Այդ միացություններով առանձին մշակումը պալարագոյացման վրա էական ազդեցություն չի ունեցել: Հաստատված է, որ այդ բույսերի պալարագոյացումն ուժեղ խթանվում է սկզբում CCC-ով, ապա կինետինով մշակման դեպքում, որը վկայում է տվյալ նյութերի մասնակցությունը ռեակցիաների այն հաջորդականության մեջ, որոնք ընթանում են ստոլոնի ծայրում և հանգեցնում պալարի առաջացմանը: Մշակման հակառակ հաջորդականությունը /կինետին + CCC / սակավ արդյունավետ էր, հավանաբար, ստոլոնների ավելի երկարատև աճման և պալարների ավելի ուշ առաջացման հետևանքով: CCC + կինետին տարբերակում պալարագոյացման ուժեղացումը պայմանավորված էր օրգանական նյութեր դեպի պալարներ տեղաշարժող ֆլոեմի ուժեղ զարգացմամբ:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Биология

УДК 631.466.1(479.25)

ДЖ.Г. АБРАМЯН, И.В. ШАХАЗИЗЯН

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТХОДОВ НПО "ПЛАСТПОЛИМЕР" НА СТРУКТУРУ КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ ПОЧВ

Техногенное загрязнение почв воздействует на структуру комплексов микромицетов, изменяя соотношение групп грибов с высокой и низкой частотами встречаемости.

До настоящего времени не разрешены вопросы изменения технологии завершающего этапа производственного процесса, исключающего выделение вредных отходов, выбросов, загрязняющих почву. Между тем техногенное загрязнение почв постепенно приводит к непредсказуемым по масштабам негативным последствиям, вызывает нарушение растительного и почвенного покровов, отрицательно сказывается на развитие многих видов макро- и микромицетов [1].

Исследования в направлении изучения флюктуации численности микроорганизмов в почве под влиянием промышленных загрязнений недостаточны, при этом полученные исследователями данные весьма противоречивы [2-5]. По мнению некоторых авторов, техногенные выбросы временно угнетают микробиологическую активность почвы, но при длительном воздействии почвенная микобиота постепенно адаптируется и уже ограничивающим фактором становится дефицит элементов питания, о первостепенном значении которого в динамике численности почвенных микромицетов подчеркивается в работах Звягинцева [6].

По данным иных исследователей [7-8], в почвах, загрязненных двуокисью серы, аэрозолью серной кислоты, аммиаком, соединениями фтора и др., численность грибных зачатков по мере приближения к источнику загрязнения по сравнению с контролем увеличивается. Подобная динамика, по мнению авторов, связана с подкислением почв в промышленных районах до pH=4,3 - 5,0.

В конечном итоге загрязнение почв промышленными выбросами приводит к резким изменениям структуры комплексов микроскопических грибов, при этом выявляются виды, не типичные для контрольных почв [4-9].

Данные исследований микобиоты почв близ территории НПО "Пластполимер" 1981-1982 гг., когда все цеха предприятий работали на полную мощность, свидетельствуют о весьма негативном воздействии их отходов на распространение почвенных микроскопических грибов [9].

Из поверхностных слоев почвы были выделены всего 2 вида гриба - Aspergillus ficuum и Fusarium gibbosum - с заметно измененными морфолого-культуральными признаками и ряд стерильных форм грибов.

На глубине 30-35 *см* обнаружены диаспоры Alternaria alternata, Rhizopus stolonifer, Fusarium gibbosum, Fusarium oxysporum, Penicillium verrucosum var. cyclopium, Aspergillus ficuum, Scolecobasidium macrosporium, Aureobasidium pullulans, Stemphylium botryosum, Hormiscium sp., а также ряд светло- и темноокрашенных стерильных форм с мицелиальными тяжами, относящихся к порядку Agonomycetales. Высокой встречаемостью в исследованных почвах отличается вид A.ficuum - 100% (из группы A.niger) а также темноокрашенные гифомицеты.

Общее физиологическое состояние выделенных грибов оказалось крайне подавленным. Отмечены определенные изменения в морфологии отдельных грибов: воздушный мицелий стелющийся, склонный к образованию тяжей. Обнаружены склероциеподобные мелкие бесформенные образования, нехарактерные для данных видов грибов. Отмечены эндогифы, клетки конидий преимущественно преобразованы в хламидоспоры. Хламидоспоры или другие покоящиеся клетки, по мнению Мирчинк Т.Г.[10], следует рассматривать как определенные полезные изменения организма.

Экспериментально доказано также, что хламидоспоры Aureobasidium pullulans легче связывают медь по всей поверхности, чем другие типы клеток [11]. Следовательно, подобные видоизменения мицелия следует рассматривать как проявление адаптационных возможностей грибов в экстремальных условиях.

За 1993-94 гг. нами были многократно отобраны почвенные пробы близ территории НПО "Пластполимер". При этом микологическому анализу были подвергнуты пробы почв, взятые из-под многолетних скоплений определенных отходов, в числе которых поливиниловый спирт (ПВС), поливинилацетатная дисперсия (ПВАД), ацетилцеллюлоза (АЦ).

Выделение микромицетов проводилось по общепринятому методу серийных разведений почвенной суспензии с применением различных сред [12].

С целью выделения типичных видов комплексов микромицетов использованы как показатели частоты встречаемости, т.е. отношение числа образцов, в которых вид обнаружен, к общему числу исследованных образцов, так и обилие или "плотность" вида, т.е. процентное соотношение содержания грибных диаспор колоний одного вида по отношению к общему числу колоний, обнаруженных при высеве [13].

За период исследований из почвенных проб, подвергнутых микологическому анализу, выявлены 77 видов микромицетов, относящихся к 42 родам, 9 семействам, 7 порядкам, объединенным в 4 класса.

По своему систематическому положению выделенные виды распределяются по классам следующим образом: Zygomycetes включает 8 видов,Pyrenomycetes - 1, Coelomycetes - 3, Hyphomycetes - 65 *см.* (см.табл.).

Количественный состав и распределение по таксонам микромицетов, выделенных из загрязненных отходами НПО "Пластполимер" и контрольных почв

Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид
Zygomycetes	Mucorales	Mortierellaceae	1	1
		Mucoraceae	4	7
Pyrenomycetes	Sphaeriales	Chaetomiaceae	1	1
Coelomycetes	Sphaeropsidales	Sphaerioidaceae	3	3
Hyphomycetes	Agonomycetales	Agonomycetaceae	3	4
	Hyphomycetales	Moniliaceae	15	38
		Dematiaceae	10	15
	Stilbellales	Stilbellaceae	4	4
	Tuberculariales	Tuberculariaceae	1	4
			42	77

Результаты микологических обследований свидетельствуют, что сравнительно с контрольными почвами в загрязненных отходами почвах выявлен более однообразный видовой состав грибов. Наибольшее количество видов микромицетов обнаружено в почве под отложениями ацетилцеллюлозы - 30 видов, из-под отходов поливинилового спирта - 27, а лишь 23 вида грибов выявлено из почвенных проб, отобранных под поливинилацетатной дисперсией.

Расчет частоты встречаемости изолятов отдельных видов микромицетов показал, что в загрязненных почвах высокой пространственной и временной встречаемостью отличаются виды Aspergillus niger, A.ficuum и A.flavus, что, на наш взгляд, не является случайностью. Результаты экспериментов по испытанию воздействия наборов грибов, составленных из различных видов микромицетов, на твердые отходы ацетилцеллюлозы, поливинилового спирта, поливинилацетатой дисперсии показали

наибольшую агрессивность и полисубстратность видов именно рода Aspergillus [14].

В числе типичных частых видов отмечены Alternaria alternata, Stemphylium botryosum, Trichoderma viride, Penicillium verrucosum var. cyclopium, Penicillium brevi-compactum, Mucor circinelloides, Fusarium gibbosum.

Ранее нами [9] отмечалась высокая устойчивость к антропогенному фактору видов группы A.niger, а также Penicillium verrucosum var. cyclopium, Alternaria alternata, Stemphylium botryosum, которые следует считать приуроченными к загрязненным почвам, иначе говоря - видами, индикаторами на различного рода загрязнения.

Микологическое обследование почв показало, что с течением лет при длительном воздействии промышленных отходов микроскопические грибы постепенно адаптируются к создавшимся условиям и соответственно повышаются видовое разнообразие технофильных грибов и частота встречаемости пропагул отдельных видов.

Наибольшее видовое разнообразие обнаружено под отходами ацетилцеллюлозы и поливинилового спирта, которые сами являются весьма доступным субстратом для микромицетов.

С заспоренных образцов ПВС после 60-90 суточного экспонирования выявлено 10 видов грибов, образующих многокомпонентное сообщество функционирующих микодеструкторов. В их числе A.niger, A.flavus, A. nidulans, A.ficuum, Acremonium strictum - виды, которые все без исключения были обнаружены в почвах под отходами данного соединения.

Комплекс видов Aspergillus niger, A.ficuum, A.flavus, A.ochraceus, A.terreus, Trichoderma viride, вызывающих деструкцию ацетилцеллюлозы, был выявлен из почв под отложениями последней.

Таким образом химическая природа отходов непосредственно воздействует на качественный состав микобиоты почв. Техногенная нагрузка почвы стимулирует развитие той или иной таксономической группы технофильных грибов,оказывая тем самым непосредственное воздействие на структуру комплекса микромицетов почв, меняя соотношение групп грибов с высокой и низкой частотой встречаемости.

Кафедра ботаники

Поступила 12.03.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Томилин Б.А.** Антропогенные факторы среды обитания и их воздействие на грибы. Экол. и биол. низших растений. IX Симп. микол. и лихенол. Прибалт.сов. респ. и БССР. Минск, 1982, с.178-179.
2. **Веденеев А.Л.** К вопросу о влиянии техногенных выбросов на почвенную микрофлору.- В кн.: Изуч. и освоение новых районов Сибири. Иркутск,1979, с. 88-91.
3. **Зыкина Л.В., Чугунова М.В.** Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микромицеты серой лесной почвы.- В сб.: Изучение грибов в биогеоценозах: Мат. Ш Всес. конф., Ташкент, 1985, с.55-56.
4. **Марфенина О.Е.** Изменение структуры комплекса микроскопических грибов при загрязнении почв тяжелыми металлами.- Вестн. МГУ: Почвовед., 1985, №2, с.46-50.
5. **Rühing A., Baath E., Nordgren A., Söderström B.** Fungi in metalcontaminated soil near the Gusum brass mill. Sweden. AMBIO. 1984, v.13, №1, p.34-36.
6. **Звягинцев Д.Г.** Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987, 256 с.
7. **Лебедева Е.В.** Микромицеты почв в окрестностях азотных и суперфосфатных удобрений: Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, 1986.
8. **Лебедева Е.В., Лугаускас А.Ю.** Влияние промышленного загрязнения на почвеннные микромицеты.- Микол. и фитопат., 1985, т.19, №1, с.16-19.
9. **Абрамян Дж Г.** Микромицеты почв Арм.ССР и их деструктивная активность: Автореф. дис. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук., 1990.
10. **Мирчинк Т.Г.** Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1976, 206 с.
11. **Gadd G.M., Mow I.** Gopper uptake by yeatslike cells, hyphae and chlamydospores of aureobasidium pullulans.- Exp. Mycol., 1985, v.9, №3, p. 230-240.
12. **Литвинов М.А.** Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л.: Наука, 1969, 118 с.
13. **Мирчинк Т.Г., Озерская С.М., Марфенина О.Е.** Выявление комплексов микроскопических почвенных грибов по их структуре.- Биол. науки, 1982, №11, с.61-66.
14. **Абрамян Дж.Г., Шахазизян И.В.** Изучение деструктивной активности аспергиллов на некоторых полимерных материалах производства НПО "Пластполимер".- Уч. записки, 1995, №1

Ջ.Հ.ԱՎՈՒՐԱՀԱՄՅԱՆ, Ի.Վ.ԾԱՀԱԶԻԶՅԱՆ

ԳԱՄ «ՊԼԱՍՏՊՈԼԻՄԵՐ»-Ի ԹԱՓՈՆՆԵՐԻ ՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀՈՂԻ ՄԻԿՐՈՄԻՑԵՏՆԵՐԻ ԿՈՄՊԼԵՔՍՆԵՐԻ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՅԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

«Պլաստպոլիմեր» ԳԱՄ արտադրական թափոնների հավաքման տեղի հողերի սնկաբանական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ թափոնների քիմիական բնույթը անմիջականորեն ազդում է տեխնոֆիլ սնկերի առանձին տեսակների պրոպագուլների հանդիպման հաճախականության վրա:

Հողի տեխնոգեն բեռնվածությունը ներգործում է հողի միկրոմիցետների կոմպլեքսների ստրուկտուրայի վրա՝ փոփոխելով բարձր և ցածր հաճախականությամբ հանդիպող սնկերի խմբերի փոխհարաբերությունը:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Биология

УДК 612.886 + 612.825

В.С.ГУЛЯН, Ц.И.АДАМЯН, С.М.МИНАСЯН

КОРТИКОФУГАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ НА АКТИВНОСТЬ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ НЕЙРОНОВ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА

Исследованы характеристики реакций нейронов вестибулярного ядра Дейтерса и их конвергентные свойства при разночастотной электростимуляции различных зон коры (вестибулярной, соматосенсорной, лимбической, моторной). Показано, что электростимуляция коры вызывает фазные и тонические типы ответов нейронов ядра Дейтерса. Наивысшая реактивность нейронов наблюдалась при раздражении соматосенсорной и вестибулярной зон коры, меньшая - лимбической. Реакции нейронов ядра Дейтерса всех частотных диапазонов были преимущественно тормозного типа, наиболее выраженные при стимуляции вестибулярной и моторной зон. Выявлена связь между типом изменения ритмики и частотой фоновой активности нейронов при раздражении исследованных зон коры. Установлена достаточно высокая степень конвергенции корковых нисходящих импульсов на нейронах ядра Дейтерса.

Структурно-функциональная организация вестибулярной системы отличается широкой мультисенсорной конвергенцией, наиболее выраженной на уровне корового представительства, что указывает на ее решающую роль в процессе адаптации организма и регуляции положения тела в пространстве.

За последние годы накопилось большое количество экспериментальных данных о наличии вестибулярных проекционных зон в коре у различных животных [1,2]; выявлены области перекрытия вестибулярной зоны с зонами других модальностей, описаны факты конвергенции на корковых нейронах вестибулярной, слуховой и зрительной афферентаций [3-5].

Особое значение приобретают работы, направленные на изучение нейронных механизмов кортико-вестибулярной конвергенции на уровне вестибулярных ядер [6]. К сожалению, имеющиеся единичные и часто противоречивые нейрофизиологические работы не дают возможности представить характер и механизмы этих взаимоотношений [7,8]. В ряде морфологических работ показано наличие прямых кортико-вестибулярных связей [9,10].

В связи с этим нами была проведена серия экспериментов, в которых изучались характеристики реакций ядра Дейтерса и их конвергентные свойства при электростимуляции различных зон коры.

Исследования проводились в условиях острого опыта на кроликах весом 2,5-3,0 *кг*, наркотизированных внутрибрюшинно хлоралозой и нембуталом (30 и 10 *мг/кг* соответственно). Электрическую стимуляцию корковых зон (вестибулярная, соматосенсорная, моторная, лимбическая) проводили биполярными константановыми электродами диаметром 100 *мкм* с межэлектродным расстоянием 0,2 *мм* с помощью двухканального стимулятора марки "Физиовар" прямоугольными импульсами (длительность 0,1 *мс*, сила тока 0,8-1,2 *мА*, напряжение 0,3-10 *В*, продолжительность раздражения 10 *с*). Внеклеточное отведение импульсной активности латерального вестибулярного ядра (ЛВЯ) осуществлялось с помощью стеклянных микроэлектродов с диаметром кончика 1-2 *мкм* , заполненных 4*М* раствором хлористо-

го натрия. Сопротивление микроэлектродов по постоянному току варьировало в пределах 4-5 *мОм*. Определялись характер фоновой импульсной активности и реакции нейронов ЛВЯ на низко- (10 *Гц*) и высокочастотное (60 *Гц*) раздражения указанных зон коры. Стереотаксическая ориентация электродов осуществлялась по координатам [4]. Идентификация нейронов ЛВЯ проводилась по их реакциям на поляризацию лабиринта через круглое окно катодом или анодом силой тока 50-300 *мкА* [11].

В серии экспериментов изучалась конвергенция сигналов, идущих из различных кортикальных зон, на нейронах ЛВЯ. Производилось последовательное раздражение вестибулярной, соматосенсорной, моторной и лимбической зон коры. После каждого эксперимента мозг животного фиксировался в 10%-ном растворе формалина для гистологического контроля.

Исследовано 476 идентифицированных нейронов ЛВЯ с одиночным (437/ 91,8%) и групповым (39/ 8,21%) типами фоновой активности. Для нейронов с групповыми разрядами характерна генерация импульсов от 4 до 10 импульсов с интервалом между отдельными группами 100-800 *мс* .

При электрической стимуляции различных зон коры наивысшая реактивность наблюдалась при раздражении соматосенсорной (90,1%) и вестибулярной (89,0%) зон коры, меньшая - лимбической (81,6%) и моторной (84,6%). В ответ на раздражение коры у большинства нейронов ЛВЯ в основном регистрировались тонические реакции и в меньшей степени - фазные. При этом преимущественной формой реакции было снижение частоты импульсации, а также развитие первичного торможения. У части нейронов наблюдалась циклическая модуляция в виде периодических колебаний текущей частоты. Характер ответных реакций одного и того же нейрона на стимуляцию определенной зоны коры разными частотами чаще всего был однонаправленным (активационным или тормозным). Однако были зарегистрированы единичные клетки, у которых низко- и высокочастотная стимуляции вызывали противоположный эффект.

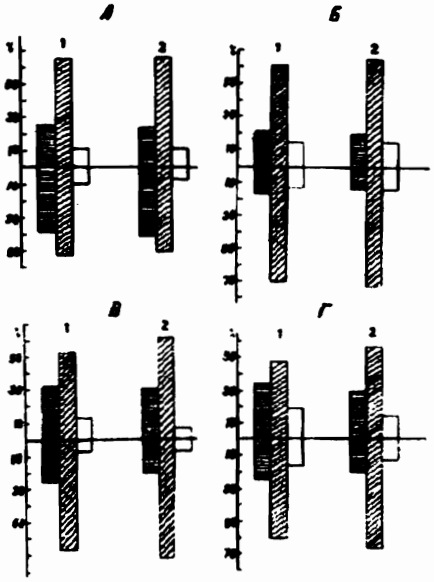


Рис.1. Реакция нейронов вестибулярного ядра Дейтерса при раздражении различных корковых зон: А-вестибулярной, Б-моторной, В-соматосенсорной, Г-лимбической; 1) при низкочастотном, 2) при высокочастотном раздражениях. Столбики с горизонтальной штриховкой - количество учащающихся нейронов, с косой штриховкой -урежающихся нейронов. Белые столбики - количество ареактивных нейронов.

Выявилась определенная зависимость характера ответной реакции нейронов ЛВЯ от области раздражения коры. Тормозной тип реакции превалировал при раздражении вестибулярной (65,2% клеток) и моторной (63,5% клеток) зон коры по сравнению с соматосенсорной (57,8% клеток) и лимбической (51,5% клеток). Из 141 нейрона ЛВЯ, отвечающих на поляризацию круглого окна, 126 единиц реагировали тоническим и фазным (начальное торможение с последующей активацией либо активация с последующим торможением) типами ответов на раздражение вестибулярной области коры. 64,5% всех зарегистрированных нейронов отвечали торможением исходной импульсной активности на низкочастотное и 65,9% - на высокочастотные раздражения (рис.1, А,1,2). На электрическое раздражение моторной зоны коры отвечало 100 идентифицированных нейронов ЛВЯ с одиночной импульсацией. Тормозной тип реакции наблюдался у 62,3% клеток при низкочастотном и 64,7% клеток - при высокочастотном раздражениях (рис.1, Б, 1,2).

81 клетка из 90 фоновоактивных идентифицированных нейронов ЛВЯ отвечала на низко- и высокочастотную стимуляцию соматосенсорной зоны коры, из них торможением - 53,4 и 62,2% соответственно (рис.1, В,1,2). Низкочастотное электрическое раздражение лимбической зоны коры вызывало изменения у 86 (81,1%) из 106 идентифицированных фоновоактивных нейронов ЛВЯ с одиночной импульсацией, а высокочастотное - у 92 (86,7%). Тормозной тип реакции регистрировался у 47,3% клеток при низкочастотной и у 55,6% - при высокочастотной стимуляциях (рис.1, Г,1,2).

Облегчающее влияние коры наиболее выражено при низко- и высокочастотном раздражениях соматосенсорной (33,3 и 31,2% клеток соответственно) и лимбической (33,9 и 30,0%) зон коры и менее - моторной (22,5 и 20,1%) и вестибулярной (24,8 и 23,4%). Фазные реакции чаще всего регистрировались при стимуляции вестибулярной и моторной зон коры. При стимуляции лимбической коры фазные ответы встречались редко и были продолжительными (500-2500 *мс*).

Выявлена связь между типом изменения ритмики при стимуляции различных зон коры и частотой их фоновой активности. С увеличением последней электростимуляция усиливала тормозной и ослабляла возбуждающий эффекты, что ярче выражено при стимуляции вестибулярной и моторной зон коры. Так, если у нейронов с частотой 11-30 *имп/с* низко- и высокочастотное раздражения вестибулярной коры вызывало урежение разрядов соответственно у 65,4 и 58,2% клеток, то в популяции нейронов с фоновой ритмикой более *30 имп/с* на корковые раздражения урежением отвечали соответственно 75,8 и 77,1% клеток. Та же закономерность наблюдалась и при стимуляции моторной зоны коры. На низкочастотную стимуляцию лимбической коры торможением отвечали всего 45,4% клеток с фоновой частотой 11-30 *имп/с* и 54,5% - при высокочастотном раздражении. Нейроны с частотой более 30 *имп/с* соответственно составляли 55,5 и 63,4%. По-разному изменялся и уровень средней частоты разрядов нейронов ЛВЯ при раздражении разных областей коры мозга. Тоническое уменьшение средней частоты разрядов нейронов ядра Дейтерса наиболее выражено при высокочастотной стимуляции соматосенсорной (урежение в среднем на 34,8% по сравнению с исходной) и вестибулярной (на 31,5%) зон коры , менее - лимбической (на 28,8%). Учащение разрядов наиболее выражено при низкочастотной стимуляции вестибулярной (на 25,0%) и соматосенсорной (на 21,1%) зон и менее - моторной (на 17,2%) и лимбической (на 15,5%) зон коры.

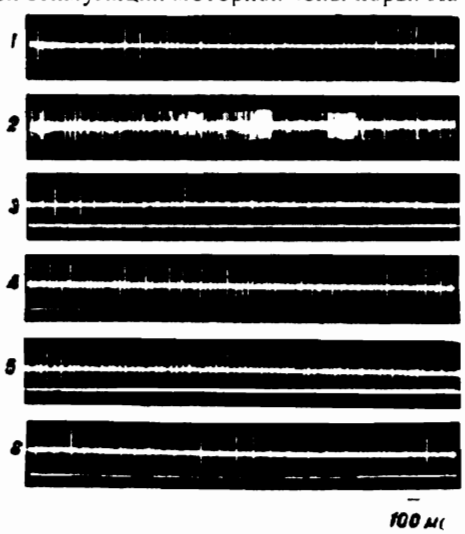


Рис.2. Влияние электрического раздражения различных зон коры на нейроны вестибулярного ядра Дейтерса:1)нейрограмма в норме, 2) при поляризации лабиринта, 3) при раздражении лимбической, 4) при раздражении вестибулярной, 5) при раздражении соматосенсорной, 6) при раздражении моторной зон коры. Луч под нейрограммой - период раздражения (60*Гц*).

Конвергенция влияний раздражаемых зон коры мозга обнаружена у 66 нейронов ядра Дейтерса. Большинство тестированных нейронов ДВЯ реагировали на раздражение двух и более корковых зон, т.е. они являлись "поликортикальными". Направленность реакций нейронов была неодинаковой: у "поликортикальных" нейронов ЛВЯ вход из одной или двух зон является возбуждающим, а из других - тормозящим (рис.2.). Причем чаще всего эти влияния носили тормозной характер. Чаще тормозное воздействие на "поликортикальные" нейроны ДВЯ оказывали моторная и лимбическая зоны коры, а возбуждающее - вестибулярная зона. 18 единиц (27,2%) отвечали на раздражение всех четырех зон коры. Из них 2 нейрона на

все корковые сигналы отвечали тоническим учащением импульсной активности, 8 нейронов - учащением на стимуляцию вестибулярной и соматосенсорной зон коры, урежением фоновой активности - на стимуляцию моторной и лимбической зон коры, 4 нейрона отвечали торможением на стимуляцию лимбической и соматосенсорной зон коры, облегчением - вестибулярной и моторной зон коры, 4 клетки отвечали учащением импульсной активности на стимуляцию моторной зон коры и урежением на стимуляцию остальных трех зон коры. На 12 нейронах (18,8%) обнаружена конвергенция влияний трех зон коры (лимбическая + соматосенсорная + вестибулярная - 4 клетки, лимбическая + вестибулярная + моторная - 4 клетки, соматосенсорная + вестибулярная + моторная - 2 клетки, лимбическая + соматосенсорная + моторная - 2 клетки). При этом направленность реакций нейронов была неодинаковой: вход из одной корковой области являлся возбуждающим, а из другой - тормозящим. 20 нейронов (30,3%) получали конвергентные влияния из двух различных зон коры (лимбическая + моторная - 8 нейронов, соматосенсорная + моторная - 8 нейронов, лимбическая + вестибулярная - 4 нейрона). Из 16 нейронов (24,2%) были модально специфическими и реагировали увеличением исходной частоты фоновых импульсов исключительно на электростимуляцию вестибулярной зоны коры.

Анализ латентных периодов и их изменений при серийных раздражениях коры свидетельствует о значительном преобладании полисинаптических связей нейронов ЛВЯ. Длительность латентных периодов при стимуляции исследованных зон коры составила 10-60 *мс*.

Результаты настоящей работы выявили особенности взаимодействия между различными зонами коры и вестибулярным ядром Дейтерса. Полученные данные показали , что вестибулярное ядро бульбарного комплекса, представляя структуру, основной функцией которой является нисходящий контроль деятельности спинного мозга, находится под эффективным контролем со стороны коры головного мозга. Кортикофугальное влияние вызывает сложную динамическую перестройку фоновой активности вестибулярного ядра Дейтерса как возбудительного, так и тормозного характера, участвует в циклической модуляции текущей частоты нейронной импульсации. Выявлена определенная зависимость характера ответной реакции нейронов ядра Дейтерса от локализации раздражения коры. В ответ на раздражение различных зон коры преимущественной формой реакции было снижение текущей частоты импульсации, а также развитие первичного торможения. Это согласуется с результатами исследований [7,12]. Тормозящее влияние коры на вестибулярные центры было установлено и в экспериментально-клинических исследованиях [13]. Однако в работе [14] при электростимуляции передней эктосильвиевой извилины и крестовидной борозды ответы вестибулярных ядер были в основном облегчающие. О возбуждающем характере корковых влияний свидетельствуют также исследования [15,16].

В наших экспериментах тормозной тип реакции преобладал при электростимуляции вестибулярной и моторной зон коры, что , по-видимому, обеспечивает более пластичное управление двигательной активностью и мышечным тонусом, при согласовании поздних перестроек и быстрого моторного выхода, что согласуется с данными [17]. В функциональном плане вестибулярное корковое поле у кроликов является проекционной зоной передних конечностей [1]. По данным [4], у кроликов верхняя треть вестибулярного поля находится на стыке моторной, слуховой и зрительной проекций и частично перекрывает каждую из них. Существует также мнение, что на нейронах моторной коры происходит широкая конвергенция вестибулярной и соматической чувствительности, более того, показано, что моторную кору у кроликов можно рассматривать как полисенсорное поле. Конвергенция проприорецептивного, слухового и других афферентных входов показана также на 80% нейронов соматосенсорной зоны коры кроликов [18]. Наличие широкого представительства в коре мозга кроликов различных анализаторов свидетельствует о функциональных особенностях ее организации и, по всей вероятности, обусловливает полисенсорные кортикофугальные входы в вестибулярное ядро Дейтерса. Об этом свидетельствуют результаты исследования конвергентных влияний различных зон коры на нейроны

ЛВЯ. Полученные данные позволяют заключить, что по своим свойствам нейроны вестибулярного ядра Дейтерса являются "поликортикальными". Многие исследователи обращали внимание на выраженные полимодальные свойства нейронов ЛВЯ [19,20]. Такая особенность нейронов ядра Дейтерса, очевидно, определяет специфику происходящих здесь процессов межсенсорной интеграции. Значение этих процессов для адекватной пространственной ориентации животных неоднократно подчеркивалось исследователями [21].Вместе с тем высказывалось предположение, что доминирующим входом в ЛВЯ обладает вестибулярный афферентный канал [22].Согласно нашим данным, особенности клеточных реакций ядра Дейтерса, а также характер конвергентности нейронов свидетельствуют о значительном доминировании кортикального вестибулярного входа в эту область, что соответствует литературным данным [7]. Судя по характеристикам наблюдаемых нами нейронных реакций, кортико-вестибулярные влияния передаются преимущественно полисинаптически, о чем свидетельствует факт изменения величин скрытых периодов ответов от увеличения интенсивности корковой стимуляции, а также невоспроизведения высокой частоты раздражения. По всей вероятности, полисинаптический путь кортико-вестибулярных влияний опосредован многими структурами ствола мозга, имеющими прямые связи с ядром Дейтерса, модулирующее влияние которых на вестибулярную систему хорошо известно [15]. Можно полагать, что преобладающий тормозной кортикофугальный контроль объясняется вовлечением, в основном, оливо- или ретикуло-мозжечковой системы, которые являются основными источниками торможения нейронов ЛВЯ.

Обобщая представленный материал, можно заключить, что электрическая стимуляция определенных клеточных популяций различных зон коры модулирует активность нейронов ядра Дейтерса и может изменять возбудимость и функциональную настройку вестибулярной системы.

Кафедра физиологии человека и животных *Поступила 12.03.1995*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Odkvist L., Rubin A., Schwarz D., Fredrickson J.** Vestibular cortical projection in the rabbit.- J. Comp Neurd.,1973, v.149, №1, p.117-120.
2. **Roucux-Hanus M., Boisaca-Shepenes N.** Ascending vestibular projections; furthes results at cortical and thalamic levels in the cat.- Exp. Brain Res., 1977, v.29, № 2, p.283-292.
3. **Горгиладзе Г.И.** Корковые механизмы вестибулярной функции.- Успехи совр.биол.,1970, № 1, с.65-84.
4. **Крейдич Ю.В.** К изучению корковой проекции вестибулярного аппарата у кроликов.- Журн.высш.нерв.деятельности. 1974, т.24, вып.4, с.854-856.
5. **Schwarz D., Fredrickson J.** Rhesus monkey vestibular cortex a bimodals primary projection fild. Science,1971,v.172, № 3980, p.280-281.
6. **Саркисян В.А., Фанарджян В.В.** Синаптические механизмы афферентного контроля активности нейронов латерального вестибулярного ядра Дейтерса. Эффекты стимуляции коры мозга. - Сенсорные системы,1991, т.5, № 4, с.43-52.
7. **Райцес В.С., Шляховенко А.А.** Центральный контроль реакций вестибулярной системы.- Успехи физиол. наук, 1990,т.21, № 2,с.56-59.
8. **Fukushima K., Takahashi K., Ohmo M., Kato M.** Responses of cat vestibular neurans to stimulation of the frontal cortex - Exp.Brain.Res., 1984,v.56, p.275-278.
9. **Ионтов А.С., Кисляков В.А., Кулешова Т.Ф. и др.** Морфология связей корковой вестибулярной зоны.М., 1980, 96 с.
10. **Краснопольский С.З., Райцес В.С.** Кортикофугальные влияния на активность нейронов вестибулярных ядер кошки.- Нейрофизиология, 1987,т.19, № 6,с.802-809.
11. **Kempinsky W.H.** Cortical projection of the vestibuler and facial nerves in cat - J. Neurophysiol, 1951, v. 14, p.203-210.
12. **Arslan M., Molinari G.** Modifications of the actity of the vestibular nuclei in the cat following stimulation of the temporal lobe.- Acta Otolaringol., 1965, v. 59, № 2-4, p.338-343.
13. **Благовещенская Н.С., Баран М.А.** Особенности вестибулярного синдрома у больных с легкой и средней степенью черепномозговой травмы, сочетанной с алкогольной интоксикацией: YII Всес. съезд невропатол. и психиатр.- Тезисы докладов. М., 1981, с.185-187.
14. **Gildenberg Ph., Hassler R.** Influence of stimulation of the cerebral cortex on vestibular nuclei units in the cat - Exp. brain Res., 1971, v.14, № 1, p.77-94.

15.**Fanardjian V.V., Sarkisian V.H.** Synaptic mecanisms of interaction of lateral vestibulospinal neurons with some brain stem structures.- Progress in Brain Res.: Vestibulospinal control of Posture and Locomotion, 1988., v.76, p.45-60.
16.**Mamelli O., Telu E. et al.** I nuclei vestibulari quali centri- diintegratione di afferente periferice e centrali.- Boll. soc. stal. biol. sper., 1981, v.57, № 6, p.672-677.
17.**Кисляков В.А.** Вестибулярный контроль мышечной деятельности.- В кн.: Физиология движений. Л., 1976, с.131-143 (руководство по физиологии).
18.**Васильевский Н.Н.** Функциональные свойства нейронов соматосенсорной коры взрослых кроликов. - В сб.: X Всесоюз. съезд физиологов. М.,1964, т.I,с.139.
19.**Абакаров А.Т.** Изменение суммарных и клеточных реакций вестибулярных ядер при функциональном выключении височного неокортекса.- В кн: Механизмы пластичности мозга. Махачкала, 1982, с.3-4.
20.**Дмитриев А.С.** Роль вестибулярных ядер продолговатого мозга в механизме центрального взаимодействия лабиринтных и экстралабиринтных систем.- В кн: Центральные механизмы нейрогуморальной регуляции функций в норме и патологии. Минск, 1985, с. 68-77.
21.**Boyle R., Büttner U., Market C.** Vestibular nuclei activity and eye movements in the alert monkey during sinusoidal optokinetic stimulation.- Exp. Brain Res., 1985, v.52, № 2, p.362-369.
22.**Курашвили А.Е., Бодряк В.Н.** Физиологические функции вестибулярной системы. Л: Медицина, 1975, 279 с.

Վ.Ս. ՂՈՒԼՑԱՆ, Ծ.Ի. ԱԴԱՄՑԱՆ, Ս.Մ. ՄԻՆԱՍՑԱՆ

ԿԵՂԵՎԱԽՈՒՅՍ ԱԶԴԵՑՈՒԹՑՈՒՆԸ ԵՐԿԱՐԱՎՈՒՆ ՈՒՂԵՂԻ ԱՆԴԱՍՏԱԿԱՑԻՆ ՆԵՑՐՈՆՆԵՐԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՑԱՆ ՎՐԱ

Ամփոփում

ՈՒսումնասիրվել են երկարավուն ուղեղի Դեյտերսի անդաստակային կորիզի նեյրոնների ռեակցիայի բնույթը և դրանց համամիտման հատկությունները կեղևի տարբեր շրջանների էլեկտրական խթանման պայմաններում: Փորձարարական հետազոտությունները կատարվել են ճագարների վրա սուր փորձի պայմաններում: Կեղևի տարբեր հաճախություններով խթանումը Դեյտերսի անդաստակային կորիզի նեյրոնների վրա թողնում է դրդող և արգելակող ազդեցություն: Նեյրոնների բարձր ռեակտիվություն դիտվել է կեղևի, մարմնազգայական և անդաստակային շրջանների, իսկ ցածր՝ լիմբիական շրջանի գրգռման դեպքում: Կեղևախույս արգելակող ազդեցությունն առավելապես ցայտուն է արտահայտվել անդաստակային և շարժողական շրջանների էլեկտրախթանման ժամանակ: Բացահայտվել է կապ անդաստակային նեյրոնների ելակետային ակտիվության և նրա հաճախության փոփոխության բնույթի միջև կեղևի տարբեր շրջանների գրգռման դեպքում: Հաստատվել է կեղևախույս վարընթաց բարձր աստիճանի համամիտում Դեյտերսի անդաստակային կորիզի նեյրոնների վրա:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Биология

УДК 577.155.3

М.Л. ГЕВОРКЯН, М.А. ДАВТЯН, А.Г. ГРИГОРЯН

ВЛИЯНИЕ pH НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ АРГИНАЗЫ

Изучение влияния pH среды на константу $k_{кат}$ и константу Михаэлиса K_M для каталитической реакции аргиназы печени крупного рогатого скота позволило заключить, что депротонирование α-аминогруппы аргинина является необходимым условием для связывания его в активном центре. Эффективность связывания конкурентных ингибиторов аргиназы - орнитина и лизина - обеспечивается также при депротонировании их α-аминогрупп. Для пролина в молекуле аргиназы имеется отдельный участок связывания, контролируемый ионизирующейся группой с $pK_a \sim 8,7$.

Исследование зависимости кинетических параметров ферментативных реакций от pH среды является одним из методов изучения структуры и механизма действия ферментов. Такое исследование позволяет выявить ионизирующиеся группы в активных центрах ферментов и в сочетании с другими методами выяснить природу и степень участия этих групп в каталитическом процессе [1,2]. Таким способом были получены важные сведения об ионизирующихся группах, участвующих в процессах связывания субстратов или в самом каталитическом акте целого ряда ферментов, среди них рибонуклеаза [3], холинэстераза [4], протеинкиназа [5] и т.д.

Хотя область pH-активности печеночной аргиназы млекопитающих исследовалась многими авторами, однако зависимость кинетических свойств этого фермента от pH среды мало изучена. Единственная работа, посвященная изучению влияния изменения pH среды на кинетические свойства аргиназы печени млекопитающих, была проведена Гринбергом и сотрудниками еще в 1956 году [6]. На основании полученных данных ими была предложена схема кинетического механизма реакции и оценены значения кинетических констант. В этой и ряде других работ было показано, что наиболее эффективно фермент взаимодействует с непротонированной формой субстрата [7], и каталитически атакуемым, наиболее вероятно, является цвиттерион аргинина [6].

В настоящей работе с целью получить новые сведения о строении и особенностях функционирования активного центра аргиназы проводилось исследование влияния pH на кинетические параметры каталитической реакции - $k_{кат}$ и K_M, а также на величину K_i для некоторых конкурентных ингибиторов аргиназы печени крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Исследование проводилось на коммерческом лиофилизированном препарате аргиназы печени крупного рогатого скота (Reanal,Венгрия). Растворы готовились на 0,05*М* фосфатном, глициновом или Трис-HCL буферах в концентрации $4,2\ 10^{-7}$ *М*. Аргиназная активность определялась по методу Ратнер с последующим определением аммиака микродиффузионным методом, как описано ранее в [8].

В работе использовали препараты L -аргинина, L- пролина, L- валина, L- лизина и L- орнитина фирмы Reanal (Венгрия)/. Остальные реактивы с маркой ХЧ - отечест-

венного производства. Величины $K_м$ и K_i определяли с помощью методов Лайнуивера-Бэрка и Диксона [1].Данные оценивались по результатам 8-9 опытов.

Результаты и обсуждение. Нами было проведено определение величин каталитической константы $к_{кат}$ и константы Михаэлиса $K_м$ при различных значениях pH среды. Исследования проводились в области pH от 6,5 до 10,5, где аргиназа активна и не подвергается денатурации [9,10]. Результаты этих экспериментов приведены на рис.1. Как видно из этого рисунка, величины $lgк_{кат}$ и $lgк_{кат}/K_м$ вначале с ростом значений pH возрастают. При pH ~ 8,6 наблюдается перегиб. Как известно, pH-зависимость параметра $к_{кат}$ характеризует ионизирующиеся группы фермент-субстратного комплекса, тогда как зависимость $к_{кат}/K_м$ от pH отражает ионизацию групп активного центра свободного фермента и (или) субстрата [11].В наших опытах значения pKa,полученные из этих двух зависимостей близки (см. рис.1), что означает, что в составе фермент-субстратного комплекса величина pK_a ионизирующейся группы не меняется. Значение pK_a α-аминогруппы аргинина равно 9,04 [12], что близко к значению pKa ионизирующейся группы, полученному в наших экспериментах. Возможно, это и есть α-аминогруппа аргинина. Таким образом, аргиназа печени быка эффективно взаимодействует с молекулой аргинина, у которой аминогруппа находится в непротонированной форме. Однако тангенс угла наклона на этих зависимостях меньше единицы. Как считают некоторые исследователи [2,5], такой факт объясняется тем, что при протонировании ионизирующейся группы (в нашем случае, по-видимому, α-аминогруппы аргинина) активность частично сохраняется.

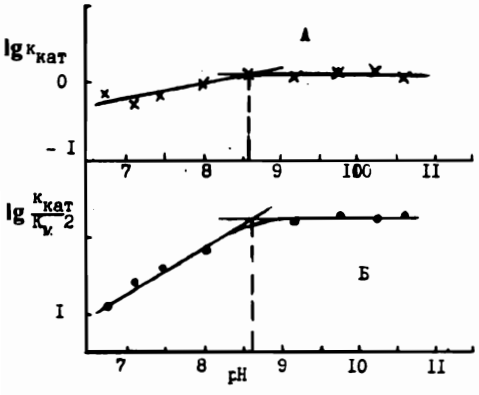


Рис.1. Зависимость $к_{кат}$ и $к_{кат}/K_м$ от pH для реакции гидролиза аргинина аргиназой.

Свободные карбоксильная и гуанидиновая группы аргинина также важны для связывания фермента с субстратом. Расположение и величина их зарядов, по-видимому, играют существенную роль в процессах правильной ориентации и связывания аргинина в активном центре [13]. Однако значения pK_a этих групп находятся за пределами исследуемой области pH, и на данных зависимостях эти процессы не отражаются.

Было проведено также изучение влияния pH на величину константы ингибирования - K_i аргиназы для конкурентных ингибиторов - валина, лизина, орнитина и пролина. Конкурентный характер и величины K_i для этих аминокислот были определены нами ранее [14]. Наиболее сильным ингибитором для этой аргиназы, как было показано, является валин (K_i=1,4 *mM*).Исследования показали, что изменение значений pH среды по разному влияет на величину K_i для разных ингибиторов. Так, с увеличением значений pH величина K_i для пролина увеличивается от 4 *mM* при pH 7,5 до 75 *mM* при pH 10,5, т.е. сродство этого ингибитора к аргиназе уменьшается в щелочной среде. На графике зависимости pK_i от pH для пролина (рис.2) обнаруживается кислотная группа с pK_a около 8,7. Протонирование этой группы обеспечивает наиболее эффективное взаимодействие пролина с аргиназой. Принимая во внимание, что пролин не содержит ионизирующихся групп в данной области pH, можно считать, что эта группа находится в аргиназе. Идентификация ее требует дополнительных исследований.

Для валина величина pH не влияет на степень ингибирования аргиназы (рис.2). При pH 10,5 ингибирующий эффект валина снимается высокими концентрациями субстрата, однако при других значениях pH этого не наблюдается. В данном случае, по-видимому, с аргиназой связывается боковая цепочка валина - связь неионная, чем и объясняется независимость ингибирования от pH среды (pK_a α-аминогруппы валина-9,6) [12].

Зависимости pK_i от pH для лизина и орнитина имеют сходную форму (рис.2). Здесь можно видеть два перегиба, свидетельствующих о наличии двух ионизирующихся групп в свободном ферменте и (или) ингибиторе. Одна из групп, участвующих в связывании фермента с ингибитором, должна быть протонирована, а другая- депротонирована. Причем для обеих аминокислот-ингибиторов эти группы, по-видимому, сходны. Одна из них, видимо, α-аминогруппа (pK_a α-аминогруппы лизина- 8,95), а вторая, очевидно, находится в активном центре аргиназы и должна быть протонирована для обеспечивания связывания ингибитора с ферментом. Значение pK_a для первой из этих групп близко к значению, полученному на аналогичной зависимости для аргинина. Очевидно, это α-аминогруппа,которая и у аргинина, и у лизина, и у орнитина должна быть депротонирована для обеспечивания связывания этих соединений в активном центре аргиназы (значения pK_a для α-аминогрупп у этих аминокислот близки).

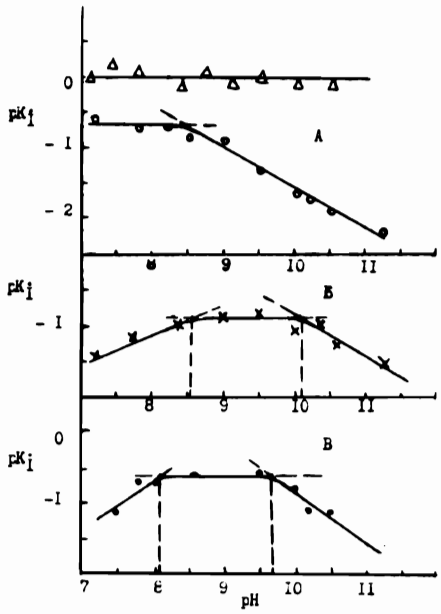


Рис.2. Зависимость константы ингибирования K_i от pH для конкурентных ингибиторов аргиназы - валина (Δ), пролина (о) (А) и орнитина (В)(•), лизина (×)(Б).

Функциональная группа в аргиназе с pK_a~10, по-видимому, находится в активном центре, либо вблизи от него. Ее депротонирование снижает сродство ингибиторов к ферменту. При идентификации этой группы в дальнейшем необходимо учитывать влияние на величину pK окружающих группировок.

Различия в зависимостях pK_i от pH для орнитина, лизина, с одной стороны, и пролина, с другой, может свидетельствовать о том, что участки связывания этих аминокислот в аргиназе различны. Орнитин и лизин, очевидно, связываются с аргиназой там же, где и аргинин - в каталитическом центре фермента. Но для пролина, по-видимому, имеется отдельный пункт приема, находящийся вне основного участка связывания субстрата. Блокирование его существенно влияет на активность аргиназы, возможно, в результате изменения конформации аргиназы в области активного центра.

В проведенных нами ранее экспериментах по изучению зависимости инактивации аргиназы при сенсибилизированном метиленовым синим фотоокислении было показано, что лизин, орнитин и аргинин частично, но в одинаковой степени защищают фермент от инактивации, в то время как пролин защищает фермент в значительно меньшей степени [15]. Эти данные косвенно подтверждают иной механизм связывания пролина с аргиназой. Высокая чувствительность аргиназы к целому ряду аминокислот подтверждает тот факт, что аргиназа печени млекопитающих, кроме орнитинового цикла, принимает участие во многих других процессах, протекающих в организме. С помощью этих аминокислот, очевидно, осуществляется регуляция этих процессов, причем участки связывания регуляторов в молекуле аргиназы и эффективность их воздействия различны. Необходимо отметить, что содержащиеся в аргиназе ионы марганца, которые, как известно, участвуют в поддержании активной конформации фермента [6], обеспечивают и специфическое ионизационное состояние его активного центра. Наличие положительного заряда протонированной α-аминогруппы в аргинине и ингибиторах, возможно, препятствует их связыванию в активном центре при низких значениях pH благодаря положительному заряду, связанному с присутствием ионов марганца.

Кафедра биохимии и проблемная лаборатория сравнительной и эволюционной биохимии

Поступила 16.03.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Диксон М, Уэбб Э.** Ферменты. М.: Мир, 1982, т.1.
2. **Cleland W.W.** Adv.Enzymol., 1977, v.45, p.273-387.
3. **Irie M.** J. Biohem., 1969, v.65, p.133-140.
4. **Лангел Ю.Л., Спээк М.А., Ярв Я.Л.** Биохимия, 1980, т.45, № 12, с.2130.
5. **Багиров Э.М., Кочетков С.Н., Габибов А.Г., Сащенко Л.П., Северин Е.С.** Молек. биол., 1983,т.17, № 1, с.129.
6. **Greenberg D.M., Bagot A.E., Roholt O.A.** Arch. Biochem. Biophys.,1956, v.62, № 2, p.446-453.
7. **Grazi E., Magri E.** Biochem J., 1972, v.126, № 3, p.667-674.
8. **Геворкян М.Л., Закарян А.Е., Давтян М.А.** Биол.ж. Армении, 1974, т.27, № 9, с.44.
9. **Greenberg D.M.** The enzymes, 1960, v.4, p.257-267.
10. **Bach S.J., Killip J.D.** BBA, 1958, v.29, p.273-280.
11. **Фершт Э.** Структура и механизм действия ферментов. М.: Мир, 1980.
12. **Ленинджер А.** Основы биохими. М.: Мир, 1985, т.1, с.122.
13. **Subramanjan Fsr., Reddy R. Indian J.** Biochem. and biophys., 1986, 23. v.23, № 6, p.359-361.
14. **Давтян М.А., Геворкян М.Л.** Биол. ж. Армении, 1989, т.42, № 1, с.41.
15. **Давтян М.А., Геворкян М.Л.** Биол. ж. Армении, 1980, т.33, № 9, с.941.

Մ.Լ.ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Մ.Ա.ԴԱՎԹՅԱՆ, Ա.Գ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

pH-ի ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՐԳԻՆԱԶԻ ԿԱՏԱԼԻՏԻԿ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԻ ԿԻՆԵՏԻԿ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

Միջավայրի pH-ի ազդեցության ուսումնասիրությունը խոշոր եղջյուրավոր անասունների լյարդի արգինազի կատալիկ կոնստանտի՝ $к_{кат}$- ի և Միխաէլիսի կոնստանտի՝ K_m -ի վրա թույլ է տվել եզրակացնել, որ սուբստրատի փոխազդեցությունը ակտիվ կենտրոնի հետ տեղի է ունենում նրա α- ամինախմբի դեպրոտոնացման պայմաններում: Մրցակցային արգելակիչների՝ օրնիտինի և լիզինի էֆեկտիվ միացման համար արգինազի հետ նույնպես անհրաժեշտ է նրանց α-ամինախմբերի դեպրոտոնացումը: Պրոլինը, որը մրցակցային արգելակիչ է հանդիսանում այս արգինազի համար, հավանաբար, ունի կապման առանձին կենտրոն, որը բնորոշվում է pK_a~ 8,7 ունեցող իոնացվող խմբով:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Биология

УДК 582.28:577.15

М.Г.ТАСЛАХЧЬЯН, С.Г.НАНАГЮЛЯН, М.А.ДАВТЯН, Г.А.СЕМЕРДЖЯН, Р.П.ХАЧАТРЯН, Н.ДЖ. КИРАКОСЯН

АКТИВНОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ НЕКОТОРЫХ БАЗИДИАЛЬНЫХ МАКРОМИЦЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕРОДНОГО ПИТАНИЯ

В статье изложены результаты исследования активности целлюлолитических ферментов некоторых базидиальных макромицетов при глубинной ферментации с различными источниками углерода. Установлены наиболее активные штаммы-продуценты целлюлаз и оптимальные сроки ферментации.

Биоконверсия растительного сырья, продукты трансформации которого могут быть широко использованы для получения разнообразных физиологически активных веществ, белково-витаминных концентратов, спиртов, жидкого и газообразного топлива, в настоящее время является чрезвычайно важной проблемой.

На современном этапе по количеству полученных низкомолекулярных гидролизатов, скорости гидролиза и основным экономическим показателям наиболее выгодным наряду с термолизом, щелочной делигнификацией, гидролизом в органических растворителях и др. является кислотный гидролиз лигноцеллюлозных субстратов.

Однако социально-экологические требования при создании новых видов продукции выдвигают на первый план экологически чистые технологии с минимальным расходом воды и отсутствием каких-либо сбросов. С этой точки зрения возможность использования ферментных систем высших базидиомицетов в целях утилизации лигноцеллюлозных отходов сельского хозяйства и ряда отраслей промышленности представляет несомненный интерес.

Для многих высших базидиомицетов, относящихся к истинным дереворазрушающим грибам, характерно наличие ферментной системы с широкой субстратной специфичностью процессов гидролиза и окисления.

Многочисленные исследования ферментных систем высших базидиомицетов показали, что они обладают способностью использовать нативную целлюлозу, лигнин, пектиновые вещества, крахмал и другие биополимеры.

Из этой группы ферментов весьма широко распространены и достаточно активны у афиллофоральных грибов амилазы [1].

Важную роль в разрушении углеродного скелета древесины базидиомицетами играет ксиланаза [2]. Для ксиланаз установлен конститутивный характер биосинтеза. В культурах высших базидиомицетов синтезируются внеклеточные протеиназы с преобладанием фермента типа карбоксипептидаз [3,4].

Способность продуцировать целлюлолитические ферменты выявлена у грибов различных таксономических групп высших базидиомицетов [5-12]. Состав и активность целлюлазного комплекса специфичны для видов и штаммов, а также определяются условиями культивирования или жизнеобитания в природе. В большинстве случаев целлюлазы высших базидиомицетов образуются адаптивно, о чем свиде-

тельствует возрастание их активности на средах с целлюлозой. Однако у многих видов дереворазрушающих базидиомицетов целлюлаза выделяется на средах с любым источником углерода, что говорит о конститутивном характере биосинтеза целлюлаз, связанном, очевидно, с особенностями их экологии.

У многих высших базидиомицетов изучены ферменты, относящиеся к классу оксидоредуктаз, катализирующие реакции окисления-восстановления [1].

Особый интерес, проявляемый к изучению окислительных ферментов высших дереворазрушающих базидиомицетов, объясняется ролью фенолоксидаз и пероксидаз в процессах разрушения лигнина грибами. Установлено, что способностью к деструкции лигнина в различной степени обладают многие бактерии и грибы. Однако наиболее активными разрушителями лигнина являются базидиомицеты - возбудители белой гнили, обладающие уникальной способностью осуществлять полную деградацию лигнина. Большинство лигнинразрушающих грибов продуцирует внеклеточные фенолоксидазы, которые, по данным исследований последних лет, играют важную роль в деградации лигнина [13-15].

В связи с изложенным представляется целесообразным отбор из числа высших базидиомицетов эффективных продуцентов ферментов лигноцеллюлазного и пектиназного комплексов, а также оксидаз, участвующих в процессе деструкции лигнина.

Нами проведен первичный отбор штаммов - продуцентов целлюлолитических ферментов в процессе роста культур грибов на твердых и жидких питательных средах, содержащих целлюлозу. Объектами исследования являлись культуры высших базидиомицетов, входящих в созданную нами коллекцию культур, насчитывающую более 30 видов сумчатых и базидиальных макромицетов.

Предварительные исследования были направлены на определение наличия в культуре внеклеточных фенолоксидаз, в частности, лакказы, тирозиназы, пероксидазы, а также экстрацеллюлярной оксидазы.

Фенолоксидазы определяют различными методами, в том числе с помощью характерных цветовых химических реакций на поверхности мицелиальной колонии [16,17].

Для выявления фенолоксидаз нами применялись следующие тесты: для определения лакказы - с α нафтолом, тирозиназы - с *p*-крезолом, пероксидазы - с пирогаллолом и H_2O_2, экстрацеллюлярной оксидазы - с гваяколовой кислотой. Реакции проводились при выращивании культур на сусло-агаре и картофельно-глюкозном агаре при 27^0C. Тестированию было подвергнуто 18 видов макромицетов, в том числе 1 сумчатый гриб Helvella atra, 9 афиллофоральных и 8 видов агарикальных грибов.

В отдельных случаях наблюдались различия в скорости окрашивания колоний или его интенсивности, однако характер реакций для каждого вида при всех испытанных условиях, как правило, был постоянен. Все испытанные культуры обнаружили положительную реакцию на лакказу. У 8 культур отмечена положительная реакция на все 3 фермента: Ganoderma applanatum, Hericium coralloides, Pleurotus cornucopiae, Schizophyllum commune и другие.

Laetiporus sulphureus и Lepista nuda имели отрицательные реакции на тирозиназу. В некоторых случаях отмечена разница у штаммов одного и того же вида. Специфичность в наличии тех или иных ферментов у грибов таксонов более высокого ранга, чем вид, нами не отмечена.

Изучены также реакции на экстрацеллюлярную оксидазу. Положительные реакции на этот фермент отмечены почти у всех видов, кроме Helvella atra и Pleurotus ostreatus.

Дальнейшие исследования были посвящены установлению степени активности целлюлолитических ферментов некоторых базидиальных макромицетов при глубинном культивировании этих грибов в питательной среде с различными источниками углерода.

В опытах были использованы выращенные на сусло-агаре 7-суточные чистые культуры дереворазрушающих грибов Pleurotus ostreatus, Coriolus versicolor, Panus tigrinus, Polyporus arcularius и Laetiporus sulphureus.

Грибы выращивались глубинно в колбах Эрленмейера на 750 *мл*, содержащих 100 *мл* минеральной среды Норкранс при 25^0*C*. Колбы инокулировались 2-х *см* кусочками культуры, выращенной на твердой питательной среде. В качестве единственного источника углерода использовались гуанидинацетилцеллюлоза (ГАЦ), подсолнечная лузга, древесные опилки и обрезки виноградной лозы. Для 100 *мл* среды брались по 0,5*г* ГАЦ и по 1г остальных субстратов. Продолжительность ферментации составила 16 суток, повторность опыта 3-кратная, pH - 6. Культивирование проводилось при непрерывном встряхивании на круговой качалке (250 *об./мин.*). Активность целлюлолитических ферментов определялась по количеству редуцирующих сахаров в реакционной смеси по методике Хагедорна-Йенсена [17]. Белки осаждались с помощью добавления в среду 0,45% $ZnSO_4$ и 10% NaOH.

Результаты расщепления полисахаридов испытуемых субстратов различными видами грибов в течение 16 дней ферментации отражены в табл.1 и 2. В табл.1 приведены данные в *мг* в 1*мл* среды, а в табл.2 - из расчета на 1*г* введенного в среду углеродсодержащего субстрата.

Данные табл.1 свидетельствуют о том, что разрушение субстратов под воздействием ферментов грибов протекает с различной скоростью, и грибы проявляют определенную избирательность к источникам углерода.

Так, напр., Pleurotus ostreatus быстрее и лучше разрушает древесные опилки, чем ГАЦ и лузгу. На 4-ый день ферментации в реакционной смеси с древесными опилками количество редуцирующих сахаров составило 0,068 *мг/мл*, на 12-ый день - 0,354 *мг/мл*, с лузгой и ГАЦ - 0,048 и 0,212 мг/мл соответственно.

Для Polyporus arcularius, наоборот, более предпочтительным субстратом оказались лузга и ГАЦ, чем опилки. На 4-ый день ферментации количество моносахаридов в среде с лузгой и ГАЦ составило 0,068 *мг/мл*, на 12-ый день - 0,318 *мг/мл*, а на

Таблица 1

Целлюлолитическая активность некоторых высших базидиомицетов на различных субстратах (мг в 1мл среды)

Название гриба	Субстрат	Количество редуцирующих сахаров по дням				
		1	4	8	12	16
Pleurotus ostreatus	подсолнечная лузга	0,006	0,048	0,132	0,212	0,132
	древесные опилки	0,034	0,068	0,140	0,354	0,140
	ГАЦ*	0,014	0,048	0,138	0,212	0,132
Polyporus arcularius	подсолнечная лузга	0,014	0,068	0,140	0,318	0,140
	древесные опилки	0,006	0,054	0,132	0,210	0,130
	ГАЦ	0,020	0,068	0,154	0,318	0,150
Laetiporus sulphureus	подсолнечная лузга	0,028	0,062	0,154	0,326	0,150
	древесные опилки	0,014	0,048	0,132	0,212	0,130
	ГАЦ	0,020	0,054	0,140	0,304	0,140
	ОВЛ**	0,043	0,092	0,012	0,110	0,083
Panus tigrinus	подсолнечная лузга	0,028	0,068	0,152	0,340	0,150
	древесные опилки	0,014	0,048	0,132	0,212	0,130
	ГАЦ	0,020	0,054	0,140	0,318	0,100
Coriolus versicolor	подсолнечная лузга	0,015	0,052	0,077	0,068	0,050
	ГАЦ	0,019	0,041	0,067	0,057	0,031
	ОВЛ	0,005	0,105	0,137	0,127	0,100

* ГАЦ - гуанидинацетилцеллюлоза, ** ОВЛ - обрезки виноградной лозы

Таблица 2

Целлюлолитическая активность некоторых высших базидиомицетов на различных субстратах (в расчете на 1г субстрата)

Название гриба	Субстрат	Количество редуцирующих сахаров по дням				
		1	4	8	12	16
Pleurotus ostreatus	подсолнечная лузга	6,0	4,8	13,2	21,0	17,0
	древесные опилки	3,4	6,8	14,0	35,4	18,6
	ГАЦ	1,4	5,4	13,8	21,2	17,6
Polyporus arcularius	подсолнечная лузга	1,4	6,2	14,0	30,4	19,4
	древесные опилки	6,0	5,4	13,2	21,0	18,6
	ГАЦ	2,0	6,8	15,4	31,8	19,8
Panus tigrinus	подсолнечная лузга	2,8	6,2	15,4	32,6	19,8
	древесные опилки	1,4	4,8	13,2	21,2	17,6
	ГАЦ	1,0	5,4	14,0	30,4	18,6
	ОВЛ	1,74	1,45	1,32	1,37	1,53
Laetiporus sulphureus	подсолнечная лузга	2,8	6,8	15,2	34,0	18,6
	древесные опилки	1,4	4,8	13,2	21,2	17,0
	ГАЦ	2,0	5,4	14,0	31,8	17,6
Coriolus versicolor	подсолнечная лузга	1,91	1,70	1,56	1,61	1,7
	ГАЦ	1,89	1,76	1,62	1,67	182
	ОВЛ	1,65	1,4	1,22	1,28	1,43

среде с опилками - 0,062 и 0,210 *мг/мл* соответственно.

Активность целлюлолитических ферментов Coriolus versicolor была выше в реакционной смеси с обрезками виноградной лозы. Количество редуцирующих сахаров в этой среде на 4-ый день ферментации составило 0,105, на 12-ый - 0,127 *мг/мл*, на лузге - 0,052 и 0,067 *мг/мл*, а на ГАЦ - 0,041 и 0,057 *мг/мл* соответственно.

Для видов Panus tigrinus и Laetiporus sulphureus разрушение субстратов происходило в следующей последовательности: подсолнечная лузга, ГАЦ, опилки. Количество редуцирующих сахаров на 4-ый и 12-ый дни ферментации составило для лузги 0,082 и 0,326 *мг/мл*, для ГАЦ - 0,068 и 0,304 *мг/мл* и на опилках - 0,054 и 0,212 *мг/мл* соответственно.

Данные табл.2, приведенные из расчета к 1 *г* углеродсодержащего субстрата, в общей сложности соответствуют данным табл.1. Здесь также наибольшую активность проявили ферменты, выделяемые Pleurotus ostreatus и Coriolus versicolor.

Для всех испытанных видов дереворазрушающих базидиомицетов пик активности целлюлолитических ферментов наблюдался на 12-ый день ферментации, затем их активность постепенно понижалась.

Как показали приведенные нами опыты, выделение целлюлаз культурами названных грибов протекает достаточно активно на средах с различными источниками углерода, однако наибольшую активность в реакционной смеси с древесными опилками и обрезками виноградной лозы обладали ферменты, выделяемые грибами Coriolus versicolor и Pleurotus ostreatus. По-видимому, способность этих грибов - возбудителей белой гнили древесины к утилизации сложных лигноцеллюлозных комплексов сохраняется и в культуре.

На основании полученных данных можно сделать вывод о необходимости проведения дальнейших работ по выделению ферментов из наиболее активных штаммов целлюлозо- и лигнинразрушающих грибов с целью использования их в различных отраслях промышленности и охране окружающей среды.

Кафедра ботаники, кафедра биохимии

Поступила 13.04.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Даниляк Н.И., Семичаевский В.Д., Дудченко Л.Г., Тутнева И.А.** Ферментные системы высших базидиомицетов. Киев: Наукова думка, 1989.
2. **Madan M., Bisaria R.** Cellulolytic ensymes produced by the edible mushroom Pleurotus sajor-caju. Appl.Biochem.biotechnol., 1984, v.9,№ 4.
3. **Денисова Н.П.** Протеолитическая активность культур высших грибов.- Микол. и фитопат., 1982, v.16, № 5.
4. **Денисова Н.П.** Протеиназы высших базидиомицетов.- Микол. и фитопат., 1990, v.24, № 6.
5. **Targonski Z.** Uzdolnienia niektórych szczepow grzybów z klasy Basidiomycetes do biodegradacji celulozy i substratów lignocelulozowych.- Acta mycol., 1983, v.19, № 2.
6. **Pirhonen Tuula J.** Cellulolytic activity of some woodrotting Basidiomycetes.- VTT Symp., 1985, v.60.
7. **Highley Terry L.** Measurement of cellulase activity in brown- and white-rot fungi on dyed cellulose.- Mater. und Org., 1983, № 3.
8. **Harsh N.S.K., Bisht N.S.** Cellulose decomposition by wood-decaying fungi in different media.- Indian Phytopathol., 1983, v.36, № 3.
9. **Waszczynskyj N., Feitosa F.R.F., Nascimento K.H.** Produccio de enzimas celluloliticas pelo Pycnoporus cinnabarinus.- Arq.biol. e technol., 1990, v.33, №1.
10. **Klán J., Baudišova D.** Enzyme activity mycelial cultures of saprotrophic macromycetes. I.Methods of hydrolases estimation.- Ces. mycol., 1990, v.44, №4.
11. **Reshetnicova J.A.** Destruction of lignocellulosic complex of plant substrates by Küchneromyces mutabilis.- Abstr.10th Congress of Europ.Mycol., Tallinn, 1989.
12. **Ганбаров Х.Г., Мурадов М.З.** Целлюлолитическая активность дереворазрушающих базидиомицетов из рода Bjerkandera P.Karst. в условиях глубинной ферментации.- Микол. и фитопат., 1991, v.25, № 1.
13. **Tomati U., Galli E., Di Lena G., Buffone R.** Induction of laccase in Pleurotus ostreatus mycelium grown in olive oil waste warers.- Agrochimica, 1991, v.35.
14. **Klán J., Bandišova D.** Enzyme activity of mycelial cultures of saprotrophic macromycetes. Methods of oxidoreductases estimation.- Ces.mycol., 1990, v.44, № 4.
15. **Семичаевский В.Д., Бутович И.А., Царенич Н.В.** Фенолокисляющая способность препаратов внеклеточных ферментов Pleurotus ostreatus (Jacq.:Fr.) Kumm. - Докл. АН УССР, сер. Б, 1984, № 10.
16. **Stalpers J.A.** Identification of wood-inhabiting Aphyllophorales in pure culture. Stud.Mycol., 1978, v.16.
17. Методы экспериментальной микологии. - Справочник. Киев: Наукова думка, 1982.

Մ.Գ. ԹԱՍԼԱԽՉՅԱՆ, Ս.Գ. ՆԱՆԱԳՅՈՒԼՅԱՆ, Մ.Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ, Հ.Հ. ՍԵՄԵՐՋՅԱՆ,
Ռ.Պ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ն.Ջ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

ՈՐՈՇ ԲԱՋԻԴԻԱԼ ՄԱԿՐՈՄԻՑԵՏՆԵՐԻ ՑԵԼՅՈՒԼՈԼԻՏԻԿ ՖԵՐՄԵՆՏՆԵՐԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱԽՎԱԾ ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՍՆՆԴԱՌՈՒԹՅԱՆ ԱՂԲՅՈՒՐԻՑ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում շարադրված են խորքային ֆերմենտացիայի ընթացքում տարբեր ածխածնի աղբյուրների վրա որոշ բազիդիալ մակրոմիցետների ցելյուլոլիտիկ ֆերմենտների ակտիվության հետազոտության արդյունքները:

Հաստատված են ցելյուլազա արտադրող ամենաակտիվ շտամները և ֆերմենտացիայի օպտիմալ ժամանակամիջոցները:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Биология

УДК 577. 155. 34: 615. 5

Э.Х.БАРСЕГЯН, Н.А.АРЦРУНИ, М.А.ДАВТЯН

РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ SH-ГРУПП В ПРОЦЕССЕ ОБРАТИМОЙ ИНАКТИВАЦИИ АРГИНАЗЫ ПЕЧЕНИ ЛЯГУШКИ RANA RIDIBUNDA

В аргиназе печени лягушек Rana ridibunda не обнаружены SH-группы, ответственные за проявление активности. Активность инактивированной при pH 3,6 аргиназы при действии парахлормеркурийбензоата (ПХМБ) падала в 2 раза, а на структуре восстановленного фермента не выявлено влияние специфического реагента. На этилендиаминтетраацетатом (ЭДТА) инактивированную и реактивированную аргиназы ПХМБ оказывает неспецифическое действие.

ПХМБ при двух способах реактивации предотвращал восстановление активности. Если в первом варианте ПХМБ, возможно, выступает как "стерическая помеха", то в случае с ЭДТА ПХМБ своим специфическим или, возможно, неспецифическим действием препятствует связыванию марганца с белком, и тем самым предотвращаются конформационные изменения, приводящие к активированию фермента.

Исследованиями, проведенными на кафедре биохимии ЕГУ , было установлено, что при pH 3,6, а также при действии ЭДТА шло инактивирование аргиназы печени лягушек R. ridibunda. При изученных двух способах инактивирования аргиназы процесс был обратим в разной степени в зависимости от pH среды и наличия определенных двухвалентных ионов.

Сделано предположение, что, хотя при обеих формах инактивации, возможно, фермент распадается на субъединицы, однако механизмы этого распада различны. Если при кислотной инактивации, очевидно, разрываются дисульфидные связи [1], то в случае с ЭДТА удаляется Mn, что и приводит к распаду олигомерной структуры фермента [2]. Соответственно и процесс реактивации инактивированных различными способами ферментных препаратов происходит различными путями [3,4].

Данное исследование предпринято с целью выявления роли функциональных SH-групп в проявлении активности аргиназы и поддержания нативной конформации фермента.

Как известно из литературных источников, в зависимости от объекта выделения аргиназа ингибируется, не реагирует или даже активируется разными сульфгидрильными реагентами. "Уреотелическая" аргиназа печени млекопитающих не содержит свободных, связанных с активностью SH-групп, т.е. не ингибируется тиоловыми реагентами.

По Мора [5], ПХМБ не действует на аргиназу печени крыс и эритроцитов человека, однако аргиназа печени птиц, речного рака, люпина и гороха [5,6] ингибируется указанными реагентами.Для выявления роли SH-групп в проявлении активности аргиназы печени лягушек R. ridibunda нами изучено влияние ПХМБ на активность аргиназы печени лягушек до инактивации, после инактивации (pH 3,6 и ЭДТА) и дальнейшей реактивации в обоих случаях.

Материал и методика. Объектом исследования служили лягушки Rana ridibunda (лягушка озерная) массой 100-120 граммов.

Активность аргиназы определяли по ранее представленному методу [7]. Активность фермента выражали в *мкмолях* образовавшейся мочевины на 1*г* свежей ткани.

Инактивацию аргиназы проводили в 0,05 *М* глицин-HCl-буфере, pH 3,6, а также при действии ЭДТА в конечной концентрации $5x10^{-2}M$.

Реактивацию предварительно инактивированной аргиназы проводили после нейтрализации инкубационной среды 0,05*М* глицин-NaOH-буфером pH 9,5 при температуре 37^0C. Реактивацию проводили с добавлением ионов Mn (25 *мкмоль* на 1*мл* пробы).

Результаты и обсуждение. Предварительно нами изучалось влияние различных концентраций ПХМБ на активность аргиназы печени лягушки Rana ridibunda. Указанное соединение испытывалось от 1 до 5 *мкмоль* на пробу и добавлялось как в буфер для гомогенизации печени, так и в инкубационные пробы.

Таблица 1

Влияние различных концентраций ПХМБ на активность аргиназы печени лягушек Rana ridibunda

Концентрация ПХМБ	Активность, *мкмоль/г*		
	I опыт	II опыт	III опыт
Контроль	25840	27500	28000
1 *мкмоль*	25840	27500	28000
3 *мкмоль*	25820	27500	28000
5 *мкмоль*	25840	27500	28000

Результаты исследований (табл.1) показали, что ПХМБ при всех испытанных концентрациях не действовал на активность аргиназы печени лягушек Rana ridibunda, как и на фермент печени крыс (5), печени человека (8), не содержащих ответственных за активность SH-групп.

Изучено также влияние ПХМБ на активность инактивированной и восстановленной аргиназ как при кислотной инактивации (pH 3,6), так и при действии ЭДТА. ПХМБ в экспериментах добавляли в концентрации 5 *мкмоль* на 1 *мл* пробы. Результаты исследований представлены в табл.2.

Таблица 2

Влияние ПХМБ на активность аргиназы печени лягушек Rana ridibunda в процессе обратимой инактивации (pH 3,6 и ЭДТА). (Средние данные 5 опытов)

Способ инактивирования	Проба	Активность аргиназы, *мкмоль/г*		
		экстракт	инактивиров. аргиназа	реактивиров. аргиназа
pH 3,6	Исходный вариант	27300	2184	20475
	ПХМБ	27300	1056	20400
ЭДТА	Исходный вариант	29600	4860	21690
	ПХМБ	29600	6320	10345

Как показали результаты исследований, при кислотной инактивации (pH 3,6) активность инактивированного фермента при действии ПХМБ падала в 2 раза (2184-1056), что указывает на наличие связанных с активностью субъединиц реактивных SH-групп.

Из литературы известно, что наибольшее число SH-групп (около 6 SH-групп на моль фермента) обнаруживается в опытах по модификации аргиназы в растворах с низким значением pH. Видимо, распад аргиназы на субъединицы в кислой среде сопровождается высвобождением реактивных групп, что доказано и методом кругового дихроизма на аргиназе печени крыс [9].

Однако, учитывая то обстоятельство, что после кислотной инактивации аргиназа печени лягушек R. ridibunda (м.м 110000-136000) расщеплялась на субъединицы с

молекулярной массой 34910 [4], можно допустить, что наличие реактивных SH-групп в молекуле инактивированного при pH 3,6 фермента, возможно, результат разрыва дисульфидных мостиков нативной аргиназы.

Инактивированная же вторым способом (действием ЭДТА) аргиназа печени лягушек не обнаруживала присутствия активных SH-групп. В этом варианте наблюдалось даже некоторое активирование фермента в присутствии ПХМБ (4860-6320 *мкмоль*). В этом отношении инактивированная ЭДТА аргиназа печени лягушек проявляет свойства фермента мозга, почек, печени кур [10], аргиназы из тканей многощетинковых червей [11], активируемых ПХМБ.

Наблюдаемая разница в чувствительности к ПХМБ при двух различных формах инактивации может свидетельствовать о различных механизмах инактивации.

Как было показано ранее [4], в процессе реактивации (экспозиция 22 *ч* при 37^0C в присутствии ионов Co или Mn),предварительно инактивированной при pH 3,6 аргиназы печени лягушек R.ridibunda, происходила ассоциация субъединиц фермента в октамерный олигомер взамен тетрамерной структуры нативной аргиназы.

Изучение влияния ПХМБ на октамерную структуру восстановленного фермента показало (табл.2), что после восстановления активности не обнаруживалось влияния специфического реагента, т.е. в реактивированной аргиназе отсутствовали SH-группы, ответственные за проявление активности.

Несколько неожиданными были результаты взаимодействия ПХМБ с восстановленной ЭДТА, инактивированной аргиназой. Здесь активность фермента значительно падала. Наблюдаемый последний эффект вызывает затруднения в объяснении этого факта. Эти результаты свидетельствуют о том, что механизмы инактивирования и реактивирования при двух способах различаются. При этом следует учесть, что ПХМБ может и неспецифически взаимодействовать с ферментом, поскольку известны случаи, когда ПХМБ вызывает инактивацию не в результате модификации SH-групп, а за счет нарушения нативной конформации фермента при взаимодействии с другими функциональными группами [12].

Показано, что ПХМБ подавляет активность ферментов, вообще не содержащих сульфидных групп, что также объясняется неспецифическим взаимодействием реагента с белком [13]. Можно предположить, что инактивированная ЭДТА аргиназа становится уязвимой в отношении неспецифического влияния ПХМБ.

Далее нами изучено влияние ПХМБ на сам процесс ренатурации при двух способах инактивации (pH 3,6; ЭДТА). Результаты представлены в табл.3. В этой серии экспериментов в обоих случаях реактивации pH среды доводили до pH 9,5, добавляли ионы Mn (25 *мкмоль* на 1*мл* пробы) и ПХМБ ($5x10^6M$ на 1мл пробы).

Таблица 3

Влияние ПХМБ на процесс ренатурации (средние данные 5 опытов)

Способ инактивирования	Проба	Ренатурация		%ингибирования ренатурации
		-ПХМБ	+ПХМБ	
pH 3,6	исходная аргиназа	27700		
	инактивиров. аргиназа	4220		
	реактивиров. аргиназа	21900	2640	88
ЭДТА	исходная аргиназа	29600		
	инактивиров. аргиназа	2140		
	реактивиров. аргиназа	21400	3840	87,2

Результаты исследований показали, что присутствие ПХМБ предотвращало процесс ренатурации в обоих вариантах. В случае реактивирования

инактивированной при pH 3,6 аргиназы ПХМБ, блокируя SH-группы, предотвращает образование олигомерной структуры, т.е. ПХМБ, возможно, выступает как "стерическая помеха", допускаемая другими авторами [1].

В случае же с ЭДТА, где инактивированная аргиназа не обнаруживала свободных SH-групп, механизм действия ПХМБ на процесс восстановления активности остается неясным.

По мнению большинства исследователей, в активации аргиназы ионами двухвалентных металлов лимитирующую роль играет конформационный переход. Предполагают, что ионы Mn^{2+} связываются с аргиназой в своеобразной складке белковой молекулы [14].

По-видимому, в процессе реактивации инактивированной ЭДТА аргиназы ПХМБ своим специфическим и, возможно, неспецифическим действием препятствует связыванию Mn^{2+} с белком, и тем самым предотвращаются конформационные изменения, приводящие к активированию фермента.

Кафедра биохимии, проблемная лаборатория сравнительной и эволюционной биохимии

Поступила 19.04.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Исаченков В.А., Нестайко Г.В.** Эволюция вегетативных функций. Л.: Наука, 1971, с.10.
2. **Porembska Z., Grabon W., Zelazowska E., Czeczot H., Zameka E.** Acta Biochim. Pol., 1993, v.40, №4, p.465.
3. **Барсегян Э.Х.** Биол. ж. Армении, 1989, т.42, №2.
4. **Барсегян Э.Х., Давтян М.А.** Уч. записки ЕГУ, 1990, №2, с.102-105.
5. **Mora J., Tarrab R., Bojalil L.F.** Biochem. Acta Biophys., 1966, v.118, № 1, p.206.
6. **Hartenstein R.** Comp. Biochem. Physiol., 1971, v.40b, № 3, p.781.
7. **Барсегян Э.Х, Никогосян Ф.Ц., Давтян М.А.** Биологич. ж. Армении, 1977, т.30, № 12, с.73-76.
8. **Carvajal N., Venegas A., Oestreicher G.** Plaza M. Biochem. Biophys. Acta, 1971, v.250, № 2, p.437.
9. **Hosojama J.** Acta. Biol. Chem., 1982, v.46, № 6, p.1675.
10. **Давтян М.А., Арутюнян Г.Г., Хачатрян М.А.** Вопросы биологии, Ер., 1981, № 2, с.75-89.
11. **O'Malley K.L., Terwilliger R.C.** J. Biochem., 1974, v.143, №3, p.591.
12. **Garland R.C., Cori C.F., Chang H.W.** Mol. Cell. Biochem., 1976, v.12, №1, p.23.
13. **Greenblatt G., Sarkissian I.V.** Sub-Cellular Biochem., 1974, v.3, №3, p.294.
14. **Hirsh-Kolb H., Kolb H.J., Greenberg D.M.** J. Biol. Chem., 1971, v. 246, p. 395.

Է.Խ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ, Ն.Ա.ԱՐՄՐՈՒՆԻ, Մ.Ա.ԴԱՎԹՅԱՆ

ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ SH-ԽՄԲԵՐԻ ԴԵՐԸ RANA RIDIBUNDA ԳՈՐՏԻ ԼՅԱՐԴԻ ԱՐԳԻՆԱԶԻ ՀԵՏԱԴԱՐՁ ԻՆԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՈՒՄ

Ամփոփում

Rana ridibunda գորտի լարդի արգինազում չեն հայտնաբերվել ակտիվության դրսևորման համար պատասխանատու SH-խմբեր: pH 3,6 պայմաններում ինակտիվացված արգինազի ակտիվությունը p-ՔՄԲ-ի ազդեցությամբ ընկնում է 2 անգամ, իսկ վերականգնված ֆերմենտի կառուցվածքում չի բացահայտված սպեցիֆիկ ռեագենտի ազդեցությունը: ԷԴՏԱ-ով ինակիվացված և ռեակտիվացված արգինազի վրա p-ՔՄԲ-ն ներազդում է ոչ սպեցիֆիկ կերպով: Ռեակտիվացիայի 2 դեպքում էլ p-ՔՄԲ-ն կանխում է ակտիվության վերականգնումը: Եթե առաջին տարբերակում p-ՔՄԲ-ն հնարավոր է, որ հանդես գա որպես «տարածքային խոչընդոտ», ապա ԷԴՏԱ-ի դեպքում p-ՔՄԲ-ն իր սպեցիֆիկ կամ հնարավոր է նաև ոչ սպեցիֆիկ գործողությամբ արգելում է մանգանի սպիտակուցի հետ կապակցվելը և այդքանով կանխում է ֆերմենտի ակտիվացմանը հանգեցնող կոնֆորմացիոն փոփոխությունները:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

Геология

УДК 550. 311. 4 (523. 42)

С.И. БАЛАСАНЯН

К ПРОБЛЕМЕ ЭВОЛЮЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕМЛИ

Современный химический состав Земли рассматривается как результат различных по характеру дифференциаций химических элементов - первичной звездной, планетарной, глобальной и дискретной. Сделана попытка в общих чертах показать те изменения, которые произошли в атомной распространенности главных элементов солнечного вещества и в величинах отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg в период проявления разных типов дифференциаций.

Намечены некоторые закономерности химической эволюции солнечного вещества и Земли.

Формирование химического состава Земли и других планет Солнечной системы представляет собой весьма сложный процесс, длящийся от звездной стадии их развития до наших дней.

По современным представлениям, в звездную стадию имел место синтез изотопов химических элементов в последовательности от легких к тяжелым, причем исходным для всех элементов материалом служил водород, который всегда преобладал во Вселенной. Последняя состоит приблизительно из 72% H и 25% He, остальные 3% составляют C, O, Fe, Ar, N, Si [1].

В Солнечной системе в результате синтеза больше всего образовались O, Si, Fe, Mg, Al, Ca, Na, K, Ti, Mn. Значительная доля падает также на C, S, Ni. Перечисленные элементы играют доминирующую роль в веществе метеоритов, Луны, Земли и, возможно, других внутренних планет.

На периферии Солнечной системы концентрировались легкие элементы, о чем свидетельствует низкая плотность внешних планет (0,68-2,22 *г/см*^{3}). Гигантские планеты состоят преимущественно из легких веществ - H_2, He, CH_4, NH_3, H_2O [2,3]. Их средняя плотность по мере удаления от Солнца возрастает за исключением Сатурна, обладающего наименьшей плотностью (0,68 *г/см*^{3}). Это наводит на мысль, что в зоне внешних планет имело место дифференцированное распределение легких элементов, причем, судя по плотности гигантских планет (Юпитер-1,30 *г/см*^{3}, Сатурн - 0,68 *г/см*^{3}, Уран -1,58 *г/см*^{3}, Нептун -2,22 *г/см*^{3}), изотопы с наименьшими массовыми числами локализовались в области Сатурна, а легкие элементы с наибольшими массовыми числами - в области Нептуна.

В зоне внутренних планет накопились все химические элементы, среди которых преобладали вышеотмеченные распространенные элементы метеоритов, Луны и Земли. Однако и здесь количественные соотношения элементов на разном расстоянии от Солнца были различны, на что указывает различие в средних плотностях внутренних планет (Меркурий - 5,62 *г/см*^{3}, Венера - 5,09 *г/см*^{3}, Земля - 5,51 *г/см*^{3}, Марс -3,97 *г/см*^{3}, Луна - -3,35 *г/см*^{3}).

Наиболее тяжелые изотопы, в том числе и радиоактивные элементы ^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K и, вероятно, быстро вымирающие изотопы с порядковыми номерами больше 92 появились в той части Солнечной системы, где впоследствии формировалась Земля. К такому предположению можно прийти на том основании, что эндогенная

жизнь наиболее интенсивно и длительно происходила и по настоящее время продолжается на Земле, в то время как на других планетах она завершилась давно (примерно 3 млрд лет тому назад). Правда, некоторое подозрение существует в отношении Венеры, на которой эндогенная жизнь, возможно, продолжается до сих пор [4].

В зоне Земли формировалась Луна, и она также была богата радиоактивными элементами, однако на ней вулканизм прекратился давно (3 млрд лет тому назад). Это объясняется тем, что радиоактивные элементы были вынесены из внутренних частей на ее поверхность и генерируемое тепло терялось [4,5].

Итак, в пространстве Солнечной системы, судя по имеющимся данным, мы имеем дифференцированное распределение химических элементов, которое, вероятно, имело место в конце звездной стадии после вспышки сверхновой [6]. Такое дифференцированное распределение элементов можно рассматривать как первую своеобразную дифференциацию исходного вещества планет.

По-видимому, именно эта дифференциация, которую можно назвать звездной, привела к гетерогенности протопланетной туманности и сыграла существенную роль в различии химического состава как внутренних, так и внешних планет. Звездная дифференциация осложнялась процессом перемешивания вещества нашей Солнечной системы с веществом внесолнечного происхождения, о чем свидетельствует наличие в метеоритах изотопов, относящихся к разным процессам нуклеогенеза [1,4,7].

По существующим гипотезам, после завершения ядерного синтеза химических элементов наступила вторая стадия развития Солнечной системы, характеризующаяся образованием вокруг Солнца протопланетного газового диска, при охлаждении которого происходила конденсация его вещества в виде пылевых частиц, а затем аккумуляция их с формированием планет.

Есть предположение о том, что первичные гомогенные по строению и хондритовые по составу внутренние планеты, в том числе и Земля в силу радиоактивного нагрева подвергались глобальной химической дифференциации с образованием железного ядра. Однако из-за недостатка железа ядро Земли и тем более ядро Меркурия не могло быть выплавлено из их мантии [4,7,8].

Наиболее вероятным является то представление, согласно которому зонарное строение Земли и остальных внутренних планет возникло в процессе их формирования из протопланетного вещества, т.е. во время аккумуляции пылевых частиц - в начале выделялась высокотемпературная железо-никелевая фракция с образованием ядра будущих планет, затем вокруг него оседались сравнительно низкотемпературные частицы с образованием мантии планет [3,4,8,9,11]. В процессе формирования внутренних планет соотношение высокотемпературных и низкотемпературных фаз закономерно уменьшалось с удалением их от Солнца [4,5]. В процессе аккреции состав мантии также меняется во времени - от высокотемпературных конденсатов к низкотемпературным [4]. Возможно, и этим объясняется сейсмическая неоднородность мантии Земли.

Таким образом, в ходе аккумуляции протопланетного вещества происходила новая химическая дифференциация грандиозного масштаба, игравшая большую роль в формировании вещественного состава внутренних планет. В процессе этой планетарной дифференциации важная роль принадлежит не только температурным условиям аккумуляции конденсированных частиц, зависящим от расстояния последних относительно Солнца, но и магнитному полю, напряженность которого между планетами Солнечной системы в прошлом была в 1000 раз больше [8]. За последнее время отмечаются также возможности метаморфической дифференциации вещества планет в ходе аккреции [11].

Следующая стадия, соответствующая началу геологической истории Земли, ознаменовалась радиогенным нагревом Земли и глобальной химической дифференциацией, охватившей мантию с образованием первичной коры базальтового состава, первичной гидросферы и первичной атмосферы. Подобная дифференциация с образованием базальтовых кор происходила и на других внутренних планетах [5,8,12].

В дальнейшем в ходе развития геологических процессов продолжалась химическая дифференциация, приведшая к формированию гранитного слоя земной коры,

современного мирового океана, азотно-кислородной атмосферы, озонового экрана и возникновению жизни. Все они, находясь в сложном взаимодействии, в свою очередь способствовали и в настоящее время способствуют дальнейшей дифференциации химических элементов*.

Дифференциация вещества, имевшая место после радиогенного нагрева Земли, т.е. после глобальной дифференциации можно считать дискретной, ибо она, будучи связанной с множеством внутренних и внешних факторов, проявлялась весьма сложно, неравномерно и многообразно.

Таким образом, если верны вышеприведенные представления, то современный химический состав Земли является результатом различных по характеру дифференциации химических элементов - первичной звездной, планетарной, глобальной и дискретной.

Точно оценить роль каждой из этих дифференциаций в современном составе Земли с учетом большого количества факторов весьма трудно. Вопрос осложняется и тем, что нам не известен состав первоначального вещества, из которого произошли планеты, поэтому вынуждены с ним отождествлять современный состав Солнце.

В данном случае мы исходим из основополагающего представления о генетической общности нашей планетной системы и о ее происхождении от исходного солнечного вещества. Об этом, в частности, свидетельствует то, что наша Солнечная система - единая ассоциация небесных тел, характеризующихся закономерным расположением и движением вокруг Солнца. Вполне возможно, что наша планетная система возникла в результате вспышки первичного Солнца на стадии развития сверхновой [6,13].

Учитывая все это, нами сделана попытка в самых общих чертах показать те изменения, которые произошли в атомной распространенности главных элементов Солнца при формировании от солнечного вещества хондритов (как наиболее изученных из небесных тел) и Земли (планетарная дифференциация), а также дифференциатов мантии Земли - основных пород (глобальная дифференциация) и кислых пород (дискретная дифференциация). Отметим, что ультраосновные породы Земли рассматриваются как наиболее вероятные аналоги ее мантии [3,5,9].

В табл.1 приведены данные по наиболее распространенным элементам Солнца и данные по тем же элементам хондритов, Земли и разных объектов Земли.

Как видно из табл. 1, на Солнце резко преобладают H и He, чем и оно резко отличается от хондритов, Земли и, возможно, всех внутренних планет, но весьма близко стоит к внешним планетам.

Кроме H и He, атомные кларки остальных приведенных в табл.1 элементов для Солнца и хондритов довольно близки, за исключением C и N, характеризующихся высокими кларками на Солнце. Солнечное вещество по этому признаку также приближается к внешним планетам, но отличается от Земли и хондритов. Обращает на себя внимание резкий дефицит калия на Солнце. Эта особенность присуща и породам Луны, и наиболее ранним породам Земли.

По атомной распространенности элементов Земля близко стоит к хондритам, чем к Солнцу. Это, в частности, относится к элементам C, N, O, Na, Mg, K, Ca, Cr. Только Земля отличается несколько высокими атомными кларками Fe и Ni.
На Солнце, после H и He в порядке уменьшения величины атомных кларков располагаются O, C, N, Ne, Mg, Si, S, Ar, Fe, Al, Ca, Ni, Na, Cr, K. В хондритах и Земле, как видно из табл.2, порядок уменьшения величины атомных кларков тех же элементов иной.

Другая картина выявляется при сопоставлении атомных кларков типичных элементов внутренних планет (табл.2, II). Порядок падения величины атомных кларков этих элементов почти одинаковый на Солнце и в хондритах (исключение составляет лишь соотношение атомных кларков Si и Mg), но совершенно отличный от Земли.

---

* Вопрос дифференциации элементов в гидросфере, атмосфере и биосфере здесь не рассматривается.

Таблица 1

Атомная распространенность элементов (относительно кремния = 10^6 атомов) на Солнце (по Голсу,1969), в Земле (по Брауншоу,1984), хондритах и объектах Земли (по А.П.Виноградову,1962)

Z	Элементы	Солнце	Хондриты	Земля	Мантия Земли	Основные породы Земли	Кислые породы Земли	Земная кора
1	H	$4,8.10^{10}$	-	8400	-	-	-	-
2	He	$3,9.10^9$	-	$3,5.10^{-5}$	-	-	-	-
6	C	$1,7.10^7$	$5,19.10^3$	7000	$1,23.10^3$	$9,74.10^2$	$2,17.10^3$	$1,77.10^3$
7	N	$4,6.10^6$	$1,12.10^1$	20	$6,32.10^1$	$1,5.10^2$	$1,24.10^2$	$1,33.10^2$
8	O	$4,4.10^7$	$3,43.10^6$	$3,5.10^6$	$3,9.10^6$	$3,18.10^6$	$2,64.10^6$	$2,8.10^6$
10	Ne	$4,4.10^6$	-	$1,2.10^{-5}$	-	-	-	-
11	Na	$3,5.10^4$	$4,75.10^4$	$4,6.10^4$	$3,66.10^4$	$9,85.10^4$	$1,04.10^5$	$9,9.10^4$
12	Mg	$1,04.10^6$	$9,04.10^5$	$8,9.10^5$	$1,57.10^6$	$2,16.10^5$	$2,0.10^4$	$8,5.10^4$
13	Al	$8,4.10^4$	$7,79.10^4$	$9,4.10^4$	$2,46.10^4$	$3,79.10^5$	$2,47.10^5$	$3,10^5$
14	Si	1.10^6	$1,10^6$	$1,0.10^6$	1.10^6	1.10^6	1.10^6	1.10^6
16	S	8.10^5	$9,96.10^4$	1.10^5	$4,6.10^2$	$1,09.10^3$	$1,08.10^3$	1.10^3
18	Ar	$3,4.10^5$	-	$5,9.10^{-2}$	-	-	-	-
19	K	2100	$3,40.10^3$	4000	$1,13.10^3$	$2,48.10^4$	$7,41.10^4$	$5,8.10^4$
20	Ca	$7,2.10^4$	$5,45.10^4$	$3,3.10^4$	$2,58.10^4$	$1,95.10^5$	$3,43.10^4$	$8,8.10^4$
24	Cr	$1,24.10^4$	$7,53.10^3$	8000	$5,69.10^3$	$4,5.10^1$	$4,17.10^1$	$1,8.10^2$
26	Fe	$2,5.10^5$	$6,94.10^5$	$1,35.10^6$	$2,60.10^5$	$1,79.10^5$	$4,2.10^4$	$8,8.10^4$
28	Ni	$4,5.10^4$	$3,58.10^4$	1.10^5	$5,04.10^3$	$3,2.10^2$	$1,8.10^1$	$1,1.10^2$

Таблица 2

Ряды различных групп элементов на Солнце, в хондритах и Земле

Группа элементов	Объект	Порядок уменьшения атомных кларков элементов
I	Солнце	H, He, O, C, N, Ne, Mg, Si, S, Ar, Fe, Al, Ca, Ni, Na, Cr, K
	хондриты	O, Si, Mg, Fe, S, Al, Ca, Na, Ni, Cr, C, N
	Земля	O, Fe, Si, Mg, Ni, S, Al, Na, Ca, H, Cr, C, K, N, Ar, He, Ne
II	Солнце	O, Mg, Si, Fe, Al, Ca, Na, K
	хондриты	O, Si, Mg, Fe , Al, Ca, Na, K
	Земля	O, Fe, Mg, Al, Na, Ca, K

I - Главные элементы Солнца; II - Главные элементы внутренних планет

Следовательно, по рядам главных элементов солнечного вещества Земля, хондриты и Солнце значительно отличаются друг от друга, что является следствием сепарации элементов в процессе формирования хондритов и Земли из солнечного вещества (планетарная дифференциация). Однако по рядам типичных элементов внутренних планет (табл.2, II) весьма сходны между собой Солнце и хондриты, которые отличаются от Земли.

Таблица 3

Величины отношения атомных кларков ряда важных элементов для Солнца, Земли, хондритов и объектов Земли

Объекты	Отношения атомных кларков элементов			
	K/Na	Ca/Mg	Fe/Mg	Na+K/Fe+Mg
Солнце	0,060	0,07	0,24	0,02
хондриты	0,071	0,06	0,76	0,031
Земля	0,086	0,037	1,51	0,022
мантия Земли	0,030	0,016	0,165	0,020
основные породы Земли	0,251	0,902	0,828	0,312
кислые породы Земли	0,712	1,715	2,10	2,87
Земная кора	0,585	1,635	1,035	0,907

Такая же картина выявляется при сопоставлении кларковых отношений K/Na, Ca/Mg (табл.3). Величина отношения Na+K/Fe+Mg почти одинаковая для Солнца, хондритов и Земли, но они резко отличаются по величине отношения атомных кларков Fe/Mg (табл.3).

Таким образом, при формировании Земли и хондритов планетарная дифференция выразилась в изменении атомной распространенности многих элементов солнечного вещества, а также величины отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, особенно Fe/Mg, причем указанная дифференциация более интенсивно происходила при образовании Земли.

При формировании от солнечного вещества хондритов и Земли прежде всего произошло резкое убывание атомных кларков главных элементов Солнца - H и He, а также Ne и Ar. Существенное изменение относится также к атомной распространенности C, N, S в сторону уменьшения.

Изменения в атомной распространенности главных элементов внутренних планет иллюстрированы на рис. 1 и 2. Обращают на себя внимание различные тенденции изменения атомных кларков Fe и Mg, первый из которых резко возрастает, а второй - плавно убывает. Различен темп изменения атомной распространенности Ni и Cr (рис.2).

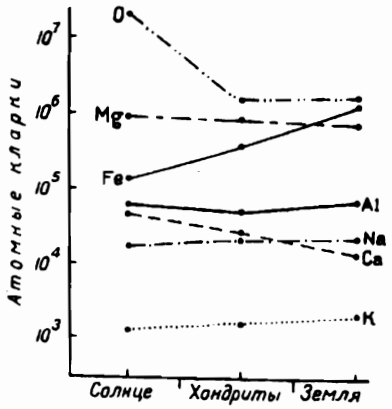


Рис.1. Изменение атомной распространенности главных элементов внутренних планет в ряду Солнце-хондриты-Земля.

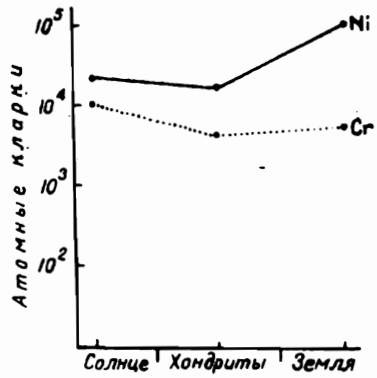


Рис.2. Изменение атомной распространенности Cr, Ni в ряду Солнце-хондриты-Земля.

Дальнейшая дифференциация химических элементов на Земле после ее формирования связана прежде всего с процессами выплавки основных пород от ее мантии (глобальная дифференциация). Эти процессы проявились неоднократно в геологической истории развития Земли и являются характерным явлением для Луны, Марса и других внутренних планет.

Таблица 4

Изменение атомных кларков элементов и их отношений при переходе от мантии Земли к ее основным породам

Элементы	Увеличение кларков (n раз)	Элементы	Уменьшение кларков (n раз)	Отношение элементов	Увеличение величины (n раз)
N	2,3	C	1,2	K/Na	8,3
Na	2,7	O	1,2	Ca/Mg	56
Al	1,5	Mg	7,0	Fe/Mg	5
S	2,4	Cr	12,4		
K	22,0	Fe	1,4	Na+K/Fe+Mg	15
Ca	7,5	Ni	15,7		

Табл. 4 иллюстрирует фракционирование элементов при процессах выплавки основных пород Земли от ее манти. Как видно, она выражалась главным образом в изменении атомных кларков щелочей, Ca, Mg, Cr, Ni. Кларки последних трех элементов уменьшались, а остальных элементов увеличивались. Наибольшее изменение относится к калию, атомный кларк которого возрастал в 22 раза. Менялись также величины отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/ Fe+Mg в сторону

возрастания. Картина почти не меняется при сравнении атомных кларков элементов Солнца и основных пород Земли (таб.5, рис. 3).

Итак, глобальная дифференциация выражалась: 1) в возрастании атомных кларков K, Na, Ca, но в понижении - Mg, Cr, Ni; 2) в неуклонном повышении величин отношений атомных кларков K/Na, Ca/ Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg.

А какие изменения произошли в атомной распространенности рассматриваемых элементов после многократной переработки на Земле в геологической истории ее развития солнечного материала? Для выяснения этого вопроса сопоставим между собой солнечное вещество и кислые породы Земли, представляющие конечный продукт переработки мантии Земли и, следовательно, конечный продукт исходного солнечного вещества (табл.1, рис. 4.).

При формировании кислых пород Земли происходила неоднократная дифференциация, которая привела к большим изменениям атомной распространенности главных элементов солнечного вещества. Существенные изменения относятся в первую очередь к N, C, S, а из тугоплавких элементов - Ni, Cr. Атомные кларки всех этих элементов резко упали, напр. N - 30.000 раз, C - 8000 раз, S - 800 раз, Ni - 381 раз, Cr - 300 (табл. 1).

Таблица 5

Изменение атомных кларков элементов и их отношений при переходе от Солнца к основным породам Земли

Элементы и их отношения	Увеличение кларков (n раз)	Элементы	Уменьшение кларков (n раз)
Na	2,8	N	3.10^4
Al	4,6	C	17.45
K	11,8	S	800
Ca	2,6	O	13
K/Na	4,16	Mg	4
Ca/Mg	12,8	Cr	270
Fe/Mg	3,4	Fe	1,4
Na+K/Fe+Mg	15,6	Ni	140

Из главных элементов внутренних планет, как видно из рис. 4, большие изменения претерпели атомные кларки Mg (50 раз) и K (35 раз), причем главные элементы обнаруживают различное геохимическое поведение. Атомные кларки K, Na, Al возрастают, а Mg, O, Fe, Ca - уменьшаются. Резко увеличиваются также отношения атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg (соответственно 10, 20, 10, 143 раза (табл. 3)).

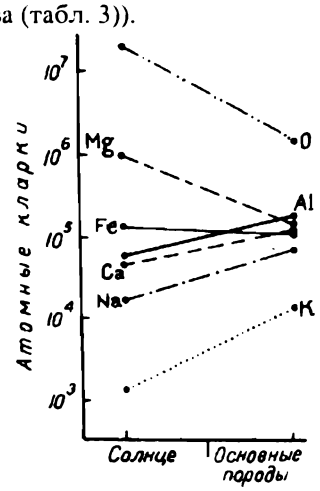


Рис.3. Изменение атомной распространенности главных элементов внутренних планет при переходе от Солнца к основным породам Земли.

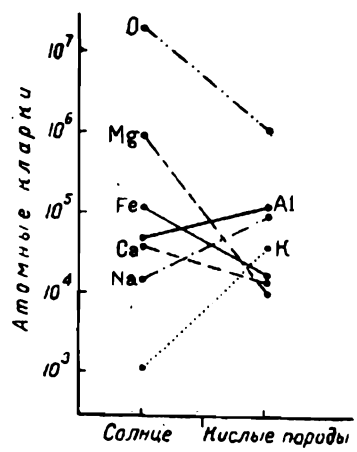


Рис.4. Изменение атомной распространенности элементов при переходе от исходного вещества к конечному продукту.

При сравнении атомных кларков Солнца и земной коры наблюдается примерно такая же картина, как при сопоставлении Солнца и кислых пород, так как земная кора также - продукт переработки исходного солнечного вещества в пределах на-

шей планеты. Только по сравнению с кислыми породами, земная кора заметно обогащена Mg, Ca, Cr, Fe, Ni, но обеднена K.

Из рис. 5 и 6 явствует, что при формировании конечных продуктов исходного солнечного вещества (земная кора и кислые породы) в дифференциации химических элементов устанавливается определенная направленность. Атомные кларки K, Na, Al возрастают, но уменьшаются кларки Mg, Fe, O. В земной коре кларк Ca заметно увеличивается, но резко падает в кислых породах. Четкой направленностью отличаются Ni и Cr - их атомные кларки неуклонно и резко падают (рис. 6).

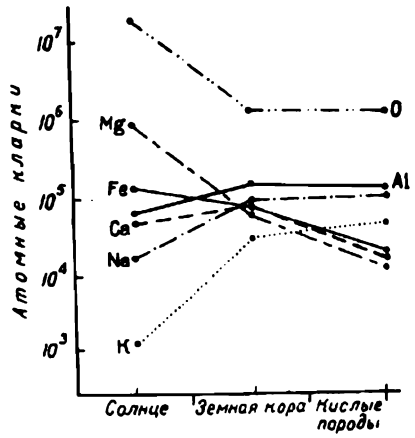


Рис.5. Изменение атомной распространенности главных элементов внутреннних планет в ряду Солнце-Земная кора-кислые породы.

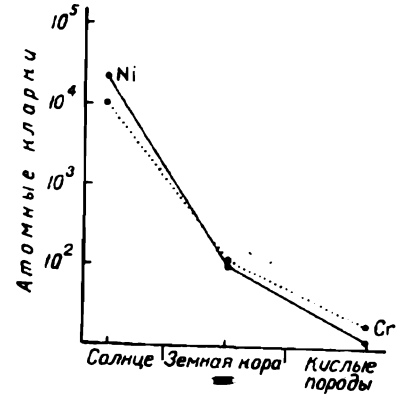


Рис.6. Изменение атомной распространенности Cr, Ni в ряду Солнце-Земная кора-кислые породы.

При формировании хондритов и Земли от солнечного вещества, как выше было отмечено, имел место резкий спад атомных кларков N, C, S. Как только что мы увидели, это наблюдается и при формировании конечных продуктов солнечного материала.

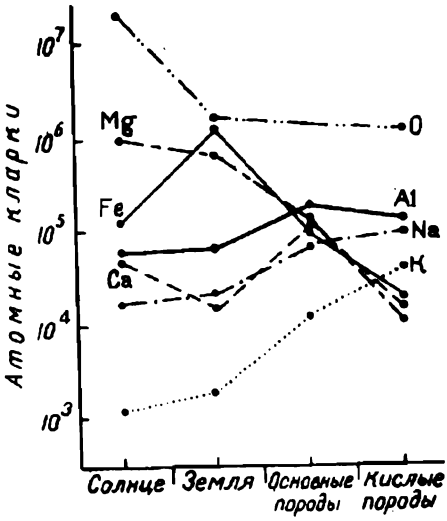


Рис.7. Эволюция атомной распространенности главных элементов внутренних планет при переходе от солнечного вещества к его конечному продукту.

Эволюция атомной распространенности главных элементов внутренних планет иллюстрирована на рис. 7, из которого видно, что при переходе от солнечного вещества к его конечным продуктам происходит закономерное возрастание атомных кларков Na, K, но понижение Mg, O. Если не считать незначительный недостаток Al в кислых породах по сравнению с основными, то атомный кларк этого элемента также возрастает. Атомный кларк Cr, наоборот, резко падает (рис. 8). В изменении атомной распространенности Ca нет определенной направленности.

Во времени неуклонно увеличивается величина отношения атомных кларков K/Na. При переходе от Солнца к Земле величина отношений Na+K/Mg+Fe и Ca/Mg падает, но в дальнейшем скачкообразно возрастают (рис.9). Величина Fe/Mg меняется незакономерно.

Таким образом, общая направленность эволюции солнечного вещества во всей истории его развития выражается: 1) в одностороннем уменьшении атомной распространенности N, C, S, Mg, O, Cr, но в возрастании - K, Na; 2) в неуклонном росте

величин отношений атомных кларков K/Na, часто Na+K/Fe+Mg и Ca/Mg. Эта общая эволюция нашей Солнечной системы, по-видимому, продолжается до сих пор.

Химическая эволюция вещества Солнца в ряду Солнце - Земля - основные породы является наиболее частой, так как она характерна, судя по имеющимся данным, для всех внутренних планет. Здесь направленное изменение атомной распространенности вышеуказанных элементов сохраняется (рис. 7). Определенную направленность приобретает и изменение атомного кларка Al. Однако Ca и Fe обнаруживают диаметрально противоположную направленность. Противоположную тенденцию развития имеют также Fe и Mg в ряду Солнце - Земля.

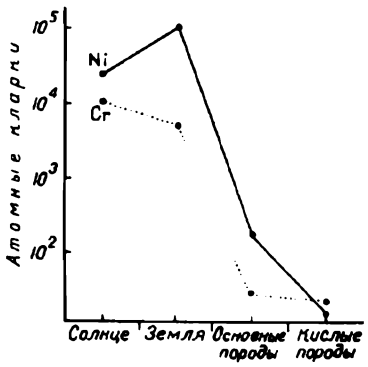


Рис.8. Эволюция атомной распространенности Cr, Ni при переходе от солнечного вещества к его конечному продукту.

В период дальнейшей эволюции, как это видно из рис. 7 и 8, направленное изменение атомной распространенности элементов становится отчетливее - атомные кларки K, Na возрастают, а Fe, Mg, Ca - убывают. Кроме того, возрастают отношения атомных кларков не только K/ Na, Na+K/ Fe+Mg, но и Ca/Mg, Fe/Mg. Ni и Cr, до того имеющие различные тенденции развития, приобретают одинаковую направленность (рис. 8).

Таким образом, после формирования нашей планеты и ее базальтовой коры эволюция солнечного вещества на ней характеризуется определенной направленностью, выражающейся в прогрессивном росте величин атомных кларков K, Na и отношений K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg, но в закономерном уменьшении величин атомных кларков Fe, Mg, Ca, Ni, Cr.

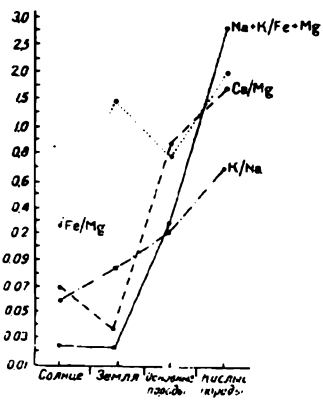


Рис.9. Изменение отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg в ряду Солнце-Земля-основные породы-кислые породы.

Эта общая эволюция химического состава нашей планеты в общих чертах продолжается и по сей день. Во всяком случае, для пород коры континентов доказано закономерное уменьшение во времени средних содержаний Fe, Mg, Ni, Cr, но последовательное возрастание - K [14]. Более сложно обстоит дело с поведением Na и Ca. При переходе от метаосадков докембрия к неметаморфизованным осадочным породам неогеня возрастает содержание Ca [15]. Прямо противоположный характер распределения обнаруживает Na [15]. Однако, судя по данным [15], в магматических породах наблюдается увеличение во времени среднего содержания Na (основные эффузивы), но уменьшение - Ca (основные эффузивы и гранитоиды).

Следовательно, в эндогенных образованиях коры континентов геохимическое поведение Na и Ca также совпадает с общей направленностью изменения во времени этих элементов, отмеченной выше.

Интересно отметить еще об одной особенности эволюции солнечного вещества, которая хорошо намечается на рис. 7. Во времени происходит сближение величин атомных кларков всех рассматриваемых элементов внутренних планет вообще и между элементами одинаковой направленности, в частности. Поэтому кривые на левой части рис. 7 разбросаны, но в направлении слева направо они становятся собранными. Расстояние между точками на кривых Mg, Fe, Ca, с одной стороны, K, Na, Al, с другой, в крайней левой и правой частях совершенно различное (напр., в крайней правой части для K, Na, Al, имеющих одинаковую направленность, расстояние сокращается в 3,3 раза, а для Mg, Fe, Ca - 4,5 раза). Сближение величин атомных кларков видно и на рис. 1, 3-5.

В химической эволюции Земли устанавливается также сближение во времени величин отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/ Fe=Mg (см. рис. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный состав Земли и других внутренних планет нашей Солнечной системы является результатом многократных дифференциаций химических элементов, происходивших от стадии ядерного синтеза изотопов до наших дней. В пространстве современной Солнечной системы в конце ядерного синтеза имело место дифференцированное распределение химических элементов (звездная дифференциация), послужившее, вероятно, одной из главных причин возникновения позже гетерогенной по составу протопланетной туманности.

В продолжение последующего длительного периода в результате сепарации химических элементов сначала формировались различные по составу планеты (планетарная дифференциация), затем процесс дифференциации элементов локализовался внутри каждой из них, где наступил этап нового дифференцированного распределения химических элементов, которое продолжается и поныне(глобальная, позже на Земле дискретная дифференциация).

Дифференциация химических элементов нового этапа является результатом, главным образом, саморазвития каждой планеты и она также, несомненно, внесла существенные различия в составе планет.

Главным итогом звездной дифференциации, вероятно, явилось возникновение двух различных по составу химических элементов зон - внутренней и внешней. Во внутренней зоне преобладали O, Si, Fe, Mg, Al, Ca, Na, K, Ti, а во внешней H, He, C, N, O.

Звездная дифференциация как бы заложила основу нашей планетной системы, а планетарная дифференциация в основном завершила ее формирование. С глобальной дифференциацией связано формирование базальтовых кор внутренних планет.Дискретная дифференциация проявилась лишь на нашей планете и привела к возникновению гранитного слоя коры.

При формировании Земли и хондритов планетарная дифференциация выразилась в изменении атомных кларков большинства главных элементов солнечного вещества, а также величин отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, особенно Fe/Mg.

При переходе от планетарной дифференциации к глобальной происходил перелом в эволюции атомных кларков Ni, Fe (резко падали) и в величинах отношений Ca/Mg, Na+K/Fe+Mg (резко возрастали), но Na, K, Cr, Mg и отношения K/Na, Fe/Mg сохранили свою прежнюю направленность.

Дискретная дифференциация, имевшая место лишь на Земле, проявилась в неоднократном фракционировании химических элементов, приведшем к наибольшим изменениям атомных кларков главных элементов солнечного вещества.Большие изменения претерпели особенно атомные кларки N, C, S, Ni, Cr, Mg, K и отношения атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg.

После формирования Земли и ее базальтовой коры дальнейшая эволюция вещества на ней приобретает более четкую направленность, выражающаяся в одностороннем возрастании атомных кларков K, Na и отношений K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg, но в неуклонном падении атомных кларков Fe, Mg,Ca, Ni, Cr. Эта общая эволюция химического состава нашей планеты в общих чертах продолжается и по сей день.

Общая направленность эволюции солнечного вещества во всей истории его развития выражается в прогрессивном росте атомных кларков K, Na, отношений K/Na, часто Na+K/Fe+Mg, Ca/Mg, но в одностороннем уменьшении атомных кларков N, C, S, O, Mg, Cr. Эта общая эволюция вещества нашей Солнечной системы, по-видимому, продолжается до сих пор.

В эволюции солнечного вещества намечается сближение во времени величин атомных кларков главных элементов внутренних планет, в частности, это относится к элементам, характеризующимся одинаковой направленностью.В химической эво-

люции Земли устанавливается также сближение во времени величин отношений атомных кларков K/Na, Ca/Mg, Fe/Mg, Na+K/Fe+Mg.

Сближение во времени величин атомных кларков указанных элементов и их отношений, быть может, является одной из характерных закономерностей эволюции вещества на современном этапе.

Работа выполнена в рамках научной темы под грифом 94-557, которая финансируется из государственных централизованных источников РА.

Кафедра минералогии и петрографии *Поступила 21.10.1993*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зельдович Я.Б. , Новиков И.Д.** Строение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975, 735с.
2. **Барабанов В.Ф.** Геохимия. Л.: Недра, 1985, 423с.
3. **Войткевич Г.В. , Закруткин В.В.** Основы геохимии. М.: Высшая школа, 1976, 367с.
4. **Барсуков В.Л.** Сравнительная планетология и ранняя история Земли. - Геохимия, 1981, №11, с.1603-1614.
5. **Виноградов А.П.** Дифференциация вещества Луны. - В кн.: Космохимия Луны и планет. М.: Наука, 1975, с.5-28.
6. **Burbidge E.M. , Burbidge W.A. , Hoyle F.** Sinthesis of the elements in stars. - Rev. Mod. Phys. , 1957, v.29, № 4, p.547.
7. **Щуколюков Ю.А.** Изотопная неоднородность Солнечной системы. - Геохимия, 1988, № 2, с. 200-201.
8. **Виноградов А.П.** Происхождение металлических ядер планет. - Геохимия, 1975, № 10, с. 1427.
9. **Брауплоу А.Х.** Геохимия, М.: Наука, 1984, с. 463.
10. **Larimer J.W.** The chemical fractionation in meteorites condensation of the elements. - Geochimica et Cosmochimica acla, 1967, v. 31, p. 1267.
11. **Барсуков В.Л. и др.** О возможных механизмах образования вещества планетных кор. - Геохимия, 1988, № 3, с. 175.
12. **Барсуов В.Л. , Сурков Ю.А. и др.** Геохимические исследования Венеры на посадочных аппаратах станций "Вега-1" и "Вега-2". - Геохимия, 1986, № 3, с. 288.
13. **Manuel O.K.** Jcarus, 1980, v. 41, p. 312.
14. **Ронов А.Б. , Мигдисов А.А. и др.** Источники вещества и проблема эволюции осадочной оболочки и земной коры. - В кн.: Геохимия и Космохимия. М.: Наука, 1984, с. 142-147.
15. **Ронов А.Б. , Ярошевский А.А.** Новая модель химического строения земной коры. - Геохимия, 1976, № 12, с. 1763.

Ա.Ի. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ

ԵՐԿՐԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿԱԶՄԻ ԷՎՈԼՅՈՒՑԻԱՅԻ ՊՐՈԲԼԵՄԻ ՇՈՒՐՋԸ

Ամփոփում

Երկրի ժամանակակից քիմիական կազմը դիտարկվում է որպես քիմիական տարրերի տարբեր դիֆերենցիացիաների արդյունք՝ աստղային, մոլորակային, գլոբալ և դիսկրետ: Փորձ է կատարվում ընդհանուր գծերով ցույց տալ Արեգակի գլխավոր քիմիական տարրերի ատոմային կլարկների և մի շարք կարևոր տարրերի ատոմային կլարկների հարաբերությունների փոփոխությունները տարբեր տեսակի դիֆերենցիացիաների ընթացքում: Արեգակնային նյութի և Երկրի էվոլյուցիայում նշվում են մի շարք օրինաչափություններ:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

География

УДК 551. 435 (479.25)

Р.Х.ГАГИНЯН

РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕК ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ БАССЕЙНА ОЗ.СЕВАН С ИСКУССТВЕННЫМ ПОНИЖЕНИЕМ ЕГО УРОВНЯ

Искусственное понижение уровня оз.Севан позволяет наблюдать рельефообразующие процессы деятельности рек за очень короткое время. После понижения уровня в нижних течениях рек западного и южного побережий началась интенсивная глубинная эрозия, а на восточном - аккумуляция наносов. Причиной этого являются разницы уклонов между освобожденной от воды территории и вышележащих участков.

Для правильного понимания происхождения и развития эрозионных форм рельефа, состоящих из двух групп - собственно эрозионных и аккумулятивных, необходимо иметь ясное представление о характере работы текучей воды и тех законах флювиальной геоморфологии, которые лежат в ее основе.

До недавнего времени казалось, что процесс формирования эрозионных форм рельефа хорошо известен. Но последние исследования ряда ученых [1-5] показали новые стороны деятельности водных потоков и значительно видоизменили взгляды на существо эрозионного процесса.

Ряд исследователей считает, по мере выполаживания продольного профиля реки один вид эрозии сменяется другим. Но это представление отвергается непосредственными наблюдениями в природе и экспериментальными данными в лабораторных условиях. Как показали лабораторные опыты [3], при быстром снижении базиса эрозии происходит одновременное оживление как глубинной, так и боковой эрозии.

Действия глубинной и боковой эрозии и аккумуляции предопределяет образование определенного типа продольного профиля реки - различного на разных этапах развития эрозионного процесса. В характере этого профиля раскрываются многие особенности эрозионного процесса. Возникновение флювиальных рельефообразующих процессов связано с нарушением динамического равновесия в результате подобных изменений физико-географических условий, которые влияют на силу водных потоков, а также на интенсивность выветривания и денудации на склонах. Деятельность человека, изменения климата, тектонические движения, такие процессы развития рельефа, как рост дельт, постепенное выполаживание склонов в результате их денудации,- все эти и многие другие явления могут вызывать изменение баланса рыхлого материала и, следовательно, быть причинами возникновения того или иного рельефообразующего процесса.

Н.И.Маккавеев [6], рассматривая механизм формирования выработанного продольного профиля, показал, что в его основе лежит процесс автоматического регулирования транспортирующей способности потока. Участки, где поток содержит наносов меньше, чем мог бы перенести, углубляются тем интенсивнее, чем больше дефицит насыщения потока наносами. По мере углубления уклон на участке уменьшается, что вызывает увеличение уклона на вышележащем участке реки и возрастание транспорта наносов. На тех участках русла, где удельная транспортирую-

щая способность потока недостаточна для транзита поступающих с вышележащего участка наносов, дно постепенно повышается.

Наиболее распространенной причиной резких нарушений баланса рыхлого материала являются тектонические движения. Они изменяют уклоны рек и, следовательно, количество выносимого ими материала. Поэтому даже незначительные изменения уклона способны вызывать врезание русла или накопление аллювия. Однако этот процесс происходит в течение долгого геологического времени. Более наглядно эти явления наблюдаются при непосредственной деятельности человека, напр., при искусственном понижении уровня приемного бассейна. Тогда изменение уклонов рек происходит за очень короткое время.

С этой точки зрения оз.Севан представляет наглядный пример, так как начавшееся с 40-х годов искусственное понижение уровня озера на 18*м*, проводившееся на протяжении более 20-ти лет при использовании вековых запасов вод в народном хозяйстве, привело к существенному нарушению естественного режима озера и к изменению установившегося в пределах бассейна физико-географических процессов. Очень большие изменения, обусловленные понижением базиса эрозии, происходят в основном в прибрежной части озера.

Разнообразие геолого-геоморфологический обстановки, типичное для бассейна оз.Севан, привело к тому, что характер современных рельефообразующих процессов, интенсивность их проявления, тем самым и созданные ими формы рельефа оказались на различных участках неодинаковы и имеют свою специфику.

Такое быстрое понижение базиса эрозии позволяет наблюдать рельефообразующие процессы деятельности рек за очень короткое время, тогда как в естественных условиях эти процессы длятся тысячелетиями. После искусственного понижения уровня озера в нижних течениях рек началась интенсивная глубинная эрозия.

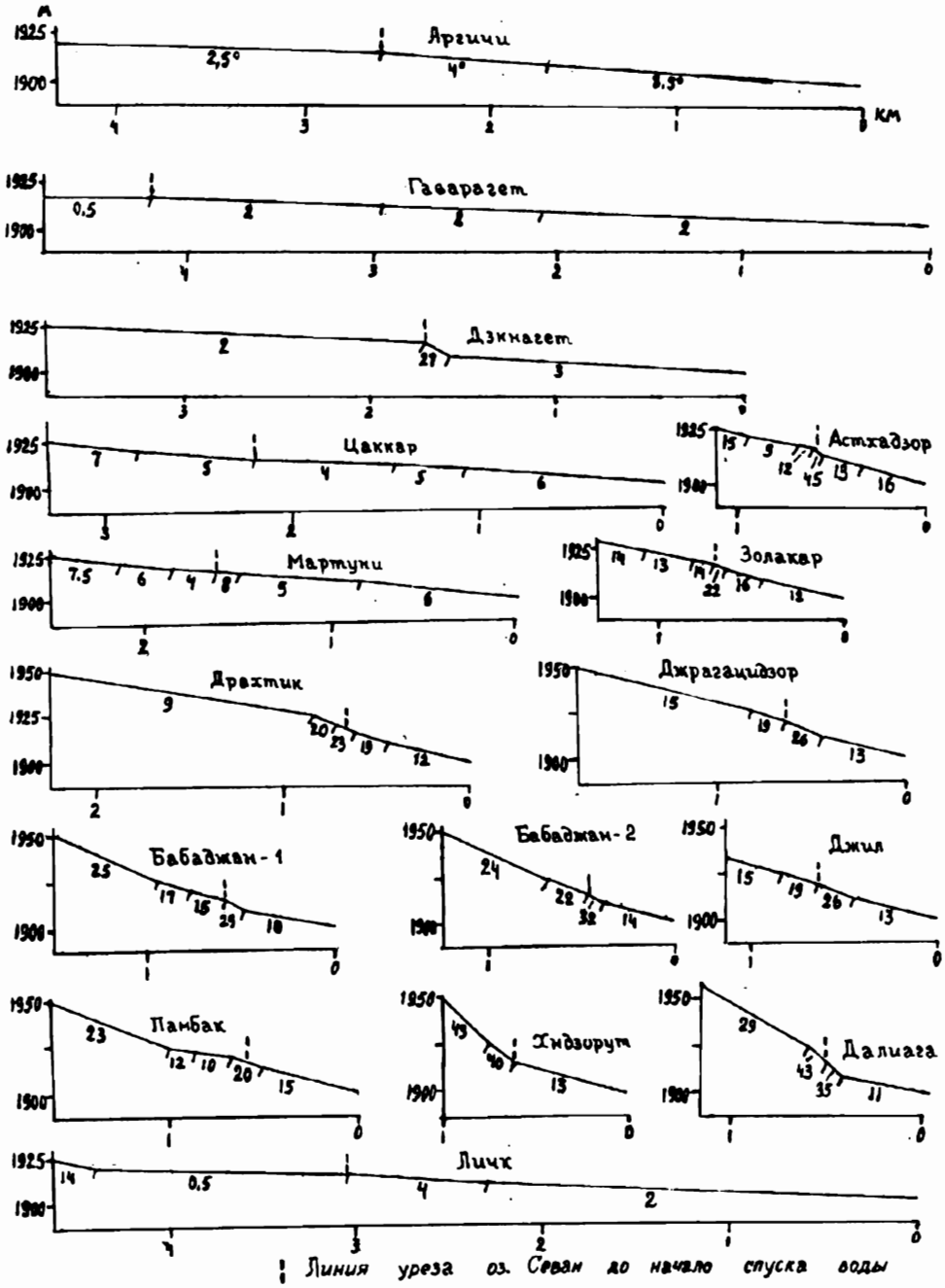
Для изучения этих физико-географических процессов составлены профили низовьев рек бассейна оз.Севан (см. рисунок). Вопрос изучения продольных профилей рек при снижении уровня озера с геоморфологической точки зрения рассмотрен в работах [7-11].

Представление о том, что понижение уровня приемного бассейна вызывает врезание впадающих в него рек, а повышение - аккумуляцию, все еще пользуется известной популярностью. Но положения о зависимости рельефообразующей деятельности рек от баланса рыхлого материала говорит об ошибочности таких однозначных оценок. В результате понижения уровня приемного бассейна возникают новые участки суши и новые низовья речных долин. Баланс рыхлого материала этих новых участков речных долин будет зависеть от уклона возникшей суши. При достаточно крутом уклоне он будет отрицательным, что, действительно, вызовет наступление врезания, которое вскоре распространится вверх по течению. Если же уклон возникшей суши меньше уклона прежних низовьев речных долин, то результатом этого "понижения базиса эрозии" будет аккумуляция. Видимо, возможны и такие случаи, когда во вновь возникающих при понижении уровня озера участках речных долин сразу же наступает динамическое равновесие.

В составленной нами таблице даны уклоны рек выше линии понижения уровня озера и на освобожденных территориях, а также некоторые морфометрические и гидрологические показатели по гидрологическому справочнику [12]. Как видно из составленных профилей рек и таблицы, глубинная эрозия развивается у тех рек, в которых из-за снижения уровня озера происходит приращение уклонов вновь возникшей суши. Если течение реки имеет более пологий (по сравнению с вышерасположенным) средний уклон продольного профиля, то происходит аккумуляция.

В бассейне оз.Севан более широкой (2-5*км*) и пологой является обнажившаяся полоса в пределах западного и южного побережий озера. Уклоны рек на освобожденных территориях больше, чем на расположенных выше, и поэтому в реках Дзкнагет, Гаварагет, Аргичи, Мартуни, Цаккар, Личк и др. происходит глубинная и боковая эрозия. Глубина вреза на разных реках неодинаковая (от 3 до 12*м*). На этих побережьях геологическая обстановка одинаковая (речные и озерные рыхлые отложения), поэтому при врезании рек литология играет незначительную роль. Очевидно,

что глубина вреза в основном зависит от среднемноголетнего и особенно среднемноголетнего максимального весеннего расхода реки и разницы уклонов между старой и новой сушей. Наибольший врез наблюдаются у рек Аргичи, Гаварагет и



Поперечные профили низовьев рек бассейна оз.Севан.

Дзкнагет. Если у первых двух это в основном зависит от большого расхода воды при небольшой разнице уклонов, имеющихся между выше- и нижележащей освобожденными территориями, то у Дзкнагета - от большей разницы уклонов старой и новой суши при небольшом расходе воды.

Почти у всех этих рек регрессивная эрозия начинается с двух точек - от уреза воды и от прежней береговой линии, волна которой распространяется вверх по долине. Глубина вреза достигает своего максимума там, где разница уклонов больше.

Некоторые морфометрические и гидрологические характеристики нижних течений рек бассейна оз.Севан

Районы	Уклоны рек в градусах				Среднемноголетний расход рек, $м^3/с$	Среднемноголетний максимальный весенний расход рек, $м^3/с$	Длина реки на освобожденных территориях	Глубина вреза
	Выше линии освобожденной от воды территории	На освобожденных от воды территориях						
		у прежней береговой линии	у новой береговой линии	средний уклон				
Западный и южный берег оз.Севан								
Дзкнагет	2	27	3	15	1,11	14,1	2,5	11
Гаварагет	0,5	2	2	2	3,82	14,5	4,5	7
Цаккар	5	4	6	5	0,49	1,3	2,5	5,5
Мартуни	4	8	6	6,3	1,5	10.9	1,8	3
Астхадзор	12	45	16	24,7	0,27	3,0	0,6	3,5
Золакар	14	22	12	16,7	0,13	1,64	0,8	2,5
Личк	0,5	4	2	3	1,5	1,77	2,5	5
Аргичи	2,5	4	3,5	3,75	5,18	64,3	4,5	12
Восточный берег оз.Севан								
Хндзорут	40	13	13	13	-	-	0,5	-
Далиага	42	35	11	23	-	-	0,3	-
Джил	19	26	13	20	0,1	2,02	0,6	-
Бабаджан-I	15	29	10	19,5	-	-	0,5	-
Бабаджан-2	22	32	14	23	0,14	2,15	0,4	-
Памбак	20	20	15	17,5	0,24	5,34	0,5	-
Джрагацидзор	41	38	7	29,5	-	-	0,4	-
Драхтик	20	23	12	21.3	0,27	3.27	0,6	10

Если на освобожденных от воды территориях вниз по течению рек происходит постепенное наращивание уклонов, то интенсивное врезание начинается от уреза воды (рр. Цаккар, Мартуни), а при убывании уклонов - от прежней береговой линии (рр.Аргичи, Дзкнагет, Золакар, Личк и др.). Одновременно с глубинной эрозией интенсивно идет и боковая эрозия. Причем боковая эрозия развивается интенсивнее, чем глубинная [11,13]. Вследствие этого в устьевых частях особенно крупных рек образуется веер террас, открытый к устью реки.

Наряду с глубинной и боковой эрозией наблюдается и активная аккумуляция эрозионного материала. Слабая устойчивость пород, слагающих ложе рек освобожденной от воды прибрежной зоны, и мелкий русловый аллювий обуславливают преимущественную роль потока в русловом процессе (блуждание русла, разветвление на рукава, нарастание дельт и т.д.). Развиты все комплексы русловых форм.

На восточном побережье обнажившаяся полоса озера узкая (0,3 - 1*км*) и крутая, но реки выше освобожденной от воды территории имеют более крутые уклоны и по этой причине происходит не врезание рек, а аккумуляция наносов.

По Г.К.Габриеляну [11], причиной аккумуляции наносов восточного побережья оз.Севан являются селеносные водотоки. По его мнению, в устьевых частях этих водотоков после спуска воды озера в прибрежной полосе осушенной части из-за крупнообломочных отложений с большой фильтрационной способностью воды рек инфильтруются и откладывают принесенный ими твердый материал. Однако надо учитывать, что со временем фильтрационная способность наносов должна уменьшаться, и у рек с постоянным стоком и крутыми уклонами начинается врезание.Но у большинства рек этот процесс не наблюдается. Конечно, селевые потоки на определенное время способствуют накоплению наносов. Но главную роль здесь играют

разницы уклонов между старой и новой сушей. На большинстве рек восточного побережья (Джил, Бабаджан-1, Бабаджан-2, Памбак и др.) глубинная эрозия проявилась кратковременно на небольшом отрезке реки на границе старой и новой суши, где уклоны на освобожденных от воды территориях круче вышележащего. Ниже по течению этих рек, где по сравнению со старой сушей уклоны уменьшаются, происходит аккумуляция, волна которой смещается вверх по течению с постоянной сменой русловых форм, характерных для глубинной эрозии, русловыми формами, свойственными процессу аккумуляции. Но на р. Драхтик, где уклоны на всем отрезке освобожденной от воды территории круче, чем на выше лежащем, происходит врезание.

Таким образом, понижение базиса эрозии оз.Севан подчиняется третьему закону флювиальной геоморфологии [14], закону факторной относительности, суть которого заключается в неодинаковой и неодновременной реакции флювиального рельефа, соответствующего различным звеньям эрозионно-аккумулятивных рельефообразующих процессов, влияющих на изменения условий географической среды.

Кафедра геоморфологии и картографии

Поступила 7.09.1994

ЛИТЕРАТУРА

1. **Марков К.К.** Основные проблемы геоморфологии. М.: Географгиз, 1948, 343 с.
2. **Шанцер Е.В.** Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значения для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. -Тр. ИГН АН СССР, сер. геол., 1951, в.135, №55, 275 с.
3. **Маккавеев Н.И., Хмелева Н.В.** и др. Экспериментальная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1961, 196 с.
4. **Маккавеев Н.И.** Общие закономерности эрозионно-русловых процессов.-Тр. IY Всесоюз. гидрол. съезда. Л.: Гидрометеоиздат, 1976, т.10 (Русловые процессы), с.8-12.
5. **Чалов Р.С.** Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979, 232 с.
6. **Маккавеев Н.И.** Русло реки и эрозия ее бассейна. М.: Изд-во АН СССР, 1955, 348 с.
7. **Былинский Е.Н.** Изменение продольных профилей притоков оз.Севан со снижением его уровня.- Изд-во АН СССР, серия география, 1957, № 6, с.147-151.
8. **Жамагорцян В.Н.** Изменение продольных рек, впадающих в оз.Севан в зависимости от понижения его уровня. Изд-во АН СССР, серия геогр. и геоф., 1951, т.15, с.83-86.
9. **Казакова Н.М., Зограбян Л.Н, Метаниджян В.А.** Изучение методики современных рельефообразующих процессов в бассейне оз.Севан.- Докл. YII пленума геоморф. комиссии при отд. Науки о Земле АН СССР. Киев, 1968, с.121-122.
10. **Габриелян Г.К.** Эрозия рек Арм. ССР. Ереван, 1973 (на арм. языке), 174 с.
11. **Габриелян Г.К.** Русловая эрозия.- В кн.: Вопросы географии (вып. I-2, эрозионные и селевые явления Севанского бассейна). Ер., 1984, с.120-131.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн р.Аракс. Л., т.9, в.П, 1973, 327 с.
13. **Карапетян Ж.М.** Картографический метод изучения современных экзогенных процессов бассейна оз.Севан.- Молодой научный работник ЕГУ, 1971, № 14, с.165-179.
14. **Чалов Р.С.** Законы флювиальной геоморфологии.- В кн: Проблемы теоретической геоморфологии. М., 1988, 257 с.

Ռ.Խ.ԳԱԳԻՆՑԱՆ

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՄԱԿԱՐԴԱԿԻ ԱՐՀԵՍՏԱԿԱՆ ԻՋԵՑՄԱՆ ՀԵՏԵՎԱՆՔՈՎ ՆՐԱ ԱՌԱՓՆՑԱ ԳՈՏՈՒՄ ԼԻՃԸ ԹԱՓՎՈՂ ԳԵՏԵՐԻ ՌԵԼԻԵՖԱԳՈՑԱՑՆՈՂ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Սևանա լճի մակարդակի արհեստական իջեցումը հնարավորություն տվեց լիճը թափվող գետերի ռելիեֆագոյացնող պրոցեսները ուսումնասիրել կարճ ժամանակահատվածում: Պատկերացումը այն մասին, թե էրոզիայի բազիսի իջեցման դեպքում գետերը կատարում են հիմնականում խորքային էրոզիա, իսկ բարձրացման դեպքում՝ կողային և դրանց հետևանքում ճյտվածքների կուտակում, միշտ չէ, որ համապա-

տասխանում է իրականությանը: Դա կախված է ջրից ազատված տեղամասի թեքությունից: Եթե այն ավելին է, քան նրանից վեր ընկած տեղամասինը, ապա գետերը կատարում են խորքային էրոզիա: Նման երեւույթ է տեղի ունենում Սևանա լճի հարավային և արևմտյան առափնյա գոտում: Լիթոլոգիական հավասար պայմանների դեպքում այստեղ գետահունների խորացումը կատարվել է տարբեր չափերով (3-12մ): Այն կախված է գետերի միջին տարեկան և հատկապես գարնանային առավելագույն (միջին տարեկան) ծախսից և ափամերձ ցամաքի ջրից նոր ազատված հեղամասի թեքությունների տարբերությունից: Ամենամեծ խորացումները դիտվում են Արգիչի, Գավառագետ և Ջկնագետ գետերում: Եթե առաջին երկուսում այն հիմնականում պայմանավորված է գետերի ծախսի մեծությամբ, ապա վերջինում՝ թեքությունների տարբերությունների մեծությամբ: Այդ գետերում ետընթաց (ռեգրեսիվ) էրոզիան կատարվում է երկու մակարդակից՝ նախկին և ներկա առափնյա գծերից: Գետահունային խորքային էրոզիան ուղեկցվում է բավական ակտիվ կողային էրոզիայով:

Սևանա լճի արևելյան մասի առափնյա գոտում ջրից նոր ազատված տեղամասերի թեքություններն ավելի փոքր են իրենից վերև գտնվող տեղամասերինից, հետևաբար, այդտեղ գետերը կատարվում են նստվածքակուտակում (Փամբակ, Բաբաջան, Ջիլ և այլն):

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

Աշխարհագրություն

УДК 551.432

Պ.Գ. ԴԱՎԹՅԱՆ

ՎԱՅՔ-ՋԱՆԳԵԶՈՒՐԻ ՋՐԱԳՐԱԿԱՆ ՑԱՆՑԻ ՊԱՏԿԵՐԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԴԵՐԸ ՍԵԼԱՎԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾՈՒՄ

Ռելիեֆի ձևաստեղծ կառույցների, արտածին որոշ պրոցեսների բնույթի ու եռանդի վերածնման համար կարևոր նշանակություն ունի գետային ցանցի պատկերը: Գետահովիտների վիճակը, ջրի հոսքի ուղղությունը պայմանավորված է մի շարք գործոններով: Այդպիսիք են՝ բեկվածքային զոնաները, կառուցվածքային տարրերի վարքագիծը, լեռնային ապարների հարաբերական կայունությունը: Այս գործոնները պայմանավորում են հովտագետային բնույթը:

Գետային ցանցի մանրակրկիտ ուսումնասիրությունները հանգեցնում են ուշագրավ եզրակացությունների, որովհետև դա այն զգայուն չափանիշն է, որի օգնությամբ բացահայտվում են ռելիեֆի, երկրաբանական կառույցների առանձնահատկությունները:

Հայաստանի Հանրապետության հովտագետային համակարգերի ցանցի պատկերի դասակարգման հարցերը լուսաբանված են մի շարք հետազոտողների կողմից [1-3]: Անմիջական կապ գոյություն ունի նաև հովտագետային ցանցի պատկերի և սելավային երևույթների ձևավորման միջև: Ջրհավաք ավազանի ձևը, ջրագրական ցանցի առանձնահատկությունները կարևոր նշանակություն ունեն մակերևութային հոսքի համակենտրոնացման և սելավային հոսքի ձևավորման գործում: Այսպես՝ եթե մակերևութային հոսքի միաժամանակյա կենտրոնացում է նկատվում հովտում, ապա սելավային երևույթների ձևավորման հնարավորությունը մեծ է և ընդհակառակը՝ եթե մակերևութային հոսքը ձևավորվում է աստիճանաբար, ապա սելավային երևույթները կամ շատ թույլ են արտահայտվում, կամ լրիվ բացակայում են: Վերը նշվածից հեշտ է նկատել, որ մակերևութային հոսքի միաժամանակյա կամ աստիճանական կենտրոնացումը հունում անմիջական կապի մեջ է մտնում հովտագետային ցանցի պատկերի հետ: Ջրհավաք ավազանը պարփակող ջրբաժանի (պարագծի) երկարությունը (C) բաժանելով այն հատվածին, որը միացնում է ջրհոսքի ակունքը գետաբերանին (D), ստանում ենք ավազանի ձևի գործակիցը՝ $K = \frac{C}{D}$ [4]: Այսպես, համադրելով K-ի արժեքները π-ի արժեքի հետ /3,14/, առանձնացնում ենք ավազաններ, որոնք սելավային երևույթների ձևավորման գործում կարող են լինել բարենպաստ կամ ընդհակառակը՝ անբարենպաստ: Որքան K-ի արժեքը մոտենում է 3,14-ին, այնքան սելավային ավազանի ձևը ձգտում է շրջանի և հոսքերի կենտրոնացման պայմանները լինում են բարենպաստ:

Հանգամանորեն հետազոտել ենք Վայքի և Ջանգեզուրի ջրագրական ցանցի պլանը և առանձնացրել ջրհովիտների տարբեր պատկեր ունեցող ավազաններ, որոնց համար K-ի արժեքները տարբեր են, հետևաբար տարբեր է նաև նրանց նպաստավորության աստիճանը՝ սելավների ձևավորման գործում:

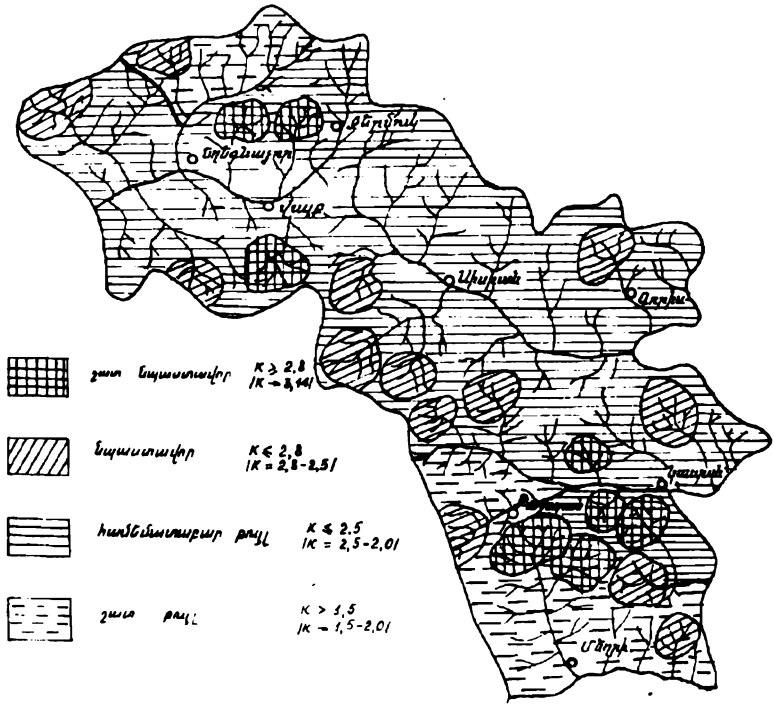
Հովտագետային ցանցի կենտրոնաձիգ պատկերի դեպքում K-ն ձգտում է 3,14-ին: Այս դեպքում սելավային հոսքերի միաժամանակյա կենտրոնացման հնարավորությունը շատ մեծ է: Այսպիսի պատկեր ունեցող ավազաններում, եթե չկան կանխող հանգամանքներ (փարթամ բուսածածկույթ, տեղումների անհրաժեշտ ինտենսիվության բացակայություն, ակտիվ ներծծում), սելավները անխուսափելի են: Քննարկվող շրջանում այդպիսին են՝ Կալեր, Մազրա, Վաչագան, Մեղրու վերին հոսանք, Գիրաթաղ, Մալիշկա, Վայք և մի քանի այլ գետային ավազաններ:

Հովտագետային ցանցի հովհարաձև պատկերի դեպքում, որը քիչ է տարբերվում նախորդից, K-ի արժեքը տատանվում է 2,8-2,5-ի միջև: Մեծ է սելավային հոսքերի միաժամանակյա համակենտրոնացման հնարավորությունը, հետևաբար սելավների ձևավորման պայմանները նպաստավոր են: Նմանատիպ պատկերներ ունեն՝ Գնիշիկ, Ելփին, Քարագլուխ, Գեղի, Սիսիան, Այրիգետ, Գորիսգետ, Արծվանիկ, Նյուվադի, Ողջի (վերին հոսանք), Մավ գետերի ավազանները:

Հովտագետային ցանցի փետրաձև պատկերի դեպքում K արժեքը կազմում է 2-2,5: Այսպիսի ավազաններում սելավային հոսքերի համակենտրոնացումը տեղի է ունենում աստիճանաբար և վտանգավորության աստիճանը նվազում է: Բացի այդ սելավների ձևավորման հնարավորությունները համեմատաբար աննպաստ են: Նման պատկեր ունեցող ավազանների շարքին են դասվում՝ Հորս, Աղուդի, Գրավ, Դարբ, Արփա (վերին հոսանք), Խնացախ, Քարաշեն, Աղավնաձոր, Նորաշենիկ, Գեղանուշ գետերի ավազանները:

Վայք-Զանգեզուրի հովտագետային ցանցի պատկերի և սելավահաջորդման պայմանների կապը արտահայտող պենմատիկ

Քարտեզ



Հովտագետային ցանցի սանրաձև պատկերի դեպքում K-ի արժեքը տատանվում է 2-ից 1,5-ի միջև: Սելավային հոսքերի համակենտրոնացումը նպաստավոր պայմաններ չի ունենում: Այն տեղի է ունենում աստիճանաբար, այն էլ ընդհատումներով: Այսպիսի ավազաններ ունեն Ծվանիձոր, Մալև, Ագարակ, Կարչևան, Վագրավար, Վարդանաձոր, Կավարտ, Մուսալամ, Եղեգիս (վերին հոսանքի շրջանի աջակողմյան վտակներ) գետերը:

Այսպիսով քննարկվող շրջանում՝ ըստ հովտագետային ցանցի պատկերի առանձնացված տեղամասերն իրենց առանձնահատկություններով տարբեր չափով կարող են նպաստել սելավային երևույթների ձևավորմանը:

Համադրելով ստացված արդյունքները ռելիեֆի ծագումնային ձևերի, մակերևույթի մասնատման խտության, թեքությունների քարտեզների հետ նկատում ենք ուղղակի կապ վերը նշված բոլոր գործոնների միջև: Այսպես՝ հրաբխային ծագում ունեցող լեռնազանգվածներում, որտեղ տեղանքը կազմված է անդեզիտներից, անդեզիտա-բազալտներից, լիպարիտներից, դացիտներից և այլ էֆուզիվ գոյացություններից, ապարների ճեղքոտվածության շնորհիվ մեծ է ներծծումը և փոքր հոսքի գործակիցը:

Ներծծված մթնոլորտային տեղումները էֆուզիվ հաստույթի մեջ գոյացնում են միջլավային և լավատակ ջրհոսքեր: Հրաբխային ապարների տարածման վայրերում սելավները ձևավորվում են հազվադեպ: Մեզ հետաքրքրող շրջանում այդպիսի տեղամասեր են Սյունիքի հրաբխային բարձրավանդակը, Վայոցսարը իր շրջակա լավային տարածքով: Հրաբխային ռելիեֆը բնորոշ է մակերևույթի մասնատման խտության համեմատաբար փոքր գործակցով /0,7-1կմ/կմ^2/ և K-ի ոչ մեծ արժեքներով: Վերջինս տատանվում է 1,5-2,0 սահմաններում: Հակառակ հրաբխային ռելիեֆի՝ ծալքաբեկորավոր լեռների մարզում տարածված են խայտաբղետ լիթոլոգոստրատիգրաֆիական կազմի ապարներ / նստվածքային, հրաբխանստվածքային, այլափոխված, ներժայթուկային և այլն/, որոնք մեծ մասամբ հիմնականում ջրամերժ են: Հետևաբար, այստեղ մակերևութային մասնատման խտությունը տատանվում է 1,5-3 կմ/կմ^2 սահմաններում մակերևութային հոսքի ձևավորման համար պայմանները նպաստավոր են: Ծալքաբեկորավոր լեռների ջրհավաք ավազանները ներկայացվում են տարբեր ձևային հատկություններով և սրանց K արժեքները անցնում են 3-ից: Հենց այս՝ ծալքաբեկորավոր լեռների մարզում է, որ սելավային հոսքերի ձևավորման տեղադրական-ձևավաբանական պայմանները դրանց շարքում նաև ջրագրական ցանցի առանձնահատկությունները համարվում են նպաստավոր: Վայք-Զանգեզուրում նմանատիպ տեղամասեր են համարվում Մեղրու, Բարգուշատի, Զանգեզուրի ևվայքի լեռնաշղթաների միջին բարձրությունները:

Այսպիսով, Վայք-Զանգեզուրի հովտագետային ցանցի առանձնահատկությունների պատկերի վերլուծությունը թույլ է տալիս կատարելու հետևյալ եզրահանգումները:

1. Ջրհավաք ավազանի ձևը, ջրագրական ցանցի առանձնահատկությունները կարևոր նշանակություն ունեն մակերևութային հոսքի համակենտրոնացման և սելավային երևույթների ձևավորման գործում:

2. Ոչ պակաս էական է նաև այն կապը, որը գոյություն ունի տեղանքի ձևաբանական կառուցվածքի, հովտագետային ցանցի պատկերի և սելավների ձևավորման պայմանների միջև: Իջույթներին բնորոշ են հովտագետային ցանցի կենտրոնաձիգ, հովհարաձև պատկերներ: Վերջիններս էլ իրենց հերթին շատ նպաստավոր են սելավների ձևավորման համար: Միաթեք բարձրացումներին բնորոշ են հովտագետային ցանցի սանրաձև պատկերներ, որոնք սակայն նպաստավոր չեն սելավների ձևավորման համար:

3. Կարևոր է նաև այն կապը, որը գոյություն ունի ռելիեֆի ծագումնաբանական ձևերի, մակերևույթի մասնատման խտության, հովտագետային ցանցի պատկերի և սելավների ձևավորման պայմանների միջև: Ծալքաբեկորավոր լեռներում մեծ է մասնատման խտությունը, և K-ի արժեքները անցնում են 3-ից: Իսկ հրաբխային ռելիեֆում փոքր է մասնատման խտությունը, ուստի փոքր են նաև K-ի արժեքները:

Ֆիզիկական աշխարհագրության ամբիոն

Ստացվել է 8.11.1994

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. **Геворкян Д.С.** Рисунок речной сети Арм.ССР и его значение для выявления морфоструктур.- В сб.: Матер. научн. сессии, посвященной 25-летию АН Арм.ССР и 10-летию отдела географии, Ер., 1968.
2. **Гагинян Р.Х.** Связь рисунка речной сети Сев.Зангезура с морфоструктурными элементами.- Уч. зап. ЕГУ, 1983, № 2.
3. **Давтян П.Г.** Связь рисунка речной сети Южного Зангезура с морфоструктурными элементами.- Уч. зап. ЕГУ, 1989, №3.
4. **Назарян Х.Е.** Классификация селевых потоков.- Вопросы географии, Межвузовский сборник научных трудов, вып 1-2, Ер., 1984.

П.Г. ДАВТЯН

РОЛЬ ОСОБЕННОСТЕЙ РИСУНКА ВАЙК-ЗАНГЕЗУРСКОЙ РЕЧНОЙ СЕТИ В ПРОИСХОЖДЕНИИ СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Резюме

Форма водосборного бассейна, особенности плана гидрографической сети в процессе сосредоточения поверхностного стока и формирования селя имеют весьма существенное значение. Соотношением параметра С (окружности простейшего селевого бассейна) к отрезку Д, соединяющему точки истока с устьем водостока, получаем коэффициент К относительной формы бассейнов. При разных рисунках речной сети значение К колеблется от 2,5 до 3, и при сравнении значений К и π (3,14) выделяем тот или иной рисунок речной сети, который или способствует сосредоточению поверхностного стока, или наоборот.

УДК 548.732

М.А. НАВАСАРДЯН, Ц.М. НАВАСАРДЯН, Р.Ц. ГАБРИЕЛЯН

ЭХО МОДУЛИРОВАННОГО ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТОЙ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ НЕДРА АТОМОВ

С использованием рентгеномодуляторной системы, созданной в последнее время одним из авторов данной работы, модулировалось излучение Mo K_α, а затем пучком этого излучения возбуждался K уровень атомов иттрия, находящегося в составе иттриево-алюминиевого граната $Y_3Al_5O_{12}$ и регистрировалась картина модуляции этого излучения.

Эта работа дает возможность изучать атомные процессы в реальном временном масштабе особенно успешно при изучении релаксационных процессов в атомных системах типа кристаллов или некристаллических твердых или жидких веществ.

Исследование влияний различных внешних воздействий (температурный градиент, УЗ колебания и т.д.) на интенсивность дифрагированного рентгеновского пучка [1-4] привело к наблюдению интересного, так называемого явления полной переброски проходящего излучения в направлении дифракции [5] и к разработке оригинальной методики управления интенсивностью отраженного от пьезокристалла рентгеновского пучка, а именно, к новому способу передачи и приема звуковых колебаний с помощью рентгеновского пучка. Развитие идеи, базировавшейся на результатах работ [6,7], привело к расширению диапазона частот передаваемой информации от 400*Гц* [6] до 10*кГц* [7], т.е. к обеспечению передачи и приема, в частности, речи с привлечением с этой целью бытовых электроакустических устройств.

С применением модуляторов особой конструкции, с использованием для этой цели кристаллов с низкой добротностью (составной модулятор [8]) достигнуто еще большее расширение частотного диапазона колебаний интенсивности рентгеновского пучка, а именно, диапазон расширяется до близкой ультразвуковой области. Это дало возможность еще больше расширить область применения метода модуляции рентгеновского излучения для изучения такими пучками разных свойств кристаллов (веществ), не участвующих в процессе самой дифракции, т.е. в процессе первичной модуляции.

С этой целью и выполнялась настоящая экспериментальная работа.

В ней осуществлено возбуждение глубоких энергетических уровней некоторых атомов заранее модулированным звуковой частотой рентгеновским пучком, а затем генерированное рентгенофлуоресцентное излучение детектировано и восстановлена начальная картина колебаний интенсивности возбуждающего излучения, т.е. получено эхо возбуждающего звукового колебания. Схема эксперимента представлена на рис. 1.

Модулированное дифрагированное излучение 6 (см. рис. 1), полученное по методу, описанному в работе [6], попадает на исследуемое вещество (8), в котором при соответствующем подборе величины энергии фотонов падающего излучения и энергии K - края поглощения атомов поглотителя, находящегося в исследуемом веществе, происходит возбуждение этих атомов и генерация в них рентгенофлуоресцентно-

го излучения. После этого излучение регистрируется детекторным устройством (9), а затем большая совокупность электрических импульсов, распределенных во временной шкале по закону низкочастотных колебаний, от детектора (9) подается интегрирующей схеме (10), в которой образуется колеблющийся во времени электрический сигнал в виде огибающего этих сгруппированных электрических импульсов. Этот сигнал (информация) подается либо громкоговорителю (11), либо на экран осциллографа (12).

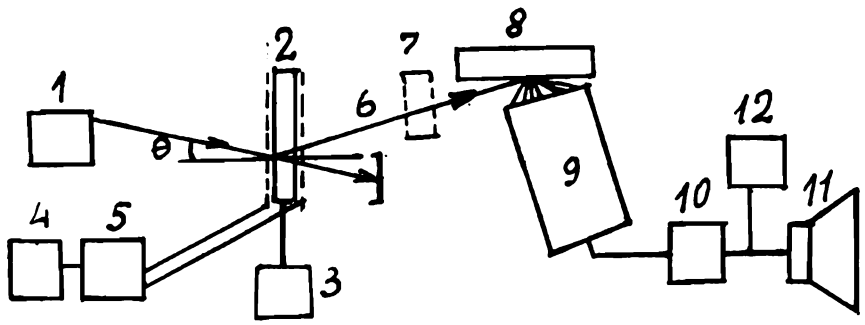


Рис. 1. 1 - источник рентгеновского излучения, 2 - кристалл-модулятор, 3 - гониометр, устанавливающий кристалл-модулятор с помощью детектора 7 в отражающее положение под углом Брэгга (θ), 4, 5 - низкочастотный и высокочастотный генераторы, 6 - дифрагированный пучок с малой угловой шириной (5'-10'), 8 - флуоресцирующее вещество, 9 - детектор для возбужденного излучения, 10 - интегрирующая схема, 11 - громкоговоритель, 12 - осциллограф.

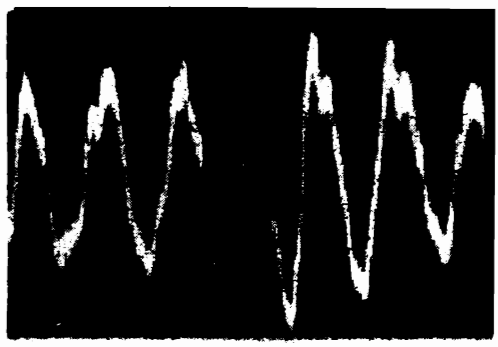
В качестве возбуждающего излучения использовались K_{α_1,α_2} излучения молибденового анода с энергиями фотонов $h\nu_{k\alpha_1} = 17{,}479\,кэВ$, $h\nu_{k\alpha_2} = 17{,}374\ кэВ$ и с длинами волн $\lambda_{k\alpha_1} = 0{,}709\,\text{Å}$, $\lambda_{k\alpha_2} = 0{,}713\,\text{Å}$, а в качестве исследуемового образца использовался иттриево-алюминиевый гранат $Y_2Al_5O_{12}$, в состав которого входят атомы иттрия. Рентгенофлуоресцентное излучение возбуждалось внутри этих атомов. Энергия K - края поглощения иттрия - равняется E_k=17,038 *кэВ*, а длины волн K_{α_1,α_2} излучений равны $\lambda_{k\alpha_1} = 0{,}828\,\text{Å}$, $\lambda_{k\alpha_2} = 0{,}833\,\text{Å}$.

Возбужденное флуоресцентное излучение распространяется по всему телесному углу, поэтому, для того чтобы улавливать хотя бы одну половину возбужденного излучения с небольшими потерями, детектор располагается на расстоянии нескольких миллиметров от образца. Поскольку выход флуоресценции у иттрия равняется ω = 0,711, то на детектор направляется мощный поток фотонов. Этого потока достаточно для восстановления картины низкочастотного колебания в очень широких пределах частот до близкой УЗ области. Большая мощность как возбуждающего, так и от него зависящего рентгенофлуоресцентного излучения обусловлена также тем, что кристалл-модулятор работает в условиях "полной переброски" [5], т.е. при μt = 0,7 (где μ - линейный коэффициент поглощения кристалла-модулятора для данной длины волны, t - толщина образца), когда половина интенсивности пучка, выходящего из рентгенотрубки в малой угловой области, участвует в процессе дифракции (модуляции).

На рис. 2 показаны картины колебаний интенсивности рентгеновского пучка (6) до его попадания на исследуемый образец (рис. 2а), т.е. после прохождения его через кристаллический модулятор 2 (см. рис. 1), и через объект 8 (рис. 2б), т.е. картина эха колебаний - колебаний интенсивности рентгенофлуоресцентного излучения (картины в разных масштабах). На представленных рисунках (2а, б) как возбуждающее, так и флуоресцентное излучения совершаются с частотой 1000 *Гц*.

Такой метод возбуждения в близкой перспективе дал бы возможность изучить времена жизни различных процессов, происходящих внутри атомов, развить рентге-

ностробоскопической метод изучения быстро протекающих процессов. Рентгенофлуоресцентный метод на основе модулированного пучка может дать хорошие результаты, особенно при изучении процессов в легких атомах или в газообразных и жидких веществах, ввиду невозможности получения от них рентгеновского излучения в обычных рентгенотрубках.



а

б

Рис. 2. Картины колебаний интенсивностей: а) возбуждающего излучения (MoK_{α_1,α_2}, $\lambda_{k\alpha_1} = 0{,}709\,\text{Å}$, $\lambda_{k\alpha_2} = 0{,}713\,\text{Å}$), б) рентгенофлуоресцентного излучения (эхо) иттрия (YK_{α}, $\lambda_{k\alpha_1} = 0{,}828\,\text{Å}$, $\lambda_{k\alpha_2} = 0{,}833\,\text{Å}$), находящегося в составе граната $Y_3Al_5O_{12}$

Изучение основных и метастабильных уровней легких атомов может стать стимулом в деле развития работ в области рентгеновских лазеров на основе легких элементов, получивших большое развитие в мире в настоящее время [9, 10]. Поскольку после выбывания электронов из K оболочки происходит полное перераспределение электронов по всем уровням, то возникает генерация фотонов всех характеристических длин волн данного атома с соответствующими вероятностями переходов и с соответствующими временами жизней этих переходов. Движением флуоресцирующего образца можно добиться получения временного спектра генерации всех фотонов данного атома, т.е. временной развертки процессов. Следовательно, при расположении фотопленки вблизи движущегося плоского образца можно получить картину временной развертки испускания фотонов данного атома.

Кафедра общей физики

Поступила 6.12.1995

ЛИТЕРАТУРА

1. **Безиргании П.А., Навасардя М.А.**, ДАН Арм. ССР, 1968, т.46, в.5, с.232.
2. **Авунджян В.И., Безиргании П.А.**, Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1967, т.2, с.99.
3. **Навасардян М.А., Караханян Р.К., Безиргании П.А.**, Кристаллография, 1970, т.15, в.2, с.235.
4. **Навасардян М.А., Безиргании П.А.**, Кристаллография, 1972, в.17, с.473.
5. **Мкртчян А.Р., Навасардян М.А., Мирзоян В.К.**, Письма в ЖТФ, 1982, т.8, в.11, с.677.
6. **Навасардян М.А., Назарян Ю.Р., Мирзоян В.К.**, Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1979, т.14, с.425.

7. **Мкртчян А.Р., Навасардян М.А., Мирзоян В.К., Кочарян Л.А., Галстян С.С., Унанян О.А., Галоян К.Г.**, АС № 1327716, 1987.
8. **Навасардян М.А. , Безирганян П.А. , Айрапетян К.Т. , Галстян С.С.** , АС № 1642933, 1990.
9. **Бессонов Ь.Г. , Виноградов А.В.** , УФН, 1989, т.159, в.1, с.143.
10. **Walbridge E.** , Natura, 1984, v.310, n.180.

Մ.Ա. ՆԱՎԱՍԱՐԴՅԱՆ, Յ.Մ. ՆԱՎԱՍԱՐԴՅԱՆ, Ռ.Յ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ՋԱՅՆԱՅԻՆ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅԱՄԲ ՄՈԴՈՒԼԱՑՎԱԾ ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ՆՈՒՅՆԱՆՄԱՆ ԱՐՋԱԳԱՆՔԸ ԱՏՈՄՆԵՐԻ ԸՆԴԵՐՔԻՑ

Ամփոփում

Ըստ ինտեսիվության մոդուլացված MoK_α ռենտգենյան ճառագայթների փնջով գրգռվել է իտրիումալյումինային նռնաքարում ($Y_3Al_5O_{12}$) գտնվող իտրիումի ատոմների K մակարդակները և ստացվել ու գրանցվել է YK_α գծի մոդուլյացիայի պատկերը: MoK_α ճառագայթման մոդուլյացիայի համար օգտագործվել է հեղինակներից մեկի համահեղինակությամբ վերջերս ստեղծված ռենտգենմոդուլյատորային համակարգը: Այս աշխատանքով հնարավորություն է ստեղծվում ուսումնասիրել ատոմային համակարգերի գրգռման ժամանակային և ռելակսացիոն վարքագծերը բյուրեղական ու այլ ոչ բյուրեղական պինդ նյութերում և հեղուկներում:

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2.1995 Естественные науки

УДК 575-24.541.4

Ս.Գ.ԵՐՎԱՆԴՅԱՆ, Ա.Խ.ԴՐԱՄՓՅԱՆ, Մ.Հ.ԳԱԼՈՒԿՅԱՆ, Ս.Ն.ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ,
Ա.Գ.ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, Ի.Գ.ԲՈՒՆԻԱԹՅԱՆ, Գ.Ա.ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՎԻՐՈՒՍԱԶԵՐԻ ԿԱՐՏՈՖԻԼԻ ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ԿԵՆՍԱԲԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ԲՋՋԱՍԱՂՄՆԱԲԱՆԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներկայումս դասական սելեկցիայում, մասնավորապես, վեգետատիվ ճանապարհով բազմացող բույսերի համար ավանդականների հետ միասին կիրառվում է կենսատեխնոլոգիական մեթոդը: Վերջին դեպքում օգտագործվում է միկրոկլոնավորման եղանակով բազմացվող ելանյութը և կարելի է ստանալ մեծաքանակ տնկանյութ տնտեսական արժեքավոր հատկանիշներով [1-3]: Աշխատանքի նպատակն է եղել կատարելու միկրոկլոնային եղանակով բազմացվող կարտոֆիլի բույսերի մոլեկուլային կենսաբանական և բջջասաղմնաբանական ուսումնասիրությունները: Հետազոտվել են կարտոֆիլի նախկին ԽՍՀՄ - ում շրջանցված տեղական և ներմուծված սորտերի միկրոկլոնային եղանակով աճեցված բույսերի 1-ին, 2-րդ, 3-րդ և 4-րդ սերունդները:

Քննարկվել են միկրոկլոնային բույսերի տարբեր վիրուսներով վարակվածության աստիճանը և ծաղկափոշու վերլուծության տեստի տվյալները:

Բույսերի վարակվածությունը վիրուսներով որոշելու համար կիրառվել է իմունոֆերմենտային վերլուծության /ԻՖՎ/ «Սենդվիչ» տարբերակը [4,5]: Բջջասաղմնաբանական ուսումնասիրությունների ժամանակ հաշվի են առնվել ծաղկափոշու ամլության, ձևաբանական և կենսունակության չափանիշները:

Կարտոֆիլի տարբեր սորտերի բույսերի վարակվածության տվյալները վկայում են, որ ներմուծված ելանյութից ստացված տնկանյութը առաջին սերնդում պահպանում է վիրուսազերծությունը: Երկու սորտերում նկատվել է 30% վարակվածություն «X» վիրուսով, իսկ այլ վիրուսներով վարակվելու դեպքեր չեն եղել ինչպես առաջին, այնպես էլ հաջորդ սերունդներում:

Ծաղկափոշու վերլուծության տվյալները, որոնք ստացվել են մեծաքանակ նյութի հիման վրա (յուրաքանչյուր տարբերակում՝ 10.000 փոշեհատիկ), ցույց են տալիս մի ընդհանուր օրինաչափություն. բոլոր երեք սերունդների բույսերի ամուլ ծաղկափոշու տոկոսները եղել են ցածր՝ համապատասխանաբար 25,8, 26,3 և 16,0%: Միաժամանակ, բարձր ֆերտիլությունը չի ուղեկցվել բարձր կենսունակությամբ, որի մասին վկայել են in vitro-ում ստացված տվյալները: Բայց նույնիսկ այդ դեպքում միկրոկլոնային բույսերի ծաղկափոշու կենսունակությունը համեմատաբար բարձր է եղել:

Կարտոֆիլի ծաղկափոշու ձևաբանական (արտաքին տեսք, չափ) վերլուծությունը հանգեցրել է այն մտքին, որ այդ չափանիշները գենետիկորեն համեմատաբար կայուն են, ժառանգելի, ինչը և հաստատել են տարբեր սերունդների բույսերի համար ստացված տվյալները:

Փոշեհատիկը հիմնականում կլոր - օվալաձև է, 25-30*մկմ* տրամագծով, երկկորիզանի: Վարիացիոն շարքի սպեկտրը ավելի բազմազան է, առանձին սերունդներում նրա թիվը եղել է 3-6:

Արդյունքների համադրումը թույլ է տալիս ենթադրելու կարտոֆիլի սելեկցիայում միկրոկլոնավորման մեթոդի կիրառման արդյունավետությունը: Հետազոտվող սորտերի բույսերը հիմնականում եղել են վիրուսազերծ և ցուցաբերել ֆերտիլության բարձր ցուցանիշ:

Այսպիսով, ցույց է տրվել դրական կապ միկրոկլոնավորման մեթոդով ստացված բույսերի վիրուսազերծության մակարդակի և ծաղկափոշու որակի միջև. վիրուսազերծ բույսերն ունեցել են փոշեհատիկների ցածր ամլություն:

Բջջագենետիկայի գիտահետազոտական լաբորատորիա *Ստացվել է 14.06.1995*

1.**Пирузян Э.С.** Основы генетической инженерии растений. М.: Наука, 1988.
2.**Паушева З.П.** Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1970.
3.**Баев А.А.** Биотехнология. М.: Наука, 1984.
4.**Атабеков И.Г.** Биотехнологические методы в создании безвирусного растениеводства в СССР.- Вестн. АН СССР, 1988, №6, с. 19-25.
5.**Clark M.F. and Adams A.N.** Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses.-J. Gen. Virol., 1977, v. 34, № 2, p. 475-483.

С.Г.ЕРВАНДЯН, А.Х.ДРАМПЯН, М.Г.ГАЛУКЯН, С.Н.МАРТИРОСЯН, С.Г.МИКАЕЛЯН, И.Г.БУНИАТЯН, Р.М.АРУТЮНЯН

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЦИТОЭМБРИОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ БЕЗВИРУСНОГО КАРТОФЕЛЯ

Резюме

Исследовались растения разных сортов картофеля, полученные методом микроклонального размножения. Данные свидетельствуют, что растения, полученные из мини-клубней в первом поколении, сохранились полностью безвирусными, т.е. свободными от X Y S M L -вирусов картоеля.

Растения картофеля, полученные из безвирусных макроклубней, в 4-ом поколении, т.е. после четырехлетнего выращивания в открытом грунте, были заражены ХВК на 30%.

Данные цитоэмбриологического изучения картофеля позволяют предложить, что у растений, полученных методом микроклонального размножения, наблюдается тенденция повышения качества пыльцы. Фертильность и жизнеспособность пыльцевых зерен были высоки как в первом, так и в последующих поколениях и колебались в пределах 80-90%. Доказано, что морфометрические показатели пыльцы генетически стабильны и наследуются.

Сопоставление полученных данных позволяет прелположить, что применение метода микроклонального размножения может иметь практическое значение в селекции картофеля. Изученные растения являлись в основном безвирусными и проявляли высокую фертильность.

Таким образом, показано, что у растений, полученных методом микроклонального размножения, существует положительная корреляция между зараженностью вирусом и качеством пыльцы: безвирусные растения имеют низкую стерильность пыльцевых зерен.

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Բնական գիտություններ 2,1995 Естественные науки

УДК 591: 169: 616-003

К.А.ДЖИВАНЯН, К.С.ТЕР-ОГАНЯН

О МЕЖТКАНЕВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ В РЕГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ПЕЧЕНИ И ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ У ПТИЦ

В регенерирующей поджелудочной железе и печени домашних кур при различных оперативных вмешательствах изучали динамику взаимоотношений между развивающимися эпителиальными и соединительнотканными структурами. Выявлена обратная связь между пролиферационной активностью железистых элементов и темпами созревания соединительной ткани на раневой поверхности и в прилежащих зонах.

Межтканевые факторы, в частности взаимодействие между паренхимой и стромой, играют важную роль в регуляции регенераторных процессов паренхиматозных органов [1,2] и в значительной мере определяют степень полноты восстановления структурно-функциональной целостности поврежденных органов. Роль этих взаимодействий наиболее наглядна в зоне резекции органов, в составе развивающегося регенерата. Печень и поджелудочная железа домашних кур ввиду своей активной восстановительной реакции, развивающейся после резекции, оказались подходящим объектом для изучения данного вопроса.

Материал и методика. Подопытные птицы были разделены на три группы. У птиц 1 группы удаляли дистальную часть правой доли печени, составляющую 1/5 ее массы. У птиц второй группы удаляли 1/6 массы поджелудочной железы, а у птиц третьей - резецировали одновременно печень и поджелудочную железу. Материал для исследования брали через 1, 3, 5, 10, 20, 30, 60 суток после операции, обрабатывали обычным гистологическим методом, парафиновые срезы окрашивали гематоксилин-эозином, пикрофуксином по ван-Гизону, импрегнировали серебром по Футу.

Результаты и обсуждение. Применяемая нами методика резекции [3] приводила к местному обширному повреждению и вызывала активную регенераторную реакцию как со стороны печени, так и поджелудочной железы. Она осуществлялась так же, как у всех представителей позвоночных животных, способом регенерационной гипертрофии.

Регенерация печени у птиц имеет особенность, связанную с ее трубчатым строением. Она проявляется в новообразовании эпителиальных тяжей и трубок в зоне резекции и по всему остатку органа и в их дальнейшей вторичной дифференцировке с формированием секреторных трубок. При регенерации поджелудочной железы функционируют общие для всех позвоночных животных морфогенетические механизмы у раневой поверхности, имеют место гиперпластические и гипертрофические процессы в оставшихся структурно-функциональных единицах органа.

При одновременной регенерации печени и поджелудочной железы мы наблюдали стимуляцию пролиферативной активности железистой паренхимы обоих органов [4,5]. Это обуславливает более значительное новообразование эпителиальных структур. В печени они появляются не только у раневой поверхности, но и в периферии долек в значительном отдалении от нее и в левой интактной доле. Судьба этих эпителиальных новообразований находится в тесной взаимосвязи с темпами роста и созревания соединительной ткани. Так, у птиц контрольных групп уже через 10 суток после операции в связи с началом созревания соединительной ткани в дисталь-

ных слоях регенерата эпителиальные трубки и тяжи подвергаются деструктивным изменениям и прекращается их новообразование. Аналогичная стадия в развитии регенерата при одновременной резекции печени и поджелудочной железы наступает лишь через 20-30 суток после операции. В этих условиях опыта соединительнотканный регенерат более богат макрофагами, значительно позже в его составе появляются зрелые коллагеновые волокна, позже начинается процесс организации рубца. Соответственно дольше продолжается пролиферация эпителиальных структур на раневой поверхности в процессе разрастания трубок и тяжей. Создается возможность для значительной части этих новообразований проходить вторичную дифференцировку.

Таким образом, между продолжительностью образования эпителиальных структур на раневой поверхности, интенсивностью их пролиферации и скоростью созревания клеточных и волокнистых структур соединительной ткани имеется ярко выраженная обратная связь. Важно подчеркнуть, что отмеченные межтканевые взаимоотношения наблюдаются не только на раневой поверхности, но и характеризуют процессы роста и дифференцировки прослоек регенерата в глубоких слоях резецированной доли и в интактной доле. Учитывая литературные данные, указывающие на обратную зависимость между десмолотической функцией эпителия и десмопластической функцией фибробластов при регенерации цирротической печени после резекции [6], можно предполагать, что интенсивная пролиферативная реакция железистых клеток подавляет образование и созревание волокнистых структур на раневой поверхности. В то же время замедленность и слабость реакции со стороны эозинофильных лейкоцитов, соответствующих в своем большинстве нейтрофилам млекопитающих, и большое количество макрофагов в составе соединительной ткани в зоне резекции печени и поджелудочной железы при одновременной их резекции создают условия для регенерации эпителиальных структур.

Кафедра зоологии *Поступила 25.07.1995*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Саркисов Д.С.** Очерки по структурным основам гомеостаза. М.: Медицина, 1977, 351 с.
2. **Казначеев В.П., Маянский Д.Н.** Современные представления о системе мононуклеарных моноцитов.- Успехи современной биологии, 1978, т.86, №3 (6), с.415-431.
3. **Кадилов Е.В., Дживанян К.А., Тер-Оганян К.С.** О новой методике оперативного доступа при изучении регенерации некоторых внутренних органов у кур.- Бюлл. эксперим. биологии медицины, 1972, т.73, №6, с.124-125.
4. **Дживанян К.А.** Влияние одновременной частичной панкреатэктомии на регенерацию печени домашних кур.- Бюлл. эксперим. биологии и медицины, 1985, т.99, № 6, с.744-747.
5. **Дживанян К.А.** Восстановительная реакция экзокринного эпителия поджелудочной железы домашних кур после одновременной резекции печени.- Бюлл. эксперим. биологии и медицины. Депонирован в ВИНИТИ, 1990.
6. **Калашникова М.М., Рубецкой Л.С.** Электронномикроскопическое исследование обратимости склеротических изменений печени.- Архив патологии, 1974, т.66, №3, с.52-56.

Կ.Ա. ՋԻՎԱՆՅԱՆ, Կ.Ս. ՏԵՐ-ՕՀԱՆՅԱՆ

ԹՌՉՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՎՈՂ ԼՅԱՐԴՈՒՄ ԵՎ ԵՆԹԱՍՏԱՄՈՔՍԱՅԻՆ ԳԵՂՋՈՒՄ ՄԻՋՀՅՈՒՍՎԱԾՔԱՅԻՆ ՓՈԽԱՋԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

ՈՒսումնասիրվել է տնային հավերի լյարդում և ենթաստամոքսային գեղձում վիրաբուժական տարբեր միջամտություններից հետո էպիթելային և շարակցահյուսվածքային կառուցվածքների վերականգնողական աճի դինամիկան: Բացահայտվել է վնասված մակերևույթին և դրա հարևանությամբ գտնվող հյուսվածքներում գեղձային տարրերի բազմացման ակտիվության և շարակցական հյուսվածքի աճման և տարբերակման տեմպերի միջև եղած հակադարձ համեմատական կախվածությունը:

УДК 511.3

Э.Л. МКРТУМЯН

О МАТРИЦАХ ОСТАТКОВ

Введем следующую матрицу:

$$M_{m,n}(\lambda)=\begin{bmatrix} a_{1,1}; & \cdots; & a_{1,n} \\ \cdots & & \cdots \\ a_{m,1}; & \cdots; & a_{m,n} \end{bmatrix},$$

где элемент $a_{i,j}$ есть остаток от деления числа $\lambda + j - 1$ на P_i, $\lambda \geq 0$ - (λ - целое число), $1 \leq i \leq m$, $1 \leq j \leq n$, $n \geq 2$ (n - натуральное число), P_i - i-ое простое число.

Количество элементов матрицы, равных нулю, обозначим $\overline{M}_{m,n}(\lambda)$.

Теорема 1. $\overline{M}_{m,n}(0) - \overline{M}_{m,n}(1) = \pi(n) - \nu(n)$, где $\nu(n)$ есть количество различных простых делителей числа n.

Доказательство. Сопоставление матриц $M_{m,n}(0)$ и $M_{m,n}(1)$ показывает, что они отличаются соответственно первым и последним столбцами. Первый столбец матрицы $M_{m,n}(0)$ содержит $\pi(n)$ нулей, а последний столбец матрицы $M_{m,n}(1)$ содержит $\nu(n)$ нулей, следовательно, $\overline{M}_{m,n}(0) - \overline{M}_{m,n}(1) = \pi(n) - \nu(n)$.

Теорема 2. $\overline{M}_{m,n}(1,i) \leq \overline{M}_{m,n}(\lambda,i) \leq \overline{M}_{m,n}(0,i)$ где $\overline{M}_{m,n}(\lambda,i)$ есть количество нулей строки i матрицы $M_{m,n}(\lambda)$.

Доказательство. $\overline{M}_{m,n}(\lambda,i) = \begin{cases} \overline{M}_{m,n}(1,i) \\ \overline{M}_{m,n}(1,i)+1 \end{cases}$; $\overline{M}_{m,n}(\lambda,i) = \begin{cases} \overline{M}_{m,n}(0,i)-1 \\ \overline{M}_{m,n}(0,i) \end{cases}$

Следствие 1. $\overline{M}_{m,n}(1) \leq \overline{M}_{m,n}(\lambda) \leq \overline{M}_{m,n}(0)$.

Доказательство. $\sum_{i=1}^{m} \overline{M}_{m,n}(1,i) = \overline{M}_{m,n}(1)$; $\sum_{i=1}^{m} \overline{M}_{m,n}(\lambda,i) = \overline{M}_{m,n}(\lambda,i)$;

$$\sum_{i=1}^{m} \overline{M}_{m,n}(0,i) = \overline{M}_{m,n}(0).$$

Следствие 2. Если $\overline{M}_{m,n}(\lambda) - \overline{M}_{m,n}(1) = c(m,n,\lambda)$, то

$$0 \leq c(m,n,\lambda) \leq \pi(n) - \nu(n).$$

Рассмотрим матрицу $M_{m,2n}(2\lambda)$ и из нее вычеркнем столбцы с нечетными номерами. Остальные столбцы составляют матрицу, которую назовем двойной матрицей остатков. Ее обозначим $M_{m,2n}(2\lambda)^{**}$. Остальные обозначения аналогичны прежним. Здесь $m=\pi(n)$, а $(\ )^{**}$ - показывает, что взяты только столбцы, соответствующие четным числам, а их количество n.

Ясно, что $\overline{M}_{m,2n}(2\lambda)=\overline{M}_{m,n}(\lambda)$, если $i\neq 1$, т.е. если матрицы рассмотрены без первой строки. Нетрудно заметить, что

$$\overline{M}_{m,2n}(0)^{**}-\overline{M}_{m,2n}(2)^{**}=\pi(n)-\nu^{*}(n)-1,$$

где $\nu^{*}(n)$ есть количество простых нечетных различных делителей числа n, а слагаемая -1 из-за того, что $i\neq 1$.

$$\overline{M}_{m,2n}(2\lambda)^{**}-\overline{M}_{m,2n}(2)^{**}=c\underset{i\neq 1}{(m,n,\lambda)},$$

где $i\neq 1$ означает, что рассматриваются только нули в строках $i>1$.

Следовательно,

$$\overline{M}_{m,2n}(0)^{**}-\overline{M}_{m,2n}(2\lambda)=\pi(n)-c\underset{i\neq 1}{(m,n,\lambda)}-\nu^{*}(n)-1.$$

Легко заметить, что $0\le c\underset{i\neq 1}{(m,n,\lambda)}\le\pi(n)-1-\nu^{*}(n)$.

Таким образом ряд задач из аддитивной теории чисел (см., напр., [1 - 3]) можно рассмотреть по теории матриц остатков.

Степанакертский гос. университет *Поступила 5.12.1995*

ЛИТЕРАТУРА

1. **Sierpinski W.** Sur certaines hypotheses concernant les nombres premiers. - Acta Arith., 1958, N 4, pp 185-208.
2. **Schinzel A.** Remarks on paper Sur certaines hypotheses concernant les nombers premiers., - Acta Arith., 1961, № 7, pp. 1-8.
3. **Hensley D. and Richards J.** Intervals.- Acta Arith., 1974, № 25, pp. 375-391.

Է. Լ. ՄԿՐՏՈՒՄՅԱՆ

ՄՆԱՑՈՐԴՆԵՐԻ ՄԱՏՐԻՑՆԵՐ

Ամփոփում

Առաջարկվում են նոր տիպի մատրիցներ, տրվում է նրանց տեսությունը: Առաջարկվում է թվերի տեսության մի շարք պրոբլեմատիկ հարցերի լուծման նոր տեսակետ:

ВЛАДИМИР САРКИСОВИЧ САРКИСЯН

(К 60-летию со дня рождения)

Академику НАН РА, заслуженному деятелю науки Армении, доктору физико-математических наук, профессору, заведующему кафедрой механики сплошной среды Ереванского государственного университета Владимиру Саркисовичу Саркисяну исполнилось шестьдесят лет.

В. Саркисян родился в г. Джульфе Нахичеванской АССР 25 июня 1935 года. В 1938 году семья Саркисянов переехала в Ереван. После окончания школы в 1952-57 гг. он учился на отделении механики физико-математического факультета Ереванского государственного университета.

В 1957-1963 гг. В. Саркисян был ассистентом, аспирантом и старшим преподавателем на кафедрах механики, теории упругости и пластичности и высшей математики госуниверситета, с 1963 г. - доцентом, в дальнейшем профессором кафедры теории упругости и пластичности. Одновременно в 1969-1978 гг. занимал должность заведующего подготовительным отделением ЕГУ. С 1978 года по сей день заведует кафедрой механики сплошной среды. В Саркисян в 1962 г. в МГУ защитил кандидатскую диссертацию, а в 1972 г. в Казанском университете - докторскую.

Существенные результаты, полученные В. Саркисяном в области механики анизотропного неоднородного тела, представлены в его шести монографиях: "Некоторые задачи теории упругости анизотропного тела", Ереван, 1970 г., "Некоторые задачи математической теории упругости анизотропного тела," Ереван, 1976 г., "Vybrané kapitoly z teórie pruznosti anizotropých telies", Bratislave, 1979 г. , "Контактные задачи для полуплоскостей и полос с упругими накладками", Ереван. 1983 г. , "Niectore problemy matematikej teorie pruznosti anizotropneho a nehomogenneho telega," Bratislave, 1988 г. , "Теория и приложения оптимального проектирования конструкций" (на арм. языке), Ереван, 1990 г. В. Саркисня автор более 300 научных работ и статей, является также автором 12 учебных пособий и книг.

В. Саркисяном предложены и обобщены оригинальные методы, имеющие большое значение для решения задач и многочисленных вопросов теории упругости анизотропного неоднородного тела: методы малого физического и геометрического параметра, различные математические методы, основанные на интегро-дифференциальных уравнениях и на приложениях функционального анализа. На основе этих методов он исследовал актуальные задачи механики деформируемого твердого тела: исследование напряженно-деформированного состояния конструкций, изготовленных из композиционных материалов; задачи оптимального проектирования, устойчивости, колебаний, изгиба, термоупругости, контактные задачи с упругими накладками и т. д.

Результаты, полученные В. Саркисяном, неоднократно докладывались на международных научных конференциях, симпозиумах (одним из организаторов которых зачастую являлся он сам) как в Армении, так и зарубежом (Германия, Болгария, Румыния, Чехия, Словакия, Польша, Сирия, Египет, Китай, Франция, Бельгия и др.).

Плодотворна также учебно-организаторская и учебно-методическая деятельность В. Саркисяна. Он внес большой вклад в развитие механики в Армении и способствовал признанию армянской школы механики.

В 1981 г. ему было присвоено звание заслуженного деятеля науки, а в 1986г. был избран член-корреспондентом НАН Армении. В 1988-90 гг. В. Саркисян был первым деканом факультета механики, а в 1990-92 гг. - проректором по научной работе.

В.С. Саркисян с 1976 г. по 1980 г. был заместителем председателя, а с 1980 г. председателем специализированного Совета К 055.01.02 по присуждению ученой степени кандидата физ.-мат. наук (спец.-механика деформируемого твердого тела) в ЕГУ.

В. Саркисян ведет большую общественную работу: является членом редколлегии журналов "Ученые записки ЕГУ", "Известия НАН Армении"(серия Механика), ответственным редактором межвузовского сборника "Механика" и т. д.

Под руководством В. Саркисяна защитили кандидатскую и докторскую диссертации 48 ученых (среди них граждане Вьетнама, Чехословакии, Польши, Египта, Узбекистана, Сирии).

В 1980 г. В. Саркисян был избран почетным членом Общества механиков Словацкой АН. В 1985 г. он стал членом Национального Комитета СССР по теоретической и прикладной механике, членом Международного Общества содружества математики и механики, в 1986 г. - членом научного совета "Прочность и разрушение", членом научно-методического совета Минвуза СССР по теоретической механике, в 1993 г. - членом Национального Комитета Российской Федерации по теоретической и прикладной механике, член-корреспондентом Международной академии наук "Арарат", в 1993-94 гг. - академиком-секретарем отделения механики информатики и технических наук НАН РА и одновременно членом президиума НАН, в 1994 г. - академиком Инженерной академии Армении. С 1994 г. и по настоящее время профессор В. Саркисян является заместителем председателя Проблемного совета математики и механики НАН, экспертом INTAS (по линии инженерных наук, аэронавтики и космонавтики), с 1995 г. - членом Международного сообщества оптимизации конструкций.

За бескорыстное служение науке, личный вклад в развитие механики и заслуги в деле успешного и интенсивного развития сотрудничества между Братиславским университетом им. Коменского и Ереванским государственным университетом В. Саркисян награжден памятной медалью Братиславского университета, а также золотой медалью имени Коменского.

В. Саркисян читал лекции по математической теории упругости анизотропных тел в университетах Братиславы, Праги, Ростока, Мануфеи, Эль-Мансури, Латакии, Алеппо и в университетах бывшего союза.

Владимир Саркисович находится в полном расцвете творческих сил и возможностей.

Пожелаем ему крепкого здоровья, личного счастья и дальнейших научных завоеваний на благо развития отечественной науки.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

С.С. Давидов - Сверхтождества Муфанг в обратимых алгебрах с котождествами 3

Т.А. Товмасян - Об аддитивной реализации некоторых классов рациональных матриц - функций. 13

МЕХАНИКА

С.В. Саркисян, В.Ж. Айрапетян - Кручение анизотропного призматического стержня с поперечным сечением в виде эллиптического полукольца 22

ФИЗИКА

Г.Г. Арутюнян, А.Э. Малумян, В.В. Папоян, Е.С. Оганесян - Радиальные пульсации самогравитирующих конфигураций в теории Йордана - Бранса-Дикке.I 27

О.С. Ерицян, Г.А. Варданян, А.А. Геворгян, Ж.О. Нипоян - Об одном методе экспериментального изучения параметров среды вблизи верхней границы интервала температурного перехода в сверхпроводящее состояние 33

А.А. Геворгян, А.М. Седракян - О некоторых особенностях усиления поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации в анизотропных и изотропных средах 36

ХИМИЯ

А.С. Сагиян, С.М. Джамгарян, Г.Л. Григорян, С.К. Григорян, Ю.Н. Белоконь - Асимметрический синтез D-аланина из глицина через их никелевые (II) комплексы шиффовых оснований с хиральным реагентом 42

Г.С. Симонян, Р.М. Акопян, Н.М. Бейлерян - Кинетика реакции систем акриламид-пиперидин и акриламид-морфолин в воде 48

БИОЛОГИЯ

К.Г. Азарян, Л.И. Япина, Ж.В. Цовян, М.Х. Чайлахян - Влияние ССС и кинетина на клубнеобразование картофеля и топинамбура 50

Дж.Г. Абрамян, И.В. Шахазизян - Воздействие отходов НПО "Пластполимер" на структуру комплексов микромицетов почв 56

В.С. Гулян, Ц.И. Адамян, С.М. Мнацян - Кортикофугальное влияние на активность вестибулярных нейронов продолговатого мозга 60

М.Л. Геворкян, М.А. Давтян, А.Г. Григорян - Влияние pH на кинетические параметры каталитической реакции аргиназы 66

М.Г. Таслахчьян, С.Г. Напетвалян, М.А. Давтян, Г.А. Семерджян, Р.П. Хачатрян, Н.Дж. Киракосян - Активность целлюлолитических ферментов некоторых базидиальных макромицетов в зависимости от источников углеродного питания 70

Э.Х. Барсегян, Н.А. Арцруни, М.А. Давтян - Роль функциональных SH-групп в процессе обратимой инактивации аргиназы печени лягушки Rana ridibunda 75

ГЕОЛОГИЯ

С.И. Баласанян - К проблеме эволюции химического состава Земли 79

ГЕОГРАФИЯ

Р.Х. Гагинян - Рельефообразующие процессы деятельности рек прибрежной зоны бассейна оз.Севан в связи с искусственным понижением его уровня 89

П.Г. Давтян - Роль особенностей рисунка Вайк-Зангезурской речной сети в происхождении селевых явлений 95

СООБЩЕНИЯ

М.А. Навасардян, Ц.М. Навасардян, Р.Ц. Габриелян - Эхо модулированного звуковой частотой рентгеновского излучения из недра атомов 99

С.Г. Ервандян, А.Х. Дрампян, М.Г. Галукян, С.Н. Мартиросян, С.Г. Микаелян, И.Г. Буниатян, Р.М. Арутюнян - Молекулярно-биологическое и цитоэмбриологическое изучение безвирусного картофеля 103

К.А. Дживанян, К.С. Оганян - О межтканевых взаимодействиях в регенерирующей печени и поджелудочной железе у птиц 105

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Э.Л. Мкртумян - О матрицах остатков 107

Владимир Саркисович Саркисян (к 60-летию со дня рождения) 109

CONTENTS

MATHEMATICS

S.S. Davidov - Moufang hyperidentities in reversible algebras with coidentities 3

T.A. Tovmassian - About the additive realization of some classes of rational matrix-functions. 13

MECHANICS

V.S. Sarkissian, S.V. Sarkissian, V.G.Hayrapetian - Anisotropic prismatic bar torsion with elliptic transversal halfring like cross-section. 22

PHYSICS

G.H. Haroutyunian, A.E. Maloumian, V.V. Papoyan, E.S. Oganessian - Radial pulsations of selfgraviting configurations in Jordan-Branss-Dicke theory. I. 27

H.S. Eritsyan, G.A. Vardanian, A.H. Guevorgian, J.H. Ninoyan - About one method of medium parameters experimental study near the upper boundary of temperature range in superconducting state. 33

A.H. Guevorgian, A.M. Sedrakian - Some peculiarities of the amplification of polarization plane rotation and of the stabilization of azimuth polarization in isotropic and anisotropic mediums. 36

CHEMISTRY

A.S. Saguian, S.M. Djamharian, G.L. Grigorian, S.K. Grigorian, Y.N. Belokon' - Asymetric sinthesis of D-alanine from glycine via chiral nickel (II) schiff's base complexes 42

G.S. Simonian, R.M. Hagopian, N.M. Beylerian - Kinetics of the reactions of acrylamide with piperidine and morpholine in aqueous solutions 48

BIOLOGY

K.G. Azarian, L.J.Yanina, G.V.Tsovian, M.Kh. Chailackian - Action of CCC and kinetine on the tuberozation of potato and topinambour. 50

J.H. Abrahamian, J.V. Shakhasissian - The influence of raw materials of SIA "Plastpolymer" on the structure of complexes of soil micromycetes. 56

V.S. Goulian, Ts.J. Adamian, S.M. Minassian - The corticofugal influence on the activity of vestibular neurons of the medulla oblongata. 60

M.L. Guevorkian, M.A. Davtian, A.G. Grigorian - Effect of pH on kinetic parameters of the arginase catalytic reaction. 66

M.G. Taslakhchian, S.G. Nanagulian, M.A. Davtian, H.H. Semerdjian, R.P. Khachatrian, N.J. Kirakossian -Dependence of some basidial macromycetes enzymes cellulolytic activity on the source of carbon nutrition. 70

E.K. Barseghian, N.A. Artsruni, M.A. Davtian - The role of functional sulfhydryl groups in the process of arginase reversible inactivation of the Rana ridibunda frog's liver. 75

GEOLOGY

S.I. Balassanian - About the evolution of Earth's chemical structure. 79

GEOGRAPHY

R.Kh. Gaguinian - Relief forming processes due to the Sevan lake basin coastal rivers activity as result of the lake's level artificial lowering 89

P.G. Davtian - The role of Vaik-Zanguezour river network picture's pecularities in the mud-flow origin phenomena 95

COMMUNICATIONS

M.A. Navassardian, Ts.M. Navassardian, R.Ts. Gabrielian - Modulated with sound frequencies x-rays echo from the depth of atoms. 99

S.G. Yervandian, A.Kh. Drampian, M.H. Galoukian, S.N. Martirossian, S.G. Michayelian, J.G. Bouniatian, R.M. Haroutunian - Molecular-biologic and cyto-embryologic study of virus-free potato. 103

K.A. Djivanian, K.S. Ter-Ohanian - On the intertissual interaction in the bird regenerating liver and pancreas. 105

LETTER TO THE EDITOR

E.L. Mkrtoumian - On rests matrix 107

Vladimir Sarkissian (for the 60th anniversary of his birthday) 109

ԿԱՆՈՆՆԵՐ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

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

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: ՄԱԿ-ից (վերևի ձախ անկյունում), հեղինակի անվանատառերից ու ազգանունից և հոդվածի վերնագրից հետո բերվում է կարճ անոտացիա: Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, համակինը՝ 2:

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

5. Թույլատրվում է 5-ից աչ ավելի նկար երկու օրինակից (հստակ լուսանկար կամ գծագրեր՝ արված սև տուշով առանձին սպիտակ թղթի վրա): Յուրաքանչյուր նկարի հակառակ կողմի վրա գրվում է կարգային համարը, հոդվածի վերնագիրը և հեղինակների ազգանունները: Տեքստի լուսագրքներում նշվում են նկարների և աղյուսակների տեղերը: Նկարների բացատրությունները 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 սև մատիտով նշել հիրավ նմանվող մեծատառերը և փոքրատառերը (S, $\bar{s}$, V, $\bar{v}$) ինդեքսները և ցուցիչները (A^2, $B_{\frac{1}{2}}$): Կարմիր մատիտով ընդգծել հունական տառերը:

8. Բերվող գրականության մասին հոդվածում նշվում է միայն կարգային համարը քառակուսի փակագծերում ([1], [2—5]) ըստ հանդիպման հերթականության: Հոդվածի վերջում նույն հաջորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը. կարգային համարը, հեղինակների ազգանունները ու անվանատառերը, գրքի կամ հոդվածի վերնագիրը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը առանց չակերտների, 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: Արտասահմանյան 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 ամբիոնը կամ լաբորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:

10. Հոդվածը ստորագրվում է բոլոր հեղինակների կողմից:

11. Խմբագրությունը հեղինակին տպիս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են միայն տպագրության սխալները: